

*Rakennusterveysasiantuntija- ja
sisäilma-asiantuntijakoulutusten
opinnäytetyöseminaari
2. – 3.6.2021*

Toimittaneet: Ulla-Mari Pasala ja Meri Hietala

Opinnäytetöiden tiivistelmät.
Rakennusterveysasiantuntija
Sisäilma-asiantuntija
RTA, SISA 2020 – 2021
Porvoo 2021



Toimittajat Ulla-Mari Pasala ja Meri Hietala	Ryhmät RTA 2020 – 2021 SISA 2020 – 2021
Nimi RTA- ja SISA-opiskelijaryhmien 2020 – 2021 opinnäyte- ja näyttötöiden tiivistelmät. Rakennusterveysseminaari 3. – 4.6.2021.	Sivu- ja liitesivumäärä 85 sivua
Tämä julkaisu on kooste RATEKOn Rakennusterveysasiantuntija (RTA) - ja Sisäilma-asiantuntija (SISA) -koulutuksissa 2020 – 2021 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 kuntotutkimuksiin, korjauksiin, sisäilmaan ja sen laatuun sekä erilaisiin rakennustyyppeihin liittyviä tutkimuksia. Opinnäyte- ja näyttötöyt 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. 19.5.2021
 The Education Program for Indoor Air Specialist, 25 cu.

Editors Ulla-Mari Pasala and Meri Hietala	Courses RTA 2020 – 2021 SISA 2020 – 2021
Title The abstracts of the research reports conducted by the students of education and training programs for Building Health Expert and Indoor Air Specialist 2020 – 2021. Research reports were presented at the public seminar in 2. – 3.6.2021.	No. of pages and annexes 85 pages
We are proud to present this book of abstracts containing short presentations on theses by our students studying in education and training programs for Building Health Expert (45 cu in 1.5 years) and Indoor Air Specialist (25 cu in 1.5 years) 2020 – 2021. Education and Training Centre RATEKO operates under the Confederation of Finnish Construction Industries RT (CFCI) and has carried out above mentioned education and training programs since 2014. Thus this is the seventh book of abstracts on theses. The contents of the education and training 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. Both of these education and training programs are cross-scientific. After completing the education and training programs students can apply certification from Eurofins Expert Services Oy. Building Health Expert (45 cu) and Indoor Air Specialist (25 cu) studies are finalized by a research work consisting of a report accepted by reviewers, a short written and oral presentation and a poster in the public seminar. Theses are focusing on diverse topics in the field. The subjects are including IAQ, HVAC, moisture damages, investigations, design and repair work of building structures and new procedures.	
Keywords healthy building, moisture damages, building investigation, construction design, repair, air tightness, ventilation and air conditioning systems, indoor air quality IAQ, education	Confidentiality public

ESIPUHE

RATEKOn seitsemännet puolitoistavuotiset Rakennusterveysasiantuntija RTA ja Sisäilma-asiantuntija SISA -koulutukset ovat loppuillaan. Koulutuksiin osallistui 21 opiskelijaa, jotka halusivat syventää osaamistaan rakennus- ja asumisterveyteen liittyvissä kysymyksissä. Olemme koonneet tähän julkaisuun tiivistelmät opinnäyte- ja näyttötöistä, jotka opiskelijat esittelevät 2. – 3.6.2021 järjestettävässä koulutuksien loppuseminaarissa. Koulutukset alkoivat lähiopetuksella mutta koronapandemian aiheuttamat poikkeusolot veivät koulutuksen suurimmalta osin etätoteutukseen.

Kiitämme lämpimästi kaikkia koulutuksen toteutuksessa mukana olleita kouluttajia ja yhteistyökumppaneita. Poikkeusoloissa ja etätoteutuksessa venymistä ja mielikuvitusta on tarvittu kaikilta osapuolilta. Monipuoliset luennot, harjoitus- ja ryhmätyöt, demonstraatiot, tentit ja keskustelut ovat kartuttaneet laajasti opiskelijoidemme asiantuntemusta ja osaamista. Käytännönharjoituksia emme valitettavasti voineet järjestää toivotulla tavalla mutta niitä korvattiin video- ja kuvamateriaalilla niin hyvin kuin käytössä olevilla työkaluilla pystyttiin.

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 ja pääsemme pian tapaamaan kasvotusten mielenkiintoisten aiheiden äärellä!

Porvoossa 19.5.2021

Ulla-Mari ja Meri

"Hän joka tietää kaikki vastaukset ei ole kysynyt kaikkia kysymyksiä."

- Konfutze

"Elämä on täynnä suuria ihmeitä sille, joka on valmis ottamaan niitä vastaan."

- Muumipappa

Rakennusteollisuuden koulutuskeskus RATEKO

SISÄLLYSLUETTELO

Vanhat ja historialliset rakennukset

Rakennehistoriaselvitys kuntotutkimusten lähtötietona 1
Anu Laurila

Vanhan teollisuusrakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen riskien tunnistaminen ja tutkimusohje 7
Paula Wuokko

1960-luvulla valmistuneessa rakennuksessa toimiva ympäristölaboratorio 13
Meri Koskinen

1970-luvulla valmistunut hallirakennus 19
Jussa Perkkiö

Asuinrakennukset

1950-luvulla valmistuneen omakotitalon kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 25
Jesse Hirvonen

Pölynhallinnan toteutuminen kosteus- ja mikrobivauriokohteissa 31
Ville Salmela

Sisäilman laatu

Naava -viherseinien vaikutus sisäilmaan toimistoympäristössä 37
Emilia Rainetoja

IV-kanavien pölynmittaus- ja muiden menetelmien vertailututkimus 43
Kimmo Haapalainen

Julkiset palvelurakennukset

<i>Detecting of moisture and mould damage from Finnish public buildings</i> Petri Annila	50
<i>1970-luvulla valmistuneen päiväkodin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Jani Niemi	56
<i>1980-luvun lopulla valmistuneen päiväkodin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Johanna Honkala	62
<i>1980-luvulla valmistuneen hammashoitolan kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Teppo Tervo	68
<i>1960-luvulla valmistuneen koulurakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Jaakko Jääskeläinen	74
<i>Ennakoivan sisäilmatoiminnan kehittäminen osaksi Tampereen kaupungin palvelurakennuksien ylläpitoprosessia</i> Jenni Rämälä	80

Vanhat ja historialliset rakennukset

<i>Rakennehistoriaselvitys kuntotutkimusten lähtötietona</i> Anu Laurila	1
<i>Vanhan teollisuusrakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen riskien tunnistaminen ja tutkimusohje</i> Paula Wuokko	7
<i>1960-luvulla valmistuneessa rakennuksessa toimiva ympäristölaboratorio</i> Meri Koskinen	13
<i>1970-luvulla valmistunut hallirakennus</i> Jussa Perkkiö	19

RAKENNEHISTORIASELVITYS KUNTOTUTKIMUSTEN LÄHTÖTIEONA

Anu Laurila

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä selvitettiin, miten rakenteiden historiaa asetuksissa ja oppaissa ohjataan selvittämään kuntotutkimusten ja suunnittelun lähtötiedoiksi. Lisäksi esiteltiin rakenteiden historiaa koskevia lähdeaineistoja. Kolmen esimerkin kautta kuvattiin ja arvioitiin rakennehistoriaselvityksen ja kuntotutkimusten suhdetta sekä hyviä toimintatapoja rakennehistoriaselvityksen laatimiseksi.

Rakennehistoriaselvitys kuten rakennushistoriaselvityskin yhdessä kuntotutkimusten kanssa muodostavat korjaushankkeen perustan, siksi ne tulisi tehdä ensimmäisinä, tarveselvitysvaiheen alkaessa. Tavoitteena on, että korjaushankkeen tarveselvitysvaiheessa tehtävät, eniten kustannuksiin vaikuttavat päätökset ja linjaukset perustuvat tietoon.

Parhaimmillaan rakennehistoriaselvitys voi auttaa ymmärtämään rakenteiden alkuperäistä toimintatapaa tai tehtyjen muutosten vaikutuksia rakenteisiin sekä suhteuttamaan kuntotutkimuksissa havaittujen vaurioiden vakavuutta niiden ikään. Rakennehistoriaselvityksen laatiminen on suositeltavaa vakiinnuttaa toimintatavaksi erityisesti suojelukohteiden sekä muiden monia vaiheita läpi käyneiden rakennusten kuntotutkimuksia ja korjaushankkeita.

1. JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on rakennehistoriaselvitys, joka on vastaus työurallani havaitsemiini tarpeisiin kehittää toisaalta rakennushistoriaselvityksen sisältöä vastaamaan paremmin korjausrakentamisen tarpeisiin ja toisaalta kehittää kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten lähtötietoaineistojen kokoamista ja raportointia.

Korjausrakentaminen eroaa uudisrakentamisesta siten, että korjaushankkeessa lähtökohtana on olemassa oleva kohde, johon toimenpiteet on sovitettava ja johon on perehdyttävä. Useat määräykset sekä rakentamista koskevat ohjeet edellyttävät rakennuksen korjaus- ja muutoshistorian sekä rakenteiden selvittämistä kuntotutkimusten ja korjaushankkeiden lähtötiedoiksi (esimerkiksi MRL 117§, MRA 48§, asetus 782/2017 3§).

Korjaushankkeen tarveselvitysvaiheessa sidotaan suurin osa hankkeen kustannuksista. (RT-18-11220, 2016) Jotta tässä vaiheessa tehtävät päätökset voidaan tehdä tietoon perustuen, tulisi rakennuksen rakenteet ja kunto selvittää jo tarveselvitysvaiheessa.

Rakennushistorian selvittämisestä on olemassa opas (Sahlberg 2010), mutta rakenteiden historian selvittämistä ja raportointia ei ole ohjeistettu missään. Tässä opinnäytetyössä pohditaan ja tutkitaan erillisen rakennehistoriaselvityksen toteuttamista ja sen suhdetta rakennushistoriaselvitykseen sekä kosteus- ja sisäilmatekniseen kuntotutkimukseen.

1.1. Rakennushistoria- ja rakennehistoriaselvitys

Rakennushistoriaselvitys on vakiintunut selvitys suojelukohteiden korjaushankkeissa. Se käsittelee rakennusta kokonaisuutena, suhteessa yleiseen historiaan ja arkkitehtuuriin historiaan. (Sahlberg 2010 ja KorjausRYL 2016) Viimeaikaisten Senaatti-kiinteistöjen teettämien rakennushistoriaselvitysten läpikäynnin myötä todettiin, että nykyisin käsitellään enenevässä määrin myös rakenteiden historiaa, mutta ei niin systemaattisesti, että rakenteiden vaiheet, nykytila ja sijainnit selviäisivät esimerkiksi kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen vaatimalla tarkkuudella. Rakennushistoriaselvitykseen on totuttu jo liittämään erillinen väritutkimus (Sahlberg s. 50–51), joten jatkossa yksi liite voisi olla rakennehistoriaselvitys.

1.2. Rakenteita koskeva arkistotutkimus

Rakenteiden historian selvittämiseksi on tutkittava kohteen arkkitehti- ja rakennepiirustuksia, työselostuksia, työmaapöytäkirjoja ja valokuvia. Riippuen rakennuksesta, materiaalia voi olla joko runsaasti tai ei juuri lainkaan. (Sahlberg s.28) Aineistoja löytyy arkistoista, kuten rakennusvalvonnan tai kaupunkien arkistoista, Kansallisarkistosta tai Arkkitehtuurimuseosta. (Lahti & al 2010). Arkkitehtipiirustukset ovat varsinkin vanhemmissa kohteissa tärkeä lähde, koska ennen betonirakenteita rakenteet esitettiin pääosin arkkitehtuuripiirustuksissa. (Neuvonen & al, s. 29 & 153) Rakenteiden lisäksi on suositeltavaa selvittää suunnittelua eri aikoina ohjanneita määräyksiä ja ohjeita, koska rakentamisessa on aina pyritty huomioimaan esimerkiksi rakenteiden kosteustekninen toiminta sekä terveellisyys ja turvallisuus. Keinot tavoitteiden saavuttamiseksi on pyrittävä tunnistamaan rakenteista.

1.3. Rakennehistoriaselvityksen käyttö

Rakennehistoriaselvityksen tavoitteena on esittää miten rakenteet ovat muuttuneet alkuperäisistä ratkaisuksista sellaisiksi, mitä ne tänä päivänä ovat ja kuvata rakenteiden nykytilanne sekä sijainnit rakennuksessa. Rakennehistoriaselvityksen avulla saadaan lähtötietoja erityisesti kosteus- ja sisäilmateknistä tai haitta-ainetutkimusta varten, mutta siitä on hyötyä myös korjaussuunnittelussa sekä elinkaari- tai hiilijalanjälkilaskennassa.

2. ESIMERKIT

Tutkimuksessa käytiin läpi kolme tekemääni rakennuksen historiaselvitystä, joissa on käsitelty myös rakenteita. Selvitysten kohteet sekä selvitysten ajallinen suhde kuntotutkimuksiin ovat kussakin esimerkissä erilaisia.

2.1. Kortteli, jossa rakenteita 1700-luvulta 1980-luvulle, peruskorjattu 1980-luvulla

Ennen kunto- ja haitta-ainetutkimuksia laadittiin rakenteisiin keskittyvä korjaushistoriakooste, jotta saatiin yleiskäsitys kohteen rakenteista riskinarviota ja tutkimussuunnitelmaa varten.

Lähtötietoja oli runsaasti. Vanhimmissa osista oli tehty perinteinen rakennushistoriaselvitys. Aineistoja saatiin tilaajalta ja hankittiin itse arkistoista. Sähköisessä muodossa oli yli tuhat rakenne- ja arkkitehtipiirustusta, kymmeniä dokumentointipiirustuksia 1980-luvulta sekä muutamia kymmeniä tutkimusraportteja ja viimeaikaista korjaussuunnitelmia.

Korjaushistoriakoosteeseen kirjoitettiin yleispiirteiset kuvaukset korttelin kunkin kolmen eri osan korjaus- ja muutoshistoriasta. Kunkin rakennuksen rakenteet esitettiin jaottelulla ala-, väli- ja yläpohjat, ulkoseinät ja vesikatto. Niistä kuvattiin yleiset rakennetyypit sekä mahdolliset poikkeamat, joiden paikannukset esitettiin pohjapiirroksissa. Lisäksi ilmanvaihdesta oli oma lukunsa. Kirjallisuudesta selvitettiin esille nousseita kysymyksiä, kuten millaisia muutoksia on ulkoseinärakenteisiin yleensä tehty keskuslämmitykseen ja lämpöpattereihin siirryttäessä.

Korjaushistoriakoostetta käytettiin riskinarvioiden ja tutkimussuunnitelmien laatimisen lisäksi rakenneavausten kohdentamiseen ja niissä esille tulleiden asioiden ymmärtämiseen. Silti rakenneavauksissa tuli yllätyksiä, koska esimerkiksi kaikkia korjauksia ei ollut toteutettu suunnitelmien mukaan. Korjaushistoriakoosteen laatijana olin mukana rakenneavauksissa ja pystyin usein vastaamaan esille nouseviin kysymyksiin heti tai pienellä lisäselvityksellä.

Tutkimusten jälkeen korjaushistoriakooste päivitettiin vastaamaan kuntotutkimuksissa todettuja rakenteita, jotta ”väärää tietoa” ei alkuperäisen korjaushistoriakoosteen muodossa jäisi elämään. Lisäksi kuntotutkimusraporttia varten tehdyt pohjapiirrokset rakennetyypeistä ja niiden esiintymisalueista muokattiin osaksi päivitettyä korjaushistoriakoostetta.

Jälkikäteen arvioituna korjaushistoriakoosteen perusrakenne oli toimiva, mutta kutakin rakennusosaa koskevan luvun alkuun olisi kannattanut koota systemaattisesti piirustukset eri rakennetyypeistä. Lisäksi lähtötietoaineiston lajitteluun olisi ollut syytä käyttää enemmän aikaa, koska se olisi nopeuttanut aineiston käyttöä ja ollut hyödyksi myös jatkossa.

2.2. Hallintorakennus 1940-luvulta, laajennettu 1970-luvulla, korjattu 2000-luvulla ja nyt käyttämättä

Rakennushistoriaselvitys laadittiin asemakaavamuutoksen pohjaksi, ja samalla tehtiin riskinarvio sisäilman laatuun mahdollisesti vaikuttavista asioista rakenteissa.

Rakennushistoriaselvityksen lähtötietoina oli käytettävissä alkuperäispiirustuksia ja työselostukset 1940- ja 1970-luvulta sekä vanhan osan peruskorjauksen suunnitelmat vuodelta 2003. Peruskorjauksen pääsuunnittelijalta saatiin muutamia valokuvia korjaustyön purkuvaiheesta. Hyviä lähtötietoja oli myös vuonna 2012 tehdyssä kuntotutkimuksessa.

Rakennushistoriaselvitys laadittiin ”perinteisenä” selvityksenä ensi sijassa suojelutarpeen arviointia varten, mutta siinä käsiteltiin myös rakenteita kunkin muutosvaiheen yhteydessä. Lisäksi tehtiin riskinarvio, joka toimi rakennehistoriaselvityksenä, johon koottiin rakennusosittain tieto nykyisistä rakenteista ja kuvattiin, miten ne ovat muuttuneet korjausvaiheissa sekä millaisia sisäilman laatuun kohdistuvia riskejä rakenteisiin nykyisin liittyy.

Jos rakennushistoriaselvitys ja sen rakennetiedot olisivat olleet käytettävissä kuntotutkijoilla vuonna 2012, olisi tutkimukset todennäköisesti kohdennettu osittain toisin. Koska kohde on kohtuullisen yksinkertainen ja nuori rakennus, sen rakenteet olivat suurelta osin eri rakentamistapojen mukaisia. Rakennushistorian selvittäminen tuo ymmärrystä rakennuksen ajallisen kokonaisuuden ja sen taustojen ymmärtämiseen, mutta teknisten tutkimusten lähtötiedoiksi se ei olisi tämän kaltaisessa kohteessa välttämätön, sen sijaan rakennehistoria on.

2.3. Huvila 1800–1900-lukujen vaihteesta, korjattu ja muutettu 1920-luvulla, laajennettu 1950-luvulla ja peruskorjattu 1990-luvulla, nyt käyttämättä

Rakennushistoriaselvitys laadittiin tulevien korjausten lähtötiedoiksi sekä rakennuksen mahdollista myyntiä ja asemakaavamuutosta varten. Kohteessa oli juuri ennen rakennushistoriaselvityksen laatimista tehty rakenne- ja kosteustekninen sekä haitta-ainetutkimus.

Rakennuksen alkuvaiheista ei ollut käytettävissä arkistomateriaalia, mutta 1920-luvulta lähtien löytyi hyvin piirustuksia ja muutama valokuva. Tietoa rakenteista saatiin myös kunnalliskertomuksista sekä asiakirjoista, jotka liittyivät rakennuksen sodanaikaiseen käyttöön 1940-luvulla. Myös rakenne- ja kosteusteknisen sekä haitta-ainetutkimuksen tietoja hyödynnettiin.

Rakennushistoriaselvitys tehtiin ”perinteisenä” selvityksenä, jossa käsiteltiin myös rakenteita kunkin muutosvaiheen yhteydessä. Rakenteiden ajoituskaaviot tehtiin selvityksen liitteeksi ja niistä oli selkeästi havaittavissa, että muutokset keskittyivät tietyille alueille rakennuksessa.

Rakennushistoriaselvityksen myötä havaittiin tarve tehdä lisärakenneavauksia suhteessa juuri tehtyyn tutkimukseen. Lisärakenneavausten jälkeen oli mahdollista laatia rakennekaaviot, joissa on esitetty ala- ja välipohjarakenteet sekä ulko- ja väliseinätyypit sekä rakenteiden esiintymisalueet. Rakennushistoriaselvityksen avulla pystyttiin myös jo aiemmin tehtyjen kuntotutkimusten eräitä oletuksia varmistamaan sekä selittämään havaintoja.

Jos rakennushistoriaselvitys olisi tehty ennen kuntotutkimuksia, olisi rakenneavaukset voitu kohdentaa heti tarkemmin ja perustellusti. Toisaalta rakennushistoriaselvitys ja kunto- ja haitta-ainetutkimukset toimivat tässä esimerkissä vuorovaikutteisesti.

3. JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Rakenteiden historian selvittämistä suositellaan korjaushankkeiden ja kuntotutkimusten lähtötiedoiksi, mutta yhtenäistä käytäntöä ei asialle ole. Lisäksi arvorakennusten korjaushankkeita arvioineen selvityksen mukaan tärkein syy korjausten epäonnistumiseen olivat riittämättömät selvitykset ennen korjaussuunnittelua (Tähtinen & al 2013). Rakennushistoriaselvityksen laatiminen onkin suositeltavaa vakiinnuttaa toimintatavaksi ainakin suojelukohteiden sekä muiden monia vaiheita läpi käyneiden rakennusten kuntotutkimuksia ja korjaushankkeita.

3.1. Rakennushistoriaselvityksen tuoma lisäarvo

Korjaushankkeissa kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset johtopäätöksineen muodostavat teknisten ratkaisujen perustan. Siksi tutkimusten lähtötiedoiksi tulisi tehdä rakennushistoriaselvitys, jotta tutkimusten kohdentaminen ja johtopäätökset perustuvat juuri kyseisen kohteen ominaisuuksiin. Rakennushistoriaselvitys antaa myös ajallista perspektiiviä arvioida rakenteiden kuntoa sekä joskus myös vaurion vakavuutta suhteessa sen ikään.

3.2. Rakennushistoriaselvityksen toteuttaminen

Yksittäisen rakennuksen rakenteiden historiaa on mahdollista selvittää kolmella tavalla. Ensimmäinen on arkistotutkimus, jossa tutkitaan alkuperäisten ja muutossuunnitelmien avulla,

millaisia rakenteet ovat alun perin olleet ja miten niitä on muutettu eri vaiheissa. Tällainen selvitys voidaan toteuttaa perinteisen rakennushistoriaselvityksen osana tai yhteydessä tai erillisenä selvityksenä. Heikkoutena on, että pelkän arkistotutkimuksen perusteella ei ole mahdollista saada selville, onko rakenteet toteutettu suunnitelmien mukaan.

Toinen tapa on tutkia rakennusta ensin katselmoiden, sitten katselmoinnin perusteella kohdennetuin rakenneavauksin. Se on ainoa toimintatapa, jos piirustusmateriaalia ei ole käytettävissä, mutta rakenteet ja niiden kunto on tarpeen selvittää. Riskinä on, että osa rakenteisiin kohdistuneista muutoksista jää havaitsematta ja lisäksi on hyvin todennäköistä, että ilman taustatietoja ei synny ymmärrystä muutosten kokonaisuudesta tai laajuudesta.

Kolmas ja suositeltavin tapa on kahden edellisen yhdistelmä, jossa ensin selvitetään rakenteet ja niiden muutokset arkistoaineistosta. Tietojen perusteella kohdennetaan rakenneavaukset ja lopuksi yhdistetään arkistoista ja rakenneavauksista saadut tiedot. Näin saadaan kohtuullisen kattava kuva rakenteista ja niiden kunnosta sekä varmistus siitä, miten rakenteet on toteutettu.

3.3. Rakennehistoriaselvityksen tekijä

Rakennehistorian tutkijan tulee osata lukea rakennuspiirustuksia ja itse rakennusta sekä tuntea rakenteiden sekä arkkitehtuurin historiaa ja rakennusfysiikkaa. Lisäksi on kyettävä tekemään arkistotutkimusta. Rakennehistoriaselvityksen tekijänä moniammatillinen ryhmä olisi paras. Esimerkkikohteissa olen tehnyt selvitykset yksin, mutta ympärilläni on ollut apuna moniammatillinen työyhteisö. Jos selvityksen tekee työryhmä, on suositeltavaa, että yksi henkilö pitää kokonaisuuden hallussa ja yhdistää kaikki aineistot johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi. Lisäksi on suositeltavaa, että arkistotutkimuksen tekijä on mukana rakenneavauksissa, jos niitä tehdään.

3.4. Rakennehistoriaselvityksen laatimisen ajankohta

Rakennushankkeen tarveselvitysvaiheessa sidotaan suurin osa kustannuksista ja siksi silloin pitäisi olla käytössä mahdollisimman paljon tietoa rakennuksesta. Korjaushankkeessa se tarkoittaa perehtymistä rakennuksen historiaan, rakenteisiin, kuntoon, haitta-aineiden esiintymiseen ja muihin käyttötarkoituksen ja korjaustapojen valintaan vaikuttaviin seikkoihin.

Suhteessa kuntotutkimukseen rakennehistoriaselvitys arkistotutkimuksena on suositeltavaa tehdä ennen kuntotutkimuksia, jotta selvityksestä olisi aidosti hyötyä tutkimussuunnitelman laatimisessa. Myös samanaikaisesti kuntotutkimusten kanssa tehty arkistotutkimus on toimiva ja vuorovaikutteinen tapa, mutta silloin on rakennehistoriaselvityksen valmistumisen jälkeen voitava vielä tehdä rakenneavauksia.

3.5. Raportointi ja käytettävyys

Esimerkkien perusteella suositeltavin tapa raportoida rakennehistoria on kuvata rakennuksen historia yleispiirteisesti ja rakenteet rakennusosittain. Samankaltaisen raportointitavan käyttäminen kuin kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raportoinnissa helpottaa

rakennehistoriaselvityksen hyödyntämistä. Rakennehistoriaselvitys voisi suppeimmillaan olla osa kuntotutkimusraporttia.

Rakennehistoriaselvityksen käytettävyys riippuu siitä, miten hyvin se pystyy välittämään tietoa rakenteista ja niiden muutoksista selvityksen käyttäjille ja miten hyvin selvityksessä kootut tiedot pystytään paikallistamaan ja kohdentamaan rakennuksen eri osiin.

Rakennehistoriaselvityksen tarkoitus on olla käytännönläheinen kooste rakenteista. Suppeimmillaan rakennehistoriaselvitys kuvaa kohderakennuksen vaiheet yleispiirteisesti ja rakenteet siten kuin ne ovat alun perin olleet, muutokset ja nykytilanteen sekä toimintaperiaatteet. Tavoite on teknisten näkökulmien esiin tuominen, ei rakenteiden historiallisten asiayhteyksien kuvaaminen tai arvottaminen, ellei näitä asioita ole erikseen asetettu tavoitteeksi.

4. KIITOKSET

Haluan kiittää työhöni kannustavan kriittisesti suhtautunutta ohjausryhmää, johon ovat kuuluneet edustajat Senaatti-kiinteistöistä, Museovirastosta ja Helsingin kaupungilta sekä Vahanan Rakennusfysiikka Oy:stä. Lopuksi erityinen kiitos työnantajalleni mahdollisuudesta suorittaa RTA-opinnot.

5. KIRJALLISUUSLUETTELO

Korjaus RYL. Rakennustieto Oy 2016.

Laamanen Pekka ja Sandström Virpi (toim.). Rakennusten kosteustekninen toimivuus. Ympäristöministeriön ohje 2020.

Lahti Juhana, Rauske Eija ja Tuomi Timo (toim). Mistä tietoa rakennusten historiasta. Suomen rakennustaiteen museo 2001.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132 /1999 sekä maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999

Mattinen Maire (toim.). Valtion rakennusperinnön vaaliminen. Rakennushistorian osaston julkaisuja 19, Museovirasto 1998.

Neuvonen Petri, Mäkiö Erkki, Malinen Maarit. Kerrostalot 1880–1940. Rakennustietosäätiö Oy 2019 (2. p).

Pitkäranta Miia (toim.). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas, Ympäristöministeriö 2016.

RT-18-11244 Haitta-ainetutkimus, Tilaajan ohje. Rakennustieto Oy 2016.

RT-18-11220 Asunto-osakeyhtiön korjaushankkeen hankesuunnittelu. Rakennustieto Oy 2016.

Sahlberg Marja (toim.). Talon tarinat -Rakennushistorian selvitysopas. Museovirasto 2010.

Tähtinen Katja, Aalto Leena, Pietarinen Veli-Matti, Lappalainen Sanna, Holopainen Rauno, Palomäki Eero, Kuokkanen Juha. Arvorakennusten käytettävyys ja hyvät korjauskäytännöt (ARVO). Työterveyslaitos 2013.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017

VANHAN TEOLLISUUSRAKENNUKSEN KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUUTOKSEN RISKIEN TUNNISTAMINEN JA TUTKIMUSOHJE

Paula Wuokko

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

TIIVISTELMÄ

Vanhojen teollisuusrakennusten käyttötarkoituksen muuttamiselle on kiinnostusta. Rakennukset ovat arkkitehtuuriltaan poikkeuksellisia, ne sijaitsevat usein keskeisillä paikoilla ja niihin voi kohdistua myös suojelua. Käyttötarkoituksen muutoksen liittyy kuitenkin useita riskejä, joihin varautumista tämän työn on tarkoitus selvittää. Tarkastelu keskittyy ennen 1960-lukua valmistuneisiin massiivitiili- tai betonirakenteisiin kohteisiin.

Riskitarkastelulle ei ole valmista pohjaa. Tarkastelun sisältöön on otettu viitteitä lainsäädännön vaatimuksista, ohjeista ja oppaista sekä kuntoarvioiden ja -tutkimusten sisällöstä. Lisäksi on hyödynnetty aiemmissa tutkimuskohteissa tehtyjä havaintoja.

Rakennuksen ja sen lähialueen käyttöhistorian sekä teollisissa prosesseissa käytettyjen kemikaalien selvittäminen on erittäin tärkeää. Rakenteet tai rakennuksen alapuolinen maaperä ovat voineet pilaantua sisäilmariskejä aiheuttavilla yhdisteillä. Osa haitallisista aineista voi myös vaurioittaa rakennusmateriaaleja. Rakennusmateriaalien laatu voi olla hyvin vaihtelevaa aikakauden valmistumismenetelmistä johtuen. Teollisen toiminnan olosuhteet ovat voineet altistaa rakenteet myös mikrobikasvulle. Tyhjillään olevien ja vielä uutta käyttöä odottavien rakennusten olosuhteisiin tulee kiinnittää huomiota, jotta rakennus säilyy eikä vaurioidu tarpeettomasti. Rakenteisiin voi kohdistua raskaita korjaustarpeita, joiden toteuttaminen ei välttämättä ole mahdollista suojelun vuoksi.

Riskitarkastelulle laadittua runkoa hyödynnettiin esimerkkikohteessa, vanhassa veturitallissa, jonka käyttötarkoitus on muuttumassa asemakaavoituksen yhteydessä. Tarkastelu on hyödyllinen myös hankkeen muissa vaiheissa. Alkuvaiheen riskitarkastelulla voidaan saada merkittävää hyötyä olennaisten tutkimusten kohdistamisessa ja korjaustarpeen arvioimisessa.

1. JOHDANTO

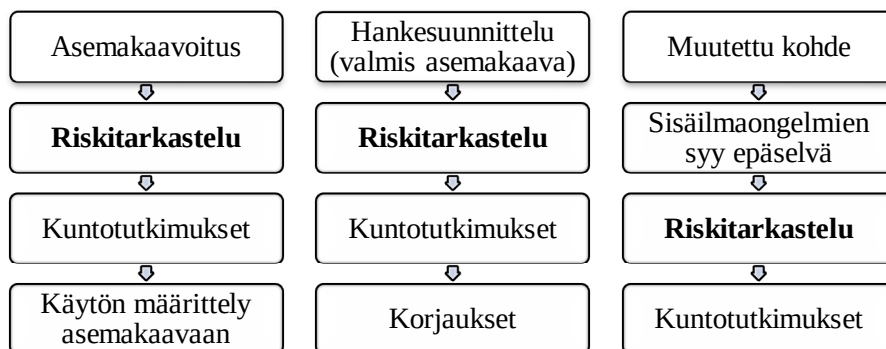
Tausta

Erityisesti suuremmissa kaupungeissa teollisuustoiminnot ovat alun perin sijoittuneet keskusta-alueelle. Ajan saatossa alkuperäinen toiminta on loppunut, siirtynyt pois keskustasta tai rakennus ei ole enää ollut korjattavissa alkuperäistä käyttöä palvelevaksi. Koska rakennukset sijaitsevat usein keskeisillä paikoilla ja ovat arkkitehtuuriltaan poikkeuksellisia, on uuden käytön löytämiselle kysyntää. Vanhoja teollisuusrakennuksia onkin muutettu runsaasti uusiin käyttötarkoituksiin, kuten asuin-, toimisto-, hotelli- tai ravintolakäyttöön.

Käyttötarkoituksen muutokseen liittyy kuitenkin riskejä. Ennen riskien arviointia ja tarkempia tutkimuksia määritetty uusi käyttötarkoitus tai asetettu rakennussuojelu voivat aiheuttaa merkittäviä haasteita käytännön toteutusmahdollisuuksiin ja koko hankkeen onnistumiselle. Tyypillisesti rakennukset ovat myös pitkään tyhjillään tai rajallisella huollolla ennen korjaustöiden aloitusta ja rakenteet vaurioituvat tarpeettomasti.

Työn lähtökohtana oli, että kattavalla alkuvaiheen riskitarkastelulla voidaan tukea kuntotutkimusten suunnittelua ja kohdistamista sekä käyttötarkoituksen muutoksen toteuttamista turvallisesti ja rakennussuojelu huomioiden. Tarkastelun arvioitiin olevan hyödyllinen muutoshankkeen eri vaiheissa (kaavio 1).

Kaavio 1. Riskitarkastelu hankkeen eri vaiheissa.



Menetelmät

Käyttötarkoituksen muutoksen riskitarkastelulle ei ole valmista pohjaa. Riskitarkastelussa huomioitavien asioiden koostamiseksi hyödynnettiin lainsäädännön määräyksiä, kuntoarvioiden ja -tutkimusten ohjeistuksia, sekä aiemmissa Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n tutkimuksissa havaitsemia riskitekijöitä. Tarkasteluun sisältyivät ennen 1960-lukua valmistuneet massiivitiili- tai betonirakenteiset teollisessa käytössä olleet rakennukset. Teollisuusrakennuksiin on luettu valmistavan teollisuuden lisäksi muun muassa energiantuotannon ja maatalouden rakennukset.

Tarkastelu painottui kiinteistön käyttöhistoriaan ja sen aiheuttamien rakenteiden ja maaperän pilaantuneisuuteen. Lisäksi tutustuttiin tarkasteluajakauden, 1800-luvun lopun ja 1900-luvun puolivälin materiaaleihin ja rakenteisiin. Rakennuksen aiemman käytön tai puutteellisen huollon aiheuttamia vaurioriskejä arvioitiin. Myös rakennussuojelun näkökulmat huomioitiin. Riskitekijöihin liittyviä tutkimusmenetelmiä ja korjaustapoja tarkasteltiin suppeammin. Koottujen tietojen perusteella muodostetulta pohjalta tehtiin riskitarkastelu esimerkkikohteeseen, vuosien 1897–1934 välillä valmistuneeseen entiseen veturitalliin.

Tavoite

Työn lopputuloksena pyrittiin muodostamaan käyttökelpoinen pohja riskitarkastelulle, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi haastavien muutoshankkeiden tutkimussuunnittelun pohjana. Työssä tehdyn tarkastelun myötä muodostuu myös kiinteistön omistajia, viranomaisia sekä

urakoitsija- tai sijoittajatahoja hyödyttävä kokonaisuus toimintatavoista ja huomioitavista asioista vanhojen teollisuusrakennusten käyttötarkoituksen muutoksen yhteyteen.

2. TARKASTELUUN VALITUT RISKIT

Käyttötarkoituksen muutoksen olennaisimmiksi riskeiksi nostettiin seuraavat tekijät:

- Rakennusfysikaaliset riskit (rakennusmateriaalien ominaisuudet ja vaurioituminen)
- Kemialliset riskit (rakenteisiin imeytyneet haitta-aineet)
- Mikrobiologiset riskit (rakennusmateriaalien mikrobikasvu)
- Rakennussuojelu (suojelun huomioiminen tutkimuksissa ja korjauksessa)
- Rakennuspaikkaan liittyvät riskit (maaperän pilaantuneisuus)

Vanhojen rakennusmateriaalien riskit

Tiilen valmistuksen ongelmana oli aiemmin suuri laatuvaihtelu, myös tuontitiilien laatu oli 1900-luvun alussa huono. (Väisänen et al. 2003) Tiilen ominaisuuksiin kuten rapautumisherkkyyteen ja lujuuteen vaikutti merkittävästi tiilen sijainti polttouunissa. Valmistuksesta johtuen savimassa voi olla lamelloitunutta ja epähomogeenistä. (Pyy 2012) Muurauslaasteissa on voitu käyttää orgaanisia lisäaineita, joista osa on voinut esimerkiksi kiihdyttää karbonatisoitumista. (Lehtonen 2016)

Betoniteknologia kehittyi merkittävästi vuosina 1840–1950 ja betonin käyttö yleistyi. Ennen 1930-lukua betonien lujuus oli merkittävästi heikompi, kuin nykyisin. Myös sideainevalikoima oli laaja ja kiviaineksen laadun merkitystä betonin lujuuteen ei ymmärretty. Kalliin sementin vähentämiseksi käytettiin todennäköisesti samoja lisäaineita kuin laasteissa. Historiallisten betonien ominaisuuksia ei tunneta riittävän hyvin. (Pulko 2019) Valmistusaikakaudesta johtuen betoni voi olla epähomogeenista, harvaa ja sen laatu voi vaihdella. (Pyy 2012)

Kemialliset riskit ja teollisuuden prosessit

Rakenteisiin on voinut imeytyä öljyhiilivetyjä koneiden vuotojen, öljytuotteiden käsittelyn tai vahingon seurauksena. Yhdisteiden koostumus on merkittävää korjattavuuden ja sisäilmahaittojen kannalta. (RT 18-11245) Öljyhiilivetyjen vaikutuksesta sisäilman laatuun ei ole riittävää tietoa eikä lainsäädännön toimenpideraja-arvoja voida soveltaa arviointiin. Jo pienet öljyhiilivetypitoisuudet voivat heikentää sisäilman laatua. (Komulainen et al. 2020) Teollisuusrakennuksen käyttöhistoria ja prosessit tulee selvittää, jotta tutkimukset voidaan kohdistaa alueille, joissa on vaurioiden tai pilaantumisen riski. (Mustajoki et al. 2019).

Elintarvike- ja vaateteollisuudessa muodostuu orgaanista pölyä, joka voi kertyä pinnoille, aiheuttaa allergiaa ja ylläpitää mikrobikasvua. Konepajatoimintaan on voinut liittyä tärinää ja kemikaalien käyttöä. Teollisuudessa on käytetty rasvan poistoon trikloorietyleeniä. Tekstiilien kemiallista pesua on tehty tetrakloorietyleenillä tekstiilitehtaissa ja nahka-alan yrityksissä. (Vainio H. et al. 2005) Osa teollisuuden prosesseissa käytetyistä aineista, kuten eläin- ja kasvisrasvat, erilaiset käymistuotteet sekä voitelu- tai mineraaliöljyt voivat rapauttaa betonia

ajan kuluessa. Myös pakokaasut, tuhka ja kuumat savukaasut voivat vaurioittaa rakenteita. (VTT 1974).

Mikrobiologiset riskit

Teollisissa rakennuksissa kosteustuotto on voinut olla suurta ja rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuus heikkoa. Kosteus voi aiheuttaa mikrobivaurioita rakenteisiin ja kosteusteknistä toimintaa voi olla vaikea parantaa. (Mustajoki et al. 2019) Vanhan karbonatisoituneen betonin pinnalle voi kehittyä mikrobikasvustoa suotuisissa oloissa. Kasvua lisää likaantuminen orgaanisella aineksella. Laasteissa, joissa on käytetty orgaanisia lisäaineita kuten kaseiinia voi kastumisen myötä käynnistyä mikrobikasvu ja vapautua hajoamistuotteita kuten ammoniakkia. (Pitkäranta 2016)

Rakennussuojelu

Rakennussuojelulla voidaan estää rakennuksen arvoa vaarantavat toimenpiteet, kuten rakenneosien purkaminen. Hankkeeseen ryhtyvällä on vastuu siitä, että suojelu toteutuu. Vanha tehdasrakennus edustaa aina aikansa teknistä osaamista ja on ainutkertainen kokonaisuus materiaalien ja rakentamistapojen johdosta. Rakennusta ei kannata pitää rapistumassa, jolloin mahdollisuudet korjauksiin vaikeutuvat. (Muur, Välipakka 2012) Käyttötarkoituksen muutostyön lopputuloksesta tulee hyvä, kun vanha rakennus ja uusi käyttö kohtaavat, rakennuksen arvot tunnistetaan sekä säästetään. Asemakaavoituksen ja maankäyttö- sekä tontinluovutussopimuksen ehdot ovat tärkeitä rakennuksen suojelussa, ylläpidossa ja uuteen käyttöön muuttamisessa. (Rajala & Paakkari 2019)

Rakennuspaikkaan liittyvät riskit

Rakennuksen alapuolisen maaperän haihtuvat yhdisteet voivat heikentää sisäilman laatua. Käyttäjille aiheutuvia haittoja voivat hajujen lisäksi olla hengitystieoireet, päänsärky tai kohonnut syöpäriski. (Vepsäläinen & Sjölund 2016) Maaperän pilaantumisen on voinut aiheuttaa kemikaalivahinko, pilaava toiminta tai muualta tuodut täyttömaat. Alueen toimintahistoriaselvitys on tärkeä osa maaperän pilaantumisen selvityksiä. Rakennuksen alapuolisen maanperän kunnostaminen edellyttää usein mittavia rakenteiden purkutoimia. Haitta-aineiden riskien laskennallinen tarkastelu on usein tarpeen. (Vepsäläinen et al. 2016)

3. RISKITARKASTELU ESIMERKKIKOhteessa

Vanhan veturitallin alkuperäinen käyttö on loppunut ja käyttötarkoituksen muutos on suunnitteilla asemakaavamuutoksen myötä. Rakennus on valmistunut eri vaiheissa vuosien 1897–1934 välillä. Rakennus on suojeltu merkinnällä sr-2. Riskitarkastelun tavoitteena oli arvioita kohteen käyttöhistorian ja nykytilan merkittävimpiä riskejä, jotta rakennuksen mahdollisuuksista ja haasteista voitiin muodostaa kokonaiskuva kaavamuutoksen pohjaksi. Tarkastelu keskittyi kantaviin ja säilytettäviin rakenneosiin. Tarkasteluun sisältyi muun muassa asiakirjatarkastelu, kiinteistön käyttöhistorian selvitys ja kohdekäynti.

Tarkastelun perusteella voitiin tunnistaa useita riskejä. Rakennuksen toiminnoissa oli tarkastelun perusteella käytetty öljytuotteita, joita on voinut imeytyä rakenteisiin. Veden käyttö aiemmassa käytössä on ollut suurta ja pitkään jatkuneet kattovuodot olivat kastelleet rakenteista, sisätiloihin oli päässyt tuhoeläimiä ja pinnat olivat likaantuneet. Rakenteet ovat voineet mikrobivaurioitua. Kantavissa rakenteissa havaittiin halkeamia, painumia ja paikallista pakkasrapautumista. Rakennuksen perustustapa oli epäselvä. Perustukset ovat voineet liikkua lähellä tehtyjen kaivutöiden johdosta. Kriittisimmiksi katsottujen riskien selvittämiseksi esitettiin tarvittavia tutkimuksia. Lisäksi arvioitiin alustavia uusia käyttömahdollisuuksia ja periaatteellisia korjaustapoja. Tarkastelun pohjalta toteutettiin myös tarkempia kuntotutkimuksia.

Ehdotus riskitarkastelun pohjaksi

Riskitarkastelun sisältöä ei ole määritelty ohjeissa tai oppaissa, joten se voidaan muokata kohteeseen ja tilaajan tavoitteisiin sopiviksi. Tarkastelun vaiheet ovat karkeasti seuraavat:

- selvitetään kiinteistön rakennusvaiheet, aikakauden materiaalit ja rakenteet,
- tutustutaan kiinteistön käyttöhistoriaan, rakennuksen ja tilojen käyttöön,
- selvitetään tilojen toiminnot, kuten veden tai kemikaalien käyttö,
- tehdään kohdekäynti asiakirjatarkastelun arvioiden varmistamiseksi,
- tunnistetaan mahdolliset riskit ja niiden vaikutukset käyttötarkoituksen muutokseen,
- arvioidaan tutkimustarve ja -tavat,
- arvioidaan mahdollisia uusia käyttötarkoituksia suhteessa todettuihin riskeihin.

Riskitarkastelu voidaan toteuttaa muutoshankkeen eri vaiheissa, kuten asemakaavan muutoksen yhteydessä, hankesuunnitteluvaiheessa tai muutostyön jo valmistua, kun havaittavien sisäilmaongelmien syyt ovat epäselvät. Lisäksi riskitarkastelu voi olla hyödyllinen myös rakennuksen suojelun asettamisen yhteydessä tai kiinteistön omistuksen vaihtuessa.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Vanhan teollisuusrakennuksen käyttöhistorian selvittäminen on olennaista riskien havaitsemisessa ja tutkimisessa. Teollisissa prosesseissa käytetyt rakenteisiin imeytyneet tai alapuolisen maaperän haitalliset aineet voivat aiheuttaa sisäilmariskejä, vaikuttaa rakennuksen mahdolliseen käyttöön ja koko muutoshankkeen toteutettavuuteen. Osa haitallisista yhdisteistä voi myös rapauttaa rakenteita. Rakennusmateriaalien valmistusajankohta ja -tapa vaikuttavat niiden laatuun ja ominaisuuksiin. Likaantuminen ja pitkään jatkuva kastuminen altistavat rakenteet mikrobikasvulle ja pakkasrapautumiselle. Myös epäorgaaniset materiaalit voivat mikrobivaurioitua ajan myötä, jos olosuhteet ovat suotuisia.

Rakennuksen käyttötarkoitusta määritettäessä, on huomioitava, soveltuuko rakennus suunniteltuun käyttöön. Myös rakennussuojelu tulee huomioida korjaustöitä suunniteltaessa. Tyhjillään olevien ja uutta käyttöä odottavien rakennusten olosuhteisiin tulee kiinnittää huomiota, jotta rakennus säilyy eikä vaurioidu tarpeettomasti. Alkuvaiheen riskitarkastelulla voidaan parantaa vanhan teollisuusrakennuksen muutoshankkeen tutkimustarpeiden määrittelyä, kohdistusta ja kokonaiskuvan hahmottamista.

5. KIITOKSET

Kiitokset RATEKOLle hyvästä koulutuksesta ja muille opiskelijoille mielenkiintoisista keskusteluista. Kiitos myös ohjaajille ja työnantajalleni koulutuksen mahdollistamisesta.

6. LÄHDELUETTELO

Komulainen J., Sekki P., Wuokko P., Leino K., Saarinen A., Torikka-Jalkanen K. Rakenteisiin imeytyneiden öljyhiilivetyjen vaikutus sisäilman laatuun. Sisäilmayhdistys ry, raportti 38. Sisäilmastoseminaari 2020. s.75–80.

Lehtonen J. Valumuurien korjauslaastien pakkasenkestävyyden kehittäminen. Tampereen teknillinen yliopisto, 2016.

Mustajoki S., Ruusala A., Rauhala J. Vanhojen tehdasrakennusten muuntorakentamiseen liittyvät sisäilma- ja rakennustekniset riskit. Tampereen yliopisto. Rakennustekniikka. Rakennusfysiikka. Seminaarijulkaisu 6. 2019. s. 475–481.

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

Pulko V. Ennen vuotta 1930 valmistettujen betonien ominaisuudet ja korjausmenetelmät, Aalto-yliopisto, 2019.

Pyy H., Rapatut julkisivut– opintopiiri 1/3 - Rappauslaastit, 2012.

Rakennustietosäätiö RTS (2016) Haitta-ainetutkimus, Rakennustuotteet ja rakenteet, RT 18-11245

Vainio H. Liesivuori J., Lehtola M., Louekari K., Engström K., Kauppinen T., Kurppa K., Riipinen H., Savolainen K., Tossavainen A. Kemikaalit ja työ, Selvitys työympäristön kemikaaliriskeistä, Työterveyslaitos, 2005.

Vepsäläinen M., Pyy O., Sjölund M., Nikunen S., Rajala A-M. ja Reinikainen J., Pilaantuneen maa-alueen kunnostushankkeen tilaaminen Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 1/2016.

Vepsäläinen M., Sjölund M. Maaperästä sisäilmaan kulkeutuvien haihtuvien haitta-aineiden aiheuttamat riskit Rakentajainkalenteri, 2016, Rakennustietosäätiö RTS s. 116–121.

Väisänen P. (vast. toim.), Huttunen R., Seppänen T., Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle -Tiili, TKK arkkitehtiosasto, 2003.

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Meri Koskinen

TIIVISTELMÄ

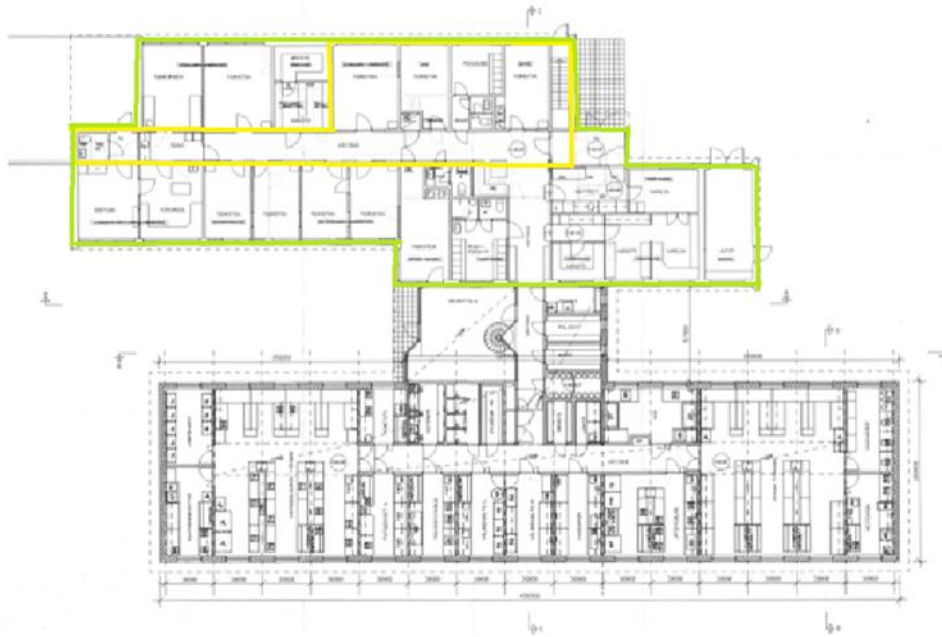
Tutkimuksen kohteena oli Rauman kaupungin ympäristölaboratorio. Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kattavasti Ympäristölaboratorion kunto tulevia muutostöitä varten ja arvioida havaittuja vaurioita, korjaustarvetta ja käyttäjien altistumisolosuhteita. Työn tavoitteena oli selvittää tekijät, joilla voi olla vaikutusta sisäilman laatuun. Lisäksi työssä keskityttiin selvittämään tarpeelliset käyttöä turvaavat toimenpiteet. Rakennukseen on suunniteltu muutoksia tilojen käytössä ja tilat tullaan osittain remontoimaan toimintoihin sopiviksi. Työn tilaajana oli Rauman kaupungin tilapalvelut.

Merkittävimmät korjaustarvetta aiheuttavat tekijät ovat huoneen 1.11 kosteusvaurio sekä laajennusosan alapohjarakenteeseen jätetty orgaaninen materiaali. Lisäksi merkittäviä havaintoja ovat epätasapainoinen ilmanvaihto sekä rakennuksen ulkopuoliset kosteuslähteet, jotka eivät ole hallinnassa.

1. KOHDE JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Kohde

Rakennus on rakennettu vuonna 1963 alun perin Rauman kaupungin lihan- ja maidontarkastamoksi. Rakennusta on saneerattu vuonna 1978 ja rakennuksen tiloja on muutettu laboratorio-, tutkimus- ja toimistotiloiksi. Vuonna 1997 rakennusta on laajennettu ja rakennus on peruskorjattu. Rakennuksen uudemmassa osassa on tutkimus- ja laboratoriotiloja. Vanhassa osassa on pääosin toimistotiloja. Rakennuksen kellarikerroksessa sijaitsevat kiinteistön tekniset tilat kuten lämmönjakohuone ja sähköpääkeskus sekä tekniikkatunneli.



Kuva 1: Pohjakuva rakennuksesta. Kuvaan on merkattu vihreällä alkuperäinen osa ja keltaisella kellarin sijainti.

Tutkimusmenetelmät

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

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kattavasti ympäristölaboratorion sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimuksessa selvitettiin ympäristölaboratorion 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 aistinvaraisen tarkastuksen, kosteusmittauksia, olosuhdemittauksia sekä rakenneavauksia. Tilojen painesuhteita ulkoilmaan nähden seurattiin jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla.

Rakenneavauksista otettiin materiaalinäytteitä mikrobianalyysiin. Ilmanvaihtolaitteistoon ja sen toimintaan liittyen tehtiin pistokoeluonteisia tutkimuksia.

Tutkimukset kohteessa suoritettiin 2021 helmi-maaliskuussa.

2. YHTEENVETO TUTKIMUSTULOKSISTA

2.1. Maanvastaiset rakenteet

Alapohja

Alkuperäinen osa: Kellarissa alapohjassa havaittiin jälkiä kosteusrasituksesta. Tiloissa ei havaittu herkästi kosteudesta vaurioituvia orgaanisia materiaaleja, tilat eivät ole työskentely- tai oleskelukäytössä. Maanvaraisen alapohjan materiaalina on betoni eikä lattiaa ei ole pinnoitettu vuonna 2018 tapahtuneen tulvan jälkeen.

Kellarissa havaittiin polttoöljyn hajua. Putkikanaalissa havaittiin voimakas liuottimen haju. Putkikanaalissa on havaittavissa tulppaamattomia käytöstä poistettuja valurautaviemäreitä. Lisäksi putkikanaalissa on rikkoutuneita asbestia sisältäviä putkieristeitä.

Huoneessa 1.11 havaittiin muovimaton alla viiltomittauksia tehdessä voimakas kemikaalimainen haju sekä rakenneavauksia tehdessä havaittiin, että rakenteessa oleva hiekka on kostea.

Laajennusosa: Huoneessa 1.62 ja 1.63 havaittiin muovimaton alla viiltomittauksia tehdessä heikko kemikaalimainen haju.

Rakenneavauksia tehdessä havaittiin, että rakennuksen seinustoille on jätetty puuta pohjalaatan päälle, eristeen ja pintalaatan alle.

Laajennusosalla havaittiin epätiiviitä läpivientejä alapohjasta esimerkiksi sähkökeskuksessa.

2.2. Maanvastaiset seinärakenteet

Alkuperäinen osa: Kellarissa maanvastaisissa seinärakenteissa havaittiin jälkiä kosteusrasituksesta. Seinien alaosista on rappaus poistettu ja seinät ovat tiilipintaisia.

Rakenneavauksien yhteydessä havaittiin aistinvaraisesti PAH-yhdisteisiin viittaavaa hajua. Lisäksi rakenneavauksessa havaittiin, että putkikanaalin seinärakenteen takana oleva hienojakoinen hiekka on aistinvaraisesti havaittuna kostea.

2.3. Ulkoseinärakenteet

Alkuperäinen osa: Tuulikaapin ulkoseinän eristys on riittämätön, koska tila on nykyään lämmitetty. Suurin osa ikkunoista on vaihdettu, mutta muutamia vanhempia ikkunoita on vielä käytössä. Sokkelirakenne tarvitsee lisätutkimuksia.

Laajennusosa: Räystäsrakenteet eivät suojaa ulkoseinärakennetta riittävästi viistosateelta. Rakennetta ei ole rakennekerrosten perusteella suunniteltu tuulettuvaksi rakenteeksi. Tämä aiheuttaa kosteusrasitusta julkisivutiilien kautta mahdollisesti tulevan viistosateen myötä.

2.4. Välipohjarakenteet

Alkuperäinen osa: Välipohjien pinnoilla ei havaittu jälkiä kosteudesta tai muita vaurioita. Välipohjassa havaittiin epätiiviyttä läpivientejä. Lisäksi havaittiin mahdollisesti käytöstä poistettuja tulppaamattomia viemäreitä.

2.5. Väliseinät

Laajennusosa: Kylmiön seinän lämmöneristävyys on puutteellinen. Puutteellinen lämmöneristävyys aiheuttaa rakenteen jäähtymistä ja sisäilman kosteuden tiivistymistä rakenteisiin.

2.6. Yläpohja- ja vesikattorakenteet

Alkuperäinen osa: Peltikatto on huoltomaalauksen tarpeessa. Vesikaton aluslaudoituksessa ja puurakenteissa havaittiin jälkiä kosteudesta, mutta ei lahovaurioita. Peltikaton alapuolella ei ole aluskatetta.

Yläpohjatilan tuuletus on puutteellinen ja tuuletuksen puute on havaittavissa aluslaudoituksessa merkkeinä kosteusrasituksesta.

Räystäsrakenteet eivät suojaa ulkoseinärakennetta riittävästi viistosateelta. Räystäsrakenteiden puuttuminen aiheuttaa kosteusrasitusta ulkoseinärakenteisiin.

Laajennusosa: Vesikaton aluslaudoitus ja puurakenteet ovat hyvässä kunnossa. Aluslaudoituksessa ei havaittu jälkiä kosteudesta. Peltikaton alapuolella ei ole aluskatetta.

Rakennuksessa on lyhyet räystäät pitkillä sivuilla sekä päätysivuilla. Räystäsrakenteet eivät suojaa ulkoseinärakennetta riittävästi viistosateelta.

2.7. Piha-alue

Rakennusta ympäröivä piha-alue on pääasiassa sorapintaista sekä nurmialuetta. Rakennuksen sisäänkäynnin edustalla on pieni kivetty alue. Maanpinta kallistuu hyvin loivasti pois päin rakennuksesta ja osittain maanpinta ei kallistu ollenkaan. Varsinkaan sisäpihalla kallistusta ei juurikaan ole. Syöksytorven ja sadevesikaivon asemoinnit toisiinsa nähden ovat sellaisia, että vesi roiskuu rännikaivon reunan yli kovalla sateella ja ulkoseinissä on havaittavissa syöksytorvien kohdalla merkkejä kosteusrasituksesta.

2.8. Sisäilmatutkimukset

Lämpötila

Tutkittujen huonetilojen sisäilman lämpötilat ovat pääsääntöisesti alkuperäisessä osassa n. +21,7 - +23 °C ja laajennusosassa n. +21,5 - +23,5°C eli asumisterveysasetuksen toimenpiderajojen (lämmityskaudella +20,0 - +26,0 °C) mukaiset.

Suhteellinen kosteus

Suhteellinen kosteus vaihtelee koko mittausjakson ajan välillä alkuperäisessä osassa n. 10 - 33 % RH laajennusosassa n. 5 - 35 % RH. Suhteellinen kosteus laski ajoittain alle 20 % RH:n, mikä on tyypillistä pakkasjaksojen aikana ja voi aiheuttaa tilojen käyttäjille ärsytysoireita.

Hiilidioksidipitoisuus

Hiilidioksidipitoisuus pysyi kaikissa tiloissa alle asumisterveysasetuksessa asetetun toimenpiderajan.

Paine-ero

Rakennuksessa on sekä alkuperäisellä osalla että laajennusosalla lähes jatkuva ylipaine.

Mineraalivillakuidut

Työterveyslaitoksen viitearvo sekä asumisterveysasetuksen toimenpideraja eivät ylittyneet tuloksissa.

3. ALTISTUMISEN TODENNÄKÖISYYDEN ARVIOINTI

Altistumisolosuhdetta arvioidaan tutkimustulosten perusteella Työterveyslaitoksen ohjeistuksen (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2017) mukaisella neliportaisella asteikolla. 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 terveysperusteisia viite- tai raja-arvoja. Altistumista arvioidaan lähinnä rakenteiden vaurioiden tai epäpuhtauslähteiden laajuudella ja kestolla sekä niiden yhteydellä sisäilmaan.

Alkuperäinen osa: Tutkimustulosten perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on alkuperäisen osan osalta mahdollinen ensimmäisessä kerroksessa. Kellarissa tavanomaisesta poikkeava olosuhde on erittäin todennäköinen.

Laajennusosa: Tutkimustulosten perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on alkuperäisen osan osalta mahdollinen.

4. MERKITTÄVIMMÄT TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Merkittävimmät sisäilman laatuun vaikuttavat asiat rakennuksessa ovat tutkimuksen mukaan huoneen 1.11 kosteusvaurio sekä laajennusosan alapohjarakenteeseen jätetty orgaaninen materiaali. Lisäksi merkittäviä havaintoja ovat epätasapainoinen ilmanvaihto sekä ulkopuoliset kosteuslähteet, jotka eivät ole hallinnassa.

Ilmavuotojen estämiseksi alapohjan ja ulkoseinän liittymärakenteiden sekä läpivientien tiivistystä suositellaan erillisen suunnitelman mukaisesti koko rakennuksen osalta. Lisäksi suositellaan huoneen 1.11 alapohjarakenteen kuivaamista ja lattiapinnoitteiden uusimista kosteutta hyvin läpäiseväksi pinnoitteeksi.

Laajennusosalla sijaitsevan kylmiön vastaisen varastohuoneen seinärakenne tulee korjata erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti.

Rakennuksen ylipaineisuus tulisi poistaa tasapainottamalla ilmanvaihto. Ilmamäärät olisi suositeltavaa mitata samalla.

Rakennuksen syöksytorvien ja sadevesikaivojen asemointi toisiinsa nähden tulisi korjata siten, ettei vesi roisku rännikaivon reunan yli kovallakaan sateella. Rakennuksen salaojat suositellaan uusittavaksi.

5. LÄHDELUETTELO

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

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>

1970 – LUVULLA VALMISTUNUT HALLIRAKENNUS, KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Jussa Perkkiö

Ramboll Finland Oy

TIIVISTELMÄ

Tutkimuskohteena oleva rakennus on valmistunut vuonna 1973. Rakennus jakautuu käyttötarkoituksen mukaisesti kahteen osaan, korjaamo- ja toimisto-osaan.

Tutkimuksessa selvitettiin rakennuksen kuntoa korjaustarpeen ja korjauslaajuuden arviointia varten. Keskeisimmät asiat olivat alapohja-, ulkoseinä- ja yläpohjarakenteiden kosteustekni- sen toiminnan selvittäminen, sekä rakenteiden kunto ja vaikutus sisäilmaan. Rakenteiden ja niiden liittymien ilmatiiveyttä selvitettiin merkkiainetekniikalla sekä aistinvaraisin havain- noin. Lisäksi mineraalivillakuitujen esiintymistä tutkittiin laskeumanäytteiden avulla.

Sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä ovat alapohjarakenteen alustilan vaurioituneet muotti- laudat, maaperän mikrobit ja teräsbetonipilarien juuressa olevat kastuneet puukiilat. Toimis- to-osalla sisäilman laatua heikentää lisäksi alapohjarakenteen kosteus- ja mikrobivaurioitu- neet lastuvillalevyeristeet.

Rakennus on alipaineinen. Vaurioituneista rakennusosista kulkeutuu sisäilmaan mikrobipe- räisiä epäpuhtauksia ja muita epäpuhtauksia. Rakennuksen sisäilmanlaatua heikentää lisäksi teolliset mineraalivillakuidut sekä kattilahuoneen rakenteisiin imeytyneen öljyn emissiot. Yleisesti sisäilmanlaatua heikentää myös puutteellinen ilmanvaihto.

Toimisto-osalla tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhte on todennäköinen. Korjaamo- osalla tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhte on mahdollinen.

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

1. JOHDANTO

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää korjaustarpeen ja korjauslaajuuden arviointia varten tekijät, joilla voi olla vaikutusta sisäilman laatuun ja raken- teiden kosteustekniseen toimivuuteen.

Tutkimuksessa keskeisimmät asiat tutkimussuunnitelman mukaan ovat alapohja-, ulkoseinä- ja yläpohjarakenteet. Tutkimuksessa on selvitetty rakenneosien kosteustekninen toiminta, rakennuksessa käytettyjen eriste- ja täyttömateriaalien kunto sekä niiden vaikutus sisäilman laatuun. Lisäksi selvitetään alapohja-, ulkoseinä-, välipohja- ja yläpohjarakenteiden sekä nii- den liittymien ilmatiiveyttä merkkiainetekniikalla sekä aistinvaraisin havainnoin ja merkkisa- vun avulla.

Tutkimukset on toteutettu tutkimussuunnitelmassa esitetystä laajuudesta ja ne suoritettiin *Ympäristöopas 2016 Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimusoppaan* mukaisesti.

2. TUTKIMUSKOHDTE

Rakennus on valmistunut vuonna 1973. Rakennus jakautuu pituussuunnassa kahteen osaan käyttötarkoituksen mukaisesti. Toisella puolella on kahden kerroksen korkuinen yhtenäinen korjaamo-osa, toisella puolella on kahdessa kerroksessa toimistoja sekä varasto-, opetus-, sosiaali- ja teknisiä tiloja.

Rakennus on perustettu teräsbetonipaaluille ja -paaluanturoille. Rakennuksen kantava runko muodostuu teräsbetonipilareista sekä yläpohjarakenteen puupalkeista ja TT-laatasta.

Alapohjarakenne on kantava teräsbetonilaatta. Korjaamo-osalla alapohjarakenne on lämmöneristämätön, toimisto-osalla kantavan laatan yläpuolella on sementtilastuvillalevyeriste ja pintabetonilaatta. Ulkoseinät ovat kevytbetonielementtirakenteisia. Toimisto-osalla ulkoseinärakenteet on lisälämmöneristetty sisäpuolelta 50 mm paksuisella mineraalivillakerroksella. Välipohjarakenteet ovat TT-laatasta ja teräspalkkirakenteisia. Yläpohjarakenteen kantavan rakenteen yläpuolella on puurunko ja bitumikermikatettu tasakatto. Rakennuksessa on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihtojärjestelmä. Lämmitysjärjestelmänä on öljylämmitys.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Ennen rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen aloitusta, kohteeseen tehtiin asiakirjatarkastelu ja kohdekäynti, joiden pohjalta laadittiin tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmassa arvioitiin riskirakenteet sekä mahdolliset rakenteissa olevat vaurioalueet. Rakennuksen omistaja on vaihtunut 2010-luvulla, eikä aiemman omistajan aikaisista korjaus- tai huoltotoimenpiteistä ei ole tietoa. Tutkimussuunnitelmavaiheessa tehtyjen havaintojen pohjalta suoritettiin varsinaiset tutkimukset.

Tutkimukset sisälsivät rakenneavauksia kaikkiin rakenneosiin yhteensä 39 kpl, joiden yhteydessä otettiin materiaalinäytteitä 33 kpl mikrobianalyysiin. Mikrobimateriaalinäytteet analysoitiin Työterveyslaitoksen laboratoriossa. Teollisten mineraalivillakuitujen pitoisuutta tutkittiin kuudessa tilassa kahden viikon laskeumanäytteinä. Lisäksi tehtiin alapohjarakenteiden sekä ulkoseinien ja pilareiden alaosien rakennekosteusmittauksia. Kosteusmittaukset tehtiin rakenneosien kosteusjakauman ja kosteuspitoisuuden selvittämiseksi. Kerroksellisiin rakenteisiin tehtiin merkkiainekokeita rakenneliittymien ja rakenteiden epäjatkuvuuskohtien ilma- vuotokohtien selvittämiseksi. Merkkiainekokeita tehtiin alapohja-, välipohja-, ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin. Merkkiainekokeet tehtiin eristetilan ollessa tehostetussa, noin 10 Pa alipaineessa huonetilaan nähden

Talotekniset tutkimukset kohteessa on tehty rakenteellisten kuntotutkimusten aikana eri urakoitsijan toimesta eikä näiden tutkimuksien tuloksia ole käytettävissä.

4. KUNTOTUTKIMUKSEN TULOKSET

4.1 Perustukset ja alapohjarakenteet

Peruspilareissa on syvennykset kantaville teräsbetonipilareille. Teräsbetonipilarit on kiilattu puukiiloilla peruspilareissa oleviin syvennyksiin. Puukiiloissa havaittiin lahovaurioita. Rakennuksen alapohjarakenteena on kantava teräsbetonilaatta. Rakennuksen alla olevan hiekkaisen täyttömaakerroksen painuttua alapohjarakenteen alapuolelle on muodostunut noin 500 mm korkea tuulettumaton alustila. Alustilassa havaittiin mikrobikasvustoa hiekan pinnalla ja vaurioituneita muottilautoja. Alustilan pohjalla oli paikoin irtovettä.

Täyttömaakerroksen painuminen on heikentänyt alapohjarakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Kantavan teräsbetonilaatan alapinta viilenee laatan alustilan ilman takia. Laatan viileneminen ja alustilan korkea kosteuspitoisuus mahdollistavat alustilan ilmankosteuden tiivistymisen kantavan teräsbetonilaatan alapintaan ja paaluanturoihin. Alapohjarakenteen alapintaan kondensoitunut kosteus siirtyy kapillaarisesti ja diffuusilla rakenteen pintaosiin. Kosteus voi siirtyä myös konvektiolla alapohjarakenteen läpi tapahtuvissa ilmavirtauksissa.

Alapohjarakenteen pinnoitteena korjaamo-osalla on hiertopinnoite ja toimisto-osassa pintamateriaalina on laminaattia ja klinkkerilaatoitusta. Kosteusmittauksissa alapohjarakenteessa havaittiin kohonneita kosteuspitoisuuksia. Halliosalla kohonneita kosteuspitoisuuksia ei havaittu rakenteen pintaosissa, sillä lattiassa ei ole vesihöyryn haihtumista estäviä pintamateriaaleja. Toimisto-osalla kohonneita kosteuspitoisuuksia havaittiin pintabetonilaatan alapuolisessa sementtilastuvillalevyeristeessä, joka oli mikrobivaurioitunut kosteuden vaikutuksesta.

Merkkiainekokeissa havaittiin alapohjarakenteessa ilmavuotoja huoneilmaan mm. ulkoseinän ja alapohjan liittymistä sekä alapohjan kantavassa rakenteessa olevista halkeamista. Lisäksi havaittiin ilmavuotoja alapohjalaatan läpivientikohdista. Ilmavuotokohdista rakenteiden ja maaperän epäpuhtauksia voi kulkeutua sisäilmaan heikentäen sisäilman laatua.

Alapohjarakenteissa havaittiin haitta-ainetutkimuksessa kohonneita öljyhiilivetyypitoisuuksia kattilahuoneessa. Öljyhiilivetyjen emissiot osaltaan heikentävät sisäilman laatua kattilahuoneessa sekä ilmavuotojen kautta ympäröivissä tiloissa.

4.2 Ulkoseinät

Ulkoseinärakenteet ovat pääosin kevytbetonielementtirakenteisia. Tutkimuksen lähtötiedoista poiketen rakennuksen toimisto-osalla ulkoseinärakenteen sisäpinnassa on mineraalivillainen lisälämmöneriste. Rakennuksen toisessa kerroksessa lisälämmöneriste on höyrynsuluton. Sisäpuoleinen lämmöneriste laskee kevytbetoniseinärakenteen sisäpinnan pintalämpötilaa, joka mahdollistaa kosteuden tiivistymisen kevytbetonirakenteen sisäpintaan, sekä vähentää kevytbetonirakenteen läpi kulkeutuvaa seinärakennetta kuivattavaa lämpökuormaa. Tutkimustulosten mukaan riski ei ole konkretisoitunut.

Korjaamo-osan liukuoven yläpuolella on teräsristikkopalkkirakenne, joka on koteloitu puurunkoisella levyrakenteella. Teräsristikkorakenteen pinnassa on krokidoliittiasbestiruiskutus palon- ja lämmöneristeenä. Kotelorakenteessa ei ole yhtenäistä lämmöneristettä ja höyrynsulkuu, jolloin sisäilman kosteus voi tiivistyä seinä- ja katonrakenteeseen aiheuttaen kotelorakenteeseen kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakenteen epätiivelyskohdista voi tapahtua ilmavirtauksia huoneilmaan.

Ulkoseinissä on puurunkoisia mineraalivillalla lämmöneristettyjä levyrakenteita ikkunoiden väleissä. Tuulensuojalevyn ulkopuolella on vaakakoolaus ja peltiverhous. Rakenteen tuuletuvuus on puutteellista ja rakenteen läpi on tapahtunut ilmavuotoja huoneilmaan.

Rakenteista huoneilmaan tapahtuvien ilmavuotojen mukana huoneilmaan voi kulkeutua rakenteiden epäpuhtauksia sekä asbesti- ja mineraalivillakuituja, jotka heikentävät sisäilman laatua.

4.3 Välipohjat

Välipohjien kantavana rakenteena on TT- laattoja ja teräspalkistoa. Teräspalkistorakenteisessa välipohjarakenteessa on mineraalivillaeristys. Välipohjarakenteiden lattianpäällysteenä on laminaattia ja muovimattoa. Teräspalkistorakenteiden välipohjien merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja sisäilmaan rakenneliittymien sekä läpivientien kohdilta. Ilmavuotojen mukana huoneilmaan voi kulkeutua mineraalivillakuituja ja muita epäpuhtauksia, jotka voivat heikentää huoneilman laatua.

4.4 Yläpohja ja vesikatto

Yläpohjan kantavana rakenteena on korjaamo-osalla puupalkisto, toimisto-osalla TT-laatasto. Lämmöneristeenä yläpohjarakenteessa on mineraalivilla. Vesikaton kantavat rakenteet ovat puurakenteisia, vesikatto on tasakattoinen. Vesikatteena on kumibitumikermi.

Korjaamo-osalla yläpohjarakenteen alapinnassa havaittiin kosteusjälkiä alapinnan kipsilevyn saumojen kohdilla. Toimisto-osalla havaittiin yksittäisiä kosteusjälkiä alaslasketussa sisäkattossa.

Kosteusjälkien kohdilla ei havaittu kohonneita kosteuspitoisuuksia. Yläpohjan eristeissä havaittiin mikrobivaurioita rakenneavauksissa. Merkkiainekokeissa havaittiin ilmavuotoja yläpohjarakenteesta huoneilmaan. Ilmavuotokohdat olivat rakenteiden liitoskohdissa. Ilmavuotojen mukana rakenteiden epäpuhtaudet voivat päästä huoneilmaan heikentäen sisäilman laatua.

5. Altistumisolosuhteiden arviointi

Rakennus on jaettu altistumisolosuhteiden arviointia varten kahteen osaan rakennuksen käyttötarkoituksen sekä rakenteiden mukaisesti korjaamo-osaan ja toimisto-osaan.

Tutkimustulosten mukaan rakennuksen korjaamo-osalla tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhte on mahdollinen. Toimisto-osalla tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhte on todennäköinen.

6. Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista

6.1 Kiireelliset toimenpiteet

- Alapohjarakenteiden ja ulkoseinien epätiiviiiden rakenteiden liitoskohtien ja läpivientien tiivistäminen tiivistyskorjaukseen soveltuvalla järjestelmällä.
- Kosteusvaurioituneiden alakatto- ja kattolevyjen uusiminen
- Kattilahuoneen väliseinien liittymien ja läpivientien tiivistäminen ja kattilahuoneen alipaineistus.
- Mineraalivillakuitulähteiden poistaminen
- Laajarunkoisen rakennuksen rakenteellisen turvallisuuden arvioinnin tekeminen

6.2 Toimenpiteet 1-3 vuoden sisällä

- Sadevesi- ja salaojajärjestelmän asennus sekä sokkelirakenteen ulkopuolisen lämmön- ja vedeneristyksen teko.
- Ulkoseinän sisäpuolisen lisälämmöneristeen purkaminen

6.3 Toimenpiteet seuraavan peruskorjauksen yhteydessä

- Alapohjarakenteen alustilan puhdistus
- Alustilaan tehdään koneellinen tuuletus- ja kuivatusjärjestelmä. Maaperän aiheuttamaa kosteusrasitusta pienennetään lisäämällä hiekan päälle suodatinkangas ja kapillaarisen kosteuden nousun estävä kevytsoraeriste- tai sepelikerros
- Rakennuksen alapohjalaatan alapintaan asennetaan lämmöneriste
- Toimisto-osan pintabetonilaatan ja sementtilastuvillalevyeristeen purkaminen
- Ikkunoiden välisten puurunkoisten seinän osien uusiminen.
- Rakenteen sisävaipan ilmansulun ja rakenneliittymien tiivistäminen.

Tässä tutkimusraportissa olevat korjaussuositukset eivät ole valmis korjaussuunnitelma. Korjauksista päätetään raportin valmistumisen jälkeen. Korjaustöissä tulee huomioida rakenteiden haitta-ainepitoiset materiaalit.

7. KIITOKSET

Kiitän työnantajaani Ramboll Finland Oy:tä, ohjaajia ja RATEKO:n henkilökuntaa. Erityis-
maininnan ansaitsee vaimoni Iida tukemisesta, kannustamisesta ja tarpeellisesta eteenpäin
potkimisesta.

8. LÄHDELUETTELO

Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristö-
ministeriö, Hansaprint Oy, Turenki, 2016

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus, Ympäristöministeriön julkaisuja,
2019:18

Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. Työterveyslaitos 2017

RT 14-11197, Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein, marraskuu 2015

RT 14-10984, Betonin suhteellisen kosteuden mittaus, helmikuu 2010

RT 18-11245, Haitta-ainetutkimus, rakennustuotteet ja rakenteet, marraskuu 2016

Asuinrakennukset

<i>1950-luvulla valmistuneen omakotitalon kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> <i>Jesse Hirvonen</i>	25
<i>Pölynhallinnan toteutuminen kosteus- ja mikrobivauriokohteissa</i> <i>Ville Salmela</i>	31

1950- LUVULLA VALMISTUNEEN OMAKOTITALON KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Jesse Hirvonen

Quality construction & consulting

TIIVISTELMÄ

Kohteena oleva omakotitalo on valmistunut 1950-luvulla, eikä sitä ole peruskorjattu. Kohdetta tutkittiin sisäilmaongelmaepäilyn takia. Kohteeseen tehdyissä kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa tarkasteltiin eri menetelmin rakennuksen rakenneosien rakenne- ja kosteusteknistä kuntoa. Tavoitteena oli selvittää mahdollinen sisäilmaongelman aiheuttaja ja kartoittaa rakennuksen korjaustarpeet sekä tulevien korjausten suunnittelun lähtötiedoksi rakenteiden kosteustekninen kunto.

Tutkimusmenetelminä käytettiin aistinvaraista tarkastelua, lämpökamerakuvausta, pintakosteuskartoitusta, rakenneavauksia ja materiaalinäytteitä. Sisäilman olosuhteita tutkittiin paine-eromittauksella sekä kosteus- ja lämpömittauksilla.

Rakennus on ollut vuokrauskäytössä yli kymmenen vuoden ajan. Vuokralaisen vaihtuessa uusi vuokralainen alkoi oireilla asunnossa.

Rakennuksessa oli poikkeuksellinen haju (maakellari) heti eteiseen astuessa. Tutkimuksissa havaittiin useita rakennuksen kuntoon ja sisäilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä. Merkittävimpiä ongelmia olivat mikrobi- ja lahovauriot olohuoneen ja ruokailutilan alapohjarakenteessa, kosteusvauriot ulkoseinissä olohuoneen ja ruokailutilan alueella, mikrobikasvusto yläkerran makuuhuoneen ulkoseinän lämmöneristeestä otetussa vertailunäytteessä ja ilmatiiveyden puutteellisuus yläpohjassa ja alapohjassa.

Rakennuksen yläpohjassa havaittiin tutkimuksissa runsaasti vanhoja vesivuotojälkiä. Vesikateremontti on tehty 2017 ja remontissa ei ole korjattu vanhoja vaurioita, vaan uusittu vain kate ja lisätty aluskate.

Alakerrassa havaittiin kohonneita kosteusarvoja märkätilojen ja teknisen tilan alueella. Alakerran märkätilat ovat alkuperäisessä kunnossa. Kyseisen tilan peruskorjaus tulee suorittaa pikimmiten.

1. JOHDANTO

Kohteena oli 1950- luvulla valmistunut omakotitalo, eikä sitä ole peruskorjattu. Rakennus on pääosin perustettu kallion päälle.

Keittiön ja olohuoneen kohdalla ylärinteen puolella alapohjarakenne on pääosin puukoolattu ryömintätilainen alapohja. Alakerrassa kosteiden tilojen ja teknisen tilan alapohjana on maanvarainen 250 mm paksu betonilaatta. Ulkoseinät ovat muurattu tiilestä, joka oli pinnoitettu rappaamalla. Ulkoseinien runkona toimi ristiin asennettu puurunko (50 mm+50 mm) 100 mm. Rungon päälle oli asennettu pääosin 30–50 mm mineraalivillaeriste ja koolaus, joka oli levytetty lastulevyllä. Välipohjarakenne yläkerrassa oli massiivinen betonilaatta. Vesikattorakenteet ovat puuta ja vesikatteenä on profiilipelti. Ilmanvaihtojärjestelmä on painovoimainen. Talon lämmitys suoritettiin varaavalla takalla, ilmalämpöpumpulla ja sähköpattereilla.

2. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää ja arvioida rakennusten kuntoa rakennus- ja sisäilmateknisten selvitysten avulla. Selvitysten tueksi ja vahvistukseksi käytetään usein myös mikrobiologisia ja kemiallisia selvityksiä laboratorioanalyysineen. Erilaiset näytteet ja mittaukset antavat tarkempaa tietoa rakennusmateriaalien ja/tai osien vauriolaajuudesta, laadusta ja sijainnista.

2.2 Rakenneavaukset ja materiaalinäytteet

Tutkimuksessa rakenteiden rakennetekniikkaa sekä kosteusteknistä ja mikrobiologista kuntoa tarkasteltiin rakenneavauksien kautta aistinvaraisesti ja mikrobimateriaalinäyttein. Rakenneavauksia tehtiin yhteensä yksitoista kappaletta. Ulkoseiniin suoritettiin viisi rakenneavausta ja alapohjarakenteisiin suoritettiin kuusi rakenneavausta. Rakenteiden mikrobimateriaalinäytteitä otettiin neljä kappaletta.

2.3 Sisäilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteita tarkasteltiin hetkittäisellä paine-eromittauksella sekä lämpö- ja kosteusmittauksella.

2.3 Ilmanvaihto

Rakennuksen ilmanvaihtoa tarkasteltiin hetkellisellä paine-eromittauksella. Tila ei ollut käytössä tutkimusten aikana ja asukas oli avannut lattiarakennetta. Rakennuksessa ei ollut lainkaan korvausilmaventtiilejä. Yläkerrassa wc-tilassa ei ole erillistä poistoa. Alakerran kosteissa tiloissa ilmanvaihto oli toteutettu savupiipun tyhjään hormiin tehdyllä venttiilillä.

2.3 Rakenteiden kosteustekninen tarkastelu

Pintakosteuskartoitus suoritettiin yhdessä aistinvaraisten tarkasteluiden kanssa. Pääpaino kartoituksella painottui kosteidentilojen ja vesipisteiden läheisyyteen. Yläkerrassa ei havaittu koholla olevia pintakosteusarvoja.

Alakerran märkätiloissa havaittiin kohonneita kosteusarvoja lattiassa ja seinärakenteissa. Rakenneavauksien yhteydessä suoritettiin puun painoprosentin mittaus piikkimittauksella. Piikkimittauksessa havaittiin kohonneita kosteusarvoja yläkerran makuuhuoneen runkorakenteessa.

3.KESKEISET TUTKIMUSTULOKSET

Merkittävimpinä sisäilmaolosuhteita heikentävänä tekijänä tutkimuksissa todettiin olevan:

Olohuone ja ruokailutila

- laho- ja mikrobivauriot ulkoseinärakenteissa
- laho- ja mikrobivauriot ryömintätilaisessa alapohjassa
- alapohjan ilmatiiveyden puutteellisuus

Yläpohja

- ilmatiiveyden puutteellisuus

Rakennuksessa ei rakenneavauksissa havaittu ilmansulkukerrosta. Rakenneavauksista otetuissa ulkoseinän materiaalinäytteissä todettiin viitteitä mikrobivaurioitumisesta.

Todetut rakenteiden ilmavuodot korostuivat erityisesti liesituulettimen käytön aikana, puuttuvan korvausilman johdosta. Korvausilma tulee puutteellisten rakenneliittymien kautta.

Tutkimuksissa tehdyissä kosteusteknisissä tarkastuksissa ja pintakosteusmittauksissa havaittiin alakerran rakenteissa kohonneita kosteusarvoja. Kosteuspoikkeamat olivat laaja-alaisia. Yläkerrassa havaittiin rakenneavauksien yhteydessä suoritetuissa piikkimittauksissa puun painoprosentin mittauksissa poikkeamia.

Tutkimuksissa rakennuksen yläpohjarakenteiden tarkastus suoritettiin aistinvaraisesti katolta ja yläpohjasta. Yläpohjan tarkastelussa havaittiin laaja-alaisesti vanhoja vesijälkiä puurakenteissa. Yläpohjan höyrynsulkujen tiiveyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti ja lämpökameralla. Lämpökamerakuvauksessa havaittiin laaja-alaisesti yläpohjan liittymien epätiiveyttä.

4. KESKEISET JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

4.1 Piha- ja ulkoalueet, sadevesien ohjaus

Piha- ja ulkoalueiden tarkastuksen perusteella tontin pintavedet ohjautuvat rakennusta kohti länsipuolella taloa. Rakennuksen ympärillä ei ole salaojajärjestelmää.

- a. Piha-alueen uudelleen muotoileminen niin, että se viettää pois päin rakennuksesta. Salaoja- ja sadevesijärjestelmän rakentaminen ja sokkelivedeneristysten asennus koko rakennuksen ympärille.

4.2 Ulkoseinät, ikkunat

Rakennuksen ulkoseinien ja ikkunoiden tarkastelussa ja tutkimuksissa havaittiin laaja-alaisesti pakkasvaurioita ja pinnoitteiden irtoamista rakennuksen julkisivussa. Ikkunoihin ei ole asennettu suojapellitystä vaan ikkunapenkit on tehty rappausmateriaalilla ja loivasti ulospäin suuntautuvalla kallistuksella. Sisäpuolisessa tarkastuksessa rakenneavauksissa ja materiaalinäytteissä havaittiin laaja-alaisesti vaurioituneita lämmöneristeitä ja puurungon laaja-alainen mikrobi- ja lahovaurioituminen olohuoneen länsiseinällä. Ilmalämpöpumpun alla havaittiin poikkeava rakennekerros, rakenteeseen oli lisätty runkopuun päälle huokokuitulevy ja kovalevy/paksupahvi. Pahvissa oli vanhaa mikrobikasvustoa, joka laboratoriotutkimuksissa todettiin kasvukyvyyttömäksi.

- a. Julkisivun peruskorjaus on ajankohtainen laajojen vaurioiden ja käyttöiän perusteella. Julkisivun ylläpitoa ja huolto on laiminlyöty, jolloin rakenne on päässyt vaurioitumaan ja rapautumaan poikkeuksellisen laaja-alaisesti.
- b. Rakennuksen sisäpuolelta puretaan kaikki pintarakenteet puurunkopinnalle. Asennetaan hygroskooppinen eriste puurunkoa vasten. Eristeen päälle asennetaan ilmansulkupaperi. Seiniin asennetaan koolaus ja pintaan paneeli tai muu puupintainen materiaali. Ilmansulkupaperi liitetään yläpohjan ilmansulkuun tiiviisti käyttäen tiivistystuotteita ja ilmansulkujen tiivistykseen soveltuvaa teippiä.
- c. Mikrobi- ja lahovaurioituneet puumateriaalit tulee korvata uusilla, vaihtoehtoisesti tulee harkita rakenteen toteutustavan muuttamista kengityksellä tai muuraamalla ”sokkelirakenne korkeammaksi” vähentäen kapillaarista kosteuskuormaa ulkopuolelta ja maaperästä (ryömintätilainen alapohja).
- d. Ikkunapenkkien korjaus julkisivun peruskorjauksen yhteydessä. Ikkunapenkkeihin asennetaan suojapellitykset ja ikkunapenkkien kaltevuudeksi 15–30 astetta. Väliaikaisena ratkaisuna 1–2 vuotta on suositeltavaa tiivistää ikkunoiden liittymät, jotta viistosade ei pääse ikkunan puitetta pitkin rungon sisään. Sisäpuoliset aukkoliittymät puhdistetaan ja tiivistetään käyttäen polyuretaanivaahtoa ja sisäpintaan asennetaan tiivistemassa.

Ikkunoiden laajaa kunnostusta ja/tai vaihtoa on suositeltavaa harkita.

4.3 Alapohja, sokkeli

Alapohja- ja sokkelirakenteisiin tehtyjen tutkimusten perusteella sadevedet ja maakosteus pääsevät vaikuttamaan perustus ja sokkelirakenteisiin. Kapillaarinen kosteudennousua estävää katkoa ei ole puurungon alla, sokkelin päällä. Olohuoneen tuulettuva alapohjarakenteen rakenneavauksissa havaittiin laaja-alaisesti mikrobivaurioituneita puuosia ja runsaasti kosteusvauriojälkiä.

- a. Koko ryömintätilainen alapohjarakenne tulee purkaa ja uusia. Alapohjan tuuletustilasta poistetaan ylimääräiset kivilohkareet ja peruslaatuinen orgaaninen maa-aines. Alapohjaan lisätään kaksi korvausilma luukku (kissanluukku). Asennetaan automaattisesti toimiva RH/T mukaan säätävä puhallin.

4.4 Väliseinät

Väliseinärakenteita poistetaan muiden korjaustöiden yhteydessä. Alapohjan korjauslaajuuden takia eteisen väliseinät tulee purkaa. Yläpohjan liittymissä havaittiin höyrynsulun tiivistyksen puutteita laaja-alaisesti.

4.5 Yläpohja

Yläpohjan tarkastelussa havaittiin runsaasti vanhoja kosteusvauriojälkiä puurakenteissa. On hyvin todennäköistä, että yläpohjan villaeristeet ovat mikrobivaurioituneita.

- a. Yläpohjan tyhjennys ja puhdistus. Vanhat eristeet poistetaan yläpohjasta.
- b. Asunnon puolelta alakattojen purkaminen runkopuhtaaksi. Höyrynsulkumuovi poistetaan ja vaihdetaan ilmansulkupaperiin, joka liitetään seinille asennettavaan ilmansulkuun käyttäen ilmansulkupaperin tiivistykseen tarkoitetuilla tiivistystuotteilla. Yläpohjaan eristeeksi asennetaan puukuitupuhallusvilla.

4.6 Ilmavaihto

Ilmanvaihtotarkastuksessa havaittiin, ettei talossa ole asuinhuoneissa lainkaan korvausilmakanavia tai -venttiileitä. Asunnon normaaliolosuhde hetkellisellä mittauksella -4Pa ja korvausilmaventtiilien puuttuminen ohjaa korvausilman tulemaan epätiivien liittymien ja rakenteiden kautta. Tehostuksella liesituulettimen käytöllä alipaine nousi -16Pa. Alipaineisuuden noustessa mahdolliset epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan huoneilmaan läpivientien ja epätiivien rakenneliittymien kautta.

- a. Korvausilmaventtiilejä lisätään ruokailutilaan, olohuoneeseen ja makuuhuoneeseen yksi tilaa kohden.

Kaikki edellä korjaustoimenpide-ehdotukset suoritetaan erillisen suunnitelman mukaan.

5. ALTISTUMISOLOSUHTEEN ARVIOINTI

Altistumisolosuhteiden arviointi perustuu teknisen kokonaisuuden hallintaan. Altistumisolosuhteen arvioinnissa otetaan huomioon kokonaisvaltaisesti rakennus- ja talotekniikan sekä rakennuksesta peräisin olevien epäpuhtauksien vaikutus sisäilman laatuun ja yleisiin altistumisolosuhteisiin.

Tehtyjen kosteus- ja sisäilmateknisten tutkimusten perusteella rakennuksen ulkoseinien- ja ryömintätilaisissa alapohjarakenteissa havaittiin eritasoisia ja laajuisia mikrobivaurioita sekä muita epäpuhtauslähteitä rakenteista.

Ilmantiiveydessä havaitut puutteet mahdollistavat vuotoilmareitit ja ilmavirtaukset sisäilmaan.

Tutkimusten perusteella haitallinen altistumisolosuhte sisäilman epäpuhtauksille rakennuksen osalta arvioidaan erittäin todennäköiseksi.

6. LÄHDELUETTELO

Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet. 2007. 3.korjattu painos. Suomen Betoni- tieto Oy.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. 2019 ladattavissa <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>

Merikallio T., Niemi S., Komonen J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Suomen Betonitieto Oy. 2.painos.

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöministeriö, Helsinki 2016

RT 14-10984. Betonin suhteellisen kosteuden mittausta. 2010. Rakennustieto Oy.

RT 20-11160 Haitta-ainetutkimus, rakennustuotteet ja rakenteet. 2014, Rakennusteollisuus.

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

Viitearvoja sisäilmaongelmien tunnistamiseen. Työterveyslaitos 2/2017. Saatavana: www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/Documents/sisaympariston_viitearvoja.pdf

PÖLYNHALLINNAN TOTEUTUMINEN KOSTEUS- JA MIKROBIVAVURIKOHTOISSA

Ville Salmela

Uudenmaan kuivauspalvelu Oy

Opinnäytetyön aihe pohjautuu kosteusvauriokohteissa työskentelyn kautta tapahtuneisiin havaintoihin pölynhallinnan toteutumisissa. Huolimatta olemassa olevasta ohjeistuksesta asianmukaiset pölynhallintamenetelmät rajautuvat vain osaan purkutöiden toteuttajista. Tämän mahdollistaa se seikka, että kosteus- ja mikrobivaurioiden purkuja voi tehdä kuka vain, millä kalustolla tahansa.

Tutkimuskysymys oli: Miten pölynhallinta toteutuu kosteus- ja mikrobivauriokohteissa? Sekä miten asukkaiden läsnäolo vaikuttaa käytettäviin suojausmenetelmiin?

Tutkimus ja kohteet

Tutkimus toteutettiin Uudenmaan Kuivauspalvelun kartoittamiin kohteisiin. Kohteiksi valikoitui kohteet, joihin tehtiin työmaakäynti purkutöiden jälkeen, joko tarkastuskäyntinä tai koneellisen kuivauksen asentamiseksi. Kohteita kerättiin 50 kpl 2 kuukauden ajalta.

Kohteet sijaitsivat pääkaupunkiseudulla pääosin Helsingin alueella. Talotyyppi oli lähes poikkeuksetta kerrostalo ja vaurio koski pääasiassa yhtä huoneistoa.

Vauriokohteiden rakentamisaikakaudet jakaantuivat tasaisesti, mutta 60-luku (27 %) erottui muista vuosikymmenistä. 70- (16 %) ja 90-luku (16 %) jakaantui keskenään tasaisesti. 80-luvun ollessa edustettuna vain 7 %:ssa tapauksista. Vanhemmista ikäluokista erottui 30-luku (9 %), joka on vahvasti edustettuna Helsingin keskustan rakennuskannassa.

Vaurioiden syyt

Vaurioiden syitä on kosteusvaurioissa luonnollisesti useita erilaisia. Kosteusvaurio voi olla seurausta rakennuksen rakenteiden ongelmista, putkivuodoista, vesikalusteiden rikkoonutumisista, asukkaan omasta toiminnasta tai lemmikin toimien seurauksena muutamina yleisimpinä esimerkkeinä. Kosteusvaurioiden parissa työskenneltäessä vuodenaika vaikuttaa merkittävästi siihen, minkälaisia vaurioitumisen syitä tutkitaan. Tutkimusjaksolle osui eniten vesisateen aiheuttamia kosteusvaurioita, joko vesikaton, julkisivun tai ikkuna-/oviaukkojen kautta. Vesisade oli vaurion syynä joka neljännessä tapauksessa.

Jääkaapit (11%) ja astianpesukoneet (11%) ovat aina vahvasti edustettuja vuodenaikasta riippumatta. Jääkaappien ja astianpesukoneiden kokonaisosuus on jopa enemmän kuin vesijohto ja viemäriveruodot (18%) tai vesikalustevuodot (14%).

Vaurioiden kesto

Vaurioitumisen kesto on merkittävä tekijä kosteus- ja mikrobivauriokohteissa. Mitä kauemmin ylimääräinen kosteus on rakenteessa ollut, sitä enemmän on ollut aikaa mikrobivaurion kehittymiselle. Mikrobivaurioksi kehittyminen on kuitenkin riippuvainen olosuhdetekijöistä mm. kastuneesta materiaalista ja vallitsevasta lämpötilasta kosteuden lisäksi. Mikrobikasvuston alkamisen nopeuteen vaikuttaa myös merkittävästi kosteuden lähde. Vuodon ollessa viemäristä on vuotovedessä jo valmiiksi voimakas mikrobikanta, joten viemäriverisien päätyessä rakenteisiin alkaa altistuneissa materiaaleissa mikrobivaurioituminen lähes välittömästi.

Vaurioitumisaikaa ei aina voi varmuudella tietää ja päätellä, joten puhtaudenhallinnan näkökulmasta tulisikin aina lähteä siitä oletuksesta, että vaurioituminen on voinut kehittyä mikrobikasvun vaiheeseen. Tutkimuksessa vaurioitumisen kestot on jaoteltu kolmeen luokkaan: äkilliset (vaurioitumisaika 1-2 vrk), Lyhytkestoiset (vaurioitumisaika 1-2 vko:a) ja pitkäkestoiset (vaurioitumisaika useita viikkoja/kuukausia).

Vaurioalueen pinta-ala

Tutkimuskohteet jaettiin vaurioalueen pinta-alan mukaan neljään kokoluokkaan:

- < 1m²
- 1- 5 m²
- 5-10 m²
- > 10 m²

Vaurioalueena tarkoitetaan kastuneen alueen pinta-alaa. Pinta-aloja ei ole mitattu.

Vaurioalueen pinta-alan suhteen hajonta e.m luokkien kesken oli suhteellisen tasaista. Suurimmassa osassa kohteista (36 %) oli tapauksia, joissa vaurioalueen pinta-ala oli yli 10 m².

Tutkimusjaksolle sijoittui toiseksi eniten (30 %) suhteellisen pieniä vaurioita, joiden ala oli 1-5 m². Yleisesti kerrostalokohteissa vaurioalueet ovat varsin pieniä, mutta esimerkiksi yhden kerrostalokylpyhuoneen kastuessa voi vaurioalue olla >10 m², joka tulee huomioida tuloksia tarkastellessa.

Tarkasteltaessa vaurion syytä suhteessa vaurioalueen pinta-alaan. Voidaan todeta hyvin pienissä < 1 m² vaurioalueissa syynä useimmin olevan vesisade (62 %), joka on päätynyt huoneistoon vesikaton tai ulkoseinien kautta. Kokoluokassa 1- 5 m² erottui yhä vesisateen aiheuttamat vauriot, mutta mentäessä laajempaan 5-10 m² vaurioaluekokoluokkaan alkoi korostumaan astianpesukoneen osuus vaurioista. Laajimman kokoluokan (> 10 m²) kohteissa korostui yleensä alkuun piilossa tapahtuneet vuodot, eli vesi- ja viemäriputkien vuodot sekä vesikalusteiden (lavuaarit, wc-istuimet, pisuaarit) aiheuttamat vuodot.

Tarkasteltaessa vaurion pinta-alaa suhteessa vaurioitumisen kestoan. Voidaan huomata vaurioalueen olevan sitä pienempi, mitä lyhyempi vaurioitumisen kesto oli. Hyvin pienet vaurioalueet olivat pääosin äkillisiä tai lyhytkestoisia. Sen sijaan laajimman vauriokokoluokan vaurioitumisen kestot olivat pääosin pitkäaikaisia.

Asuminen korjauksen aikana

Tutkimuskohteiden ollessa lähes poikkeuksetta asuinkerrostalokohteita ja vaurioiden ollessa eri-ikäisiä kosteusvaurioita, on projektissa mukana usein myös huoneiston asukkaat. Karkeasti puolella kohteista korjaustöiden aikana huoneistossa asuttiin. Tarkasteltaessa korjauksen aikana asumisen yhteyttä vaurioitumisen keston, voidaan todeta asukkaiden asuvan korjaustyön aikana eniten äkillisen vahingon ollessa kyseessä.

Kosteus- ja mikrobivaurion korjaustyön aikana asuminen on lähes poikkeuksetta stressaavaa, häiritsevää ja usein myös turhauttavaa kohdehuoneiston asukkaille. Huoneistossa on käytössä alipaineistus- ja kuivauslaitteistoa, jotka pitävät jatkuvaa tasaista ääntä ympäri vuorokauden. Lisäksi työstä aiheutuva melu ja pöly ovat usein hyvin epämiellyttäviksi koettuja asioita asukkailta vuosien aikana saadun palautteen perusteella.

Irtaimisto kohteissa

Pölynhallinnan toteutumista tutkittaessa nostettiin irtaimisto ja sen mahdollinen suojaus yhdeksi seurannan kohteeksi, koska suuressa osassa kohteista (72 %) oli asukkaiden irtaimistoa, vaikka asukkaat olisivatkin itse muuttaneet väliaikaismajoitukseen. Valitettavan usein (64 %) asukkaiden irtaimistoa ei suojata pölyltä. Kun ajatellaan minkä tahansa kodin irtaimistoa, jota ei ole suojattu ja huomioidaan mahdollisen korjaustyöstä aiheutuvan pölyn leviäminen, on selvää, että normaalilla loppusiivouksella ei päästä vaadittavaan tasoon puhtauden suhteen.

Irtaimiston suojaaminen ennalta tulisi olla perusasioihin kuuluva toimenpide, ellei irtaimistoa ole siirretty erilliseen tilaan, joka voidaan sulkea. Irtaimiston suojauksessa oli havaittavissa yhteys muuhun suojaamiseen. Vertailtaessa työalueen osastoinnin toteutumista irtaimiston suojaukseen, on havaittavissa irtaimiston suojaamisen olevan yleisempää asianmukaisen osastoinnin tekijöiden keskuudessa.

Työalueen osastoinnin toteutuminen

Työskentelyalueen osastoinnilla tarkoitetaan vaurioalueen ympärille luotavaa tilaa, joka on usein toteutettu väliaikaisilla suojaseinillä tai työalueeksi on rajattu jokin huone/tila. Huoneen eristäminen työalueeksi tapahtuu yleensä oviaukko-osastoinnilla. Väliaikaiset osastointiseinät tehdään yleensä teleskooppirungolla ja rakennusmuovilla tai vaihtoehtoisesti rimarungolla ja rakennusmuovilla.

Aiemman kokemuksen ja tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella osastointimenettelyt ja muut suojaamiset ovat usein kiinni purkutöitä suorittavan työntekijän asenteesta ja viitseliäisyydestä. Tutkimuksesta saatujen tulosten mukaan asukkaiden asuminen ei vaikuta oleellisesti siihen osastoidaanko työaluetta vai ei.

Osastoinnin onnistuminen edellyttää osastoinnilta tiiveyttä ja painesuhteiden hallintaa, joka yleensä hoituu ongelmitta alipaineistamalla työalue. Tutkimuksessa yksi seurattava asia oli

osastoinnin tiiveys. Yleensä osastointien liittymät tiivistetään teippaamalla, mutta kuten osastointien toteutuksessa havaittiin, viitseliäisyys korostuu myös tiivistyksissäkin. On todettavissa, että osastointien tekijöistä suurin osa (75 %) myös tiivisti osastoinnin. Työalueen tiiveys on merkittävä osa pölynhallinnan toteutusta, sillä työalue tulee saada jatkuvatoimisesti alipaineiseksi. Epätiivis työalue ei alipaineistu eli työalueen ja ulkopuolisen alueen välille ei synny paine-eroa. Paine-eron puute edesauttaa merkittävästi pölyn leviämistä työalueen ulkopuolelle.

Huomionarvoista osastoinneissa on se, että erillisiä sulkutiloja ei ollut yhdessäkään kohteessa tutkimusjakson aikana. Kokemuksen mukaan erilliset sulkutilat kosteus- ja mikrobivauriokohteissa ovat harvinainen ilmiö.

Ilmanvaihtojärjestelmän suojaus

Ilmanvaihtojärjestelmän suojaaminen nostettiin yhdeksi merkittäväksi seurannan kohteeksi, sillä ilmanvaihtokanavistoa puhdistetaan äärimmäisen harvoin korjauksien rajoittuessa yleensä varsin rajatulle alueelle. Näin ollen oleellista on, suojataanko ilmanvaihtojärjestelmä pölyltä. Pölynsuojaus toteutetaan yleensä teippaamalla päätelaite umpeen. Ilmanvaihdon päätelaitteita sijoittui työskentelyalueelle suuressa osassa (78 %) kohteista. Näistä yli puolet (62 %) oli suojaamatta.

Kun ajatellaan esimerkiksi painovoimaisella ilmanvaihdolla varustettua rakennusta, jossa poistoilman imu ei ole tasaista, vaan ilmapvirtaus saattaa esim. tuulen vaikutuksesta olla hetkellisesti huoneistoon päin, jolloin kanavaan päätyneet epäpuhtaudet saattavat kulkeutua takaisin huoneistoon. Ilmanvaihtokanaviin päätyvät pölyt likaavat myös kanavistojen sisäpintoja sekä venttiilejä haitaten siten järjestelmän toimintaa.

Alipaineistuksen toteutuminen

Työskentelytilan alipaineistuksessa on yleisesti laaja kirjo erilaisia toteutuksia eripituisilla käyttäjakohteilla. Onnistuneen pölynhallinnan perusedellytys on paine-eron luominen työskentelytilan ja ympäristön välille.

Ohjeistusten mukaisesti jatkuvatoimisesti alipaineistusta käytettiin vain n. joka neljännessä kohteessa ja pelkästään purkutöiden aikana n. 22 %:ssa kohteista. Yhteensä alipaineistus oli ollut käytössä n. puolessa kohteita, joista tosin osassa ei alipaineistuksen olemassaolosta ollut tarkastuskäynnillä varmuutta. Suurin osa (84 %) osastoinnin tehneistä myös käytti alipaineistusta.

Tutkimuksessa seurattiin myös alipaineekoneen poistoilman ohjausta, jolloin havaittiin suurimman osan johtavan poistoilman suoraan koneesta työskentelyalueen ulkopuolelle, joka on sallittua käytettäessä H13-luokan suodatinta alipaineistajassa. Poistoilma tosin suositellaan johdettavaksi siten, ettei se nosta tarpeettomasti pölyä.

Pölyn leviäminen huoneistoon

Homepölysiivous

Viimeinen vaihe kosteus- ja mikrobivauriokorjauksissa on rakennussiivouksen jälkeen tehtävä homepölysiivous ja irtaimiston puhdistus. On todettu, että huonon puhtaudenhallinnan takia tilan käyttäjät palatessaan korjattuun tilaan saavat jopa pahempia sisäilmasta johtuvia oireita verrattuna korjausta edeltävään tilanteeseen. (Hartikainen, 2013.)

Hyvin ja oikeaoppisesti tehty homepölysiivous helpottaa ja nopeuttaa korjattujen tilojen käyttöönottoa ja tilanteen normalisoitumista. Perusajatus homepölysiivouksessa on poistaa kaikilta pinnoilta niihin kiinnittynyt lika ja pöly, jossa voi olla mikrobeja tai niiden aineenvaihduntatuotteita, jota on siirtynyt sisäilmaan kosteus- /mikrobivaurion korjauksen aikana tai sitä ennen. Homepölysiivouksessa on tärkeää huolehtia työntekijöiden ja tilan käyttäjien turvallisuudesta. Homealtistusta tulee välttää käyttämällä asianmukaisia suojavarusteita. Kulku siivottavalta alueelta muihin tiloihin tulee minimoida, jotta pölyä ei siirry takaisin siivottuihin tiloihin. On tärkeää, ettei siivottavaan tilaan tuoda kuin huolella puhdistettua irtaimistoa kontaminaation välttämiseksi. (Työterveyslaitos, 2016)

Johtopäätökset ja parannusehdotuksia

Rakenteiden purkutyötä ohjaavat määräykset eivät erittele kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkuja muusta tavanomaisesta purkutyöstä. Toisin kuin esimerkiksi asbestipuruissa, kosteus- ja mikrobivaurioita voi purkaa kuka vain, millä tahansa kalustolla. Ratu-ohjekortti kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purusta on menetelmäkuvauksena riittävä ohjeistus, mutta huonosti tunnettu purkajien keskuudessa.

Tutkimuksen mukaan työalue osastoitiin 58 %:ssa kaikista kohteista. Asutuissa kohteissa osastointi tehtiin 52 %:ssa kohteista. Irtaimisto oli suojattu vain 9:ssä kohteessa, kun irtaimistoa oli 36 :ssa kohteessa kaikista 50:stä kohteesta. Alipaineistusta käytettiin jatkuvatoimisesti vain 26 %:ssa tapauksista ja purkutyön aikana 22 %:ssa.

Kaiken kaikkiaan hyväksyttävällä tasolla tapahtuvaa pölynhallintaa harjoitettiin vain n. ¼ osassa kaikista kohteista.

Valitettavasti asukkaiden läsnäolo ei merkittävästi vaikuttanut siihen, käytetäänkö suojaavia menetelmiä vai ei. Tämä osoittaaakin osaltaan, että pölynhallintamenetelmien käyttö on asenne- ja perehdytyskysymyksiä. Pölynhallinnassa kaikki lähtee silti työnantajasta, jonka on tarjottava työntekijälleen tarvittavan kaluston, materiaalin ja perehdytyksen pölynhallintamenetelmien käytöstä. Lisäksi työnantajan tulee tarjota turvallinen huoltomahdollisuus käytetyille kalustolle.

Tämän opinnäytetyön pohjalta on ilmennyt muutamia ajatuksia ja kehittämisen kohteita pölynhallinnan menetelmien yleistymiseksi ja homepölysiivouksien tarpeen tunnistamiseksi.

Ensimmäinen parannusehdotus koskee kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purkajien pätevyyttä. Purkajille ja heidän työnjohtajilleen kohdistettu sertifiointimenettely valmistavine koulutuksineen. Sertifiointilla varmistutaan purkajien perehdytyksestä sekä työnantajan mahdollisuuksista tarjota oikeanlainen kalusto ja niiden huoltomahdollisuus.

Asbestipurkupuolella on käytössä henkilösertifiointi ja menettelyllä on ollut ratkaiseva vaikutus positiiviseen suuntaan. Kokemuksen mukaan asbestipurkupuolella pölynhallinta- ja suojausmenetelmiä käytetään esimerkillisesti sekä työntekijöiden on henkilökohtaiset suojaimet ovat käytössä poikkeuksetta.

Toinen parannusehdotus koskee homepölysiivouksen tarpeen tunnistamista, eli tilanteen tunnistamista, jolloin homepölysiivous olisi velvoittavaa tehdä. Näistä tilanteista esimerkkinä purkupölyn leviäminen koko huoneistoon kosteus- / mikrobivauriota purkaessa. Olisi luotava askelmerkit, jolloin tilaaja olisi velvoitettu toteuttamaan loppusiivouksen homepölysiivouksena. Lakisääteisyyden puuttuessa homepölysiivouksien määrä on liian pieni suhteessa todelliseen tarpeeseen.

Sisäilman laatu

Naava -viherseinien vaikutus sisäilmaan toimistoympäristössä 37
Emilia Rainetoja

IV-kanavien pölynmittaus- ja muiden menetelmien vertailututkimus 43
Kimmo Haapalainen

NAAVA-ÄLYVIHERKALUSTEIDEN VAIKUTUKSET SISÄILMAN LAATUUN TOIMISTOYMPÄRISTÖSSÄ

Emilia Rainetoja
Senaatti-kiinteistöt

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko erilaisin valituin mittaus- ja analyysimenetelmin todeta Naava-älyviherkalusteiden vaikutuksia sisäilman laatuun. Tutkimus toteutettiin kevättalvella 2021 yhteistyössä Senaatti-kiinteistöjen ja älyviherkalusteita valmistavan Naava Group Oy:n kanssa.

Tutkimusympäristönä toimi nykyaikainen toimistorakennus Helsingissä. Tutkimuksiin valikoitui mukaan neljä tilaa, joista kolmeen tuotiin tutkimuksen aikana Naava-älyviherseinät. Neljäs tila toimi projektin ajan verrokkitilana ja sieltä todettuja taustapitoisuuksia verrattiin viherseinällisten tilojen sen hetkisiin pitoisuuksiin.

Yhteensä erilaisia sisäilman laatua mittaavia näytteitä otettiin 138 kappaletta, kahden eri mittausjakson aikana. Jatkuvatoimisiin mittalaittein tarkasteltiin yhdeksää eri suuretta yhdeksän viikon ajan. Mittaustuloksia tarkasteltiin useasta eri näkökulmasta ja mitattuja pitoisuuksia verrattiin mitattuihin taustapitoisuuksiin. Viherseinien vaikutuksia sisäilmaan tutkittiin ottamalla näytteitä ennen viherseinien asennusta, sekä viherseinien sopeutumisvaiheen jälkeen. Näitä tuloksia verrattiin keskenään, sekä verrokkitilan tuloksiin.

Koska automaation vikatilan takia kaikki viherseinät eivät olleet toimineet tutkimusten aikana suunnitellusti, on epävarmaa miltä osin tulokset ovat hyödynnettävissä. Tehtyjen mittausten ja analyysien perusteella viherseinien ei voitu osoittaa juurikaan vaikuttaneen tutkittuihin suureisiin. Vaikka mitatut pitoisuudet olivat pieniä, on tulosten perusteella mahdollista, että Naava-viherseinät lisäsivät sisäilman bakteeripitoisuutta. Pakkasjaksolla verrokkitilan ilman suhteellinen kosteus laski matalammalle kuin Naavallisten tilojen, tämä saattaa selittyä viherseinien ilmaa kosteuttavalla vaikutuksella. Erot tilojen välillä olivat pieniä.

1. JOHDANTO

Naava-älyviherseinien toiminta perustuu siihen, että ilmaa imetään kasvien kasvatusalustan ja juuriston läpi, jonka jälkeen se työnnetään tiloihin tuulettimien avulla. Kasvualustana toimii ilmanpuhdistusta varten kehitetty aines, jossa aktivoidaan mikrobeja toimimaan osana ilmanpuhdistusta. Ilmiö tunnetaan biotransformaationa. Tutkimusten mukaan Naavan kerrotaan luonnollistavan sisäilmaa, vähentävän haitallisia kemikaaleja, optimoivan ilmankosteutta, vähentävän sairauksia, vähentävän väsymystä ja parantavan kognitiivista suorituskkyä.

Erilaiset viherseinät ovat yleistyneet toimistoympäristöissä, mutta niiden vaikutuksista on saatavilla rajoitetusti tutkimustietoa. Naava-älyviherseinien pienhiukkasten ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden suodatuskykyä on tutkittu useammassa suomalaisessa tutkimuksessa, samoin Suomessa on tutkittu Naava-viherseinien kasteluveden ja ulospuhallusilman bakteerilajistoa ja sitä, rikastuvatko legionellabakteerit kasteluvedessä. Suuri osa tutkimuksista on toteutettu laboratorio-olosuhteissa. Nyt tehdyn tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, voidaanko erilaisin valituin mittaus- ja analyysimenetelmin todeta Naava-älyviherkalusteiden vaikutuksia sisäilman laatuun silloin, kun tutkimusympäristönä on koneellisella ilmanvaihdoilla varustettu nykyaikainen avara toimistotila. Lisäksi haluttiin selvittää erilaisin käyttäjäkyselyin, kuinka mittauksien tulokset korreloivat koetun kanssa, mutta koronapandemian ja siitä seuranneen etätyöohjeistuksen vuoksi kyselyjä ei saatu riittävässä mittakaavassa toteutettua.

Sopeutumisjakson aikana viherseinien kasvit totuttelevat uuteen olosuhteeseen neljän viikon ajan. Tämän jälkeen tuulettimien pyörimisnopeutta lisätään, jolloin viherseinät saavuttavat täyden puhdistustehonsa. Mittausjakson ja toisen näytteenottokierroksen jälkeen selvisi, että osa seinistä ei ollut toiminut suunnitellusti. Automaation vikatilan takia vain yhdessä tilassa kolmesta Naavojen puhaltimet olivat sopeutumisjakson jälkeen toimineet täydellä teholla, kahden muun tilan viherseinien puhaltimet olivat jääneet 10 - 20% teholle tavoitteesta ja eivät siten kierrättäneet huoneilmaa biofilttereiden läpi suunnitellusti. Vika on korjattu ja tutkimus jatkuu, seuraavan näytteenottokierroksen tulokset eivät tähän työhön kuitenkaan ehdi.

2. TUTKIMUKSEN TAVOITTEET, AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus toteutettiin kevättalvella 2021 yhteistyössä Senaatti-kiinteistöjen ja älyviherkalusteita valmistavan Naava Group Oy:n kanssa. Helsingissä sijaitseva Senaatti-kiinteistöjen virastotalo on valmistunut vuonna 2002 ja tilat on remontoitu vuosina 2017-2020 nykyaikaisiksi toimistotiloiksi. Valituissa tiloissa ei ollut tutkimuksen aloitushetkellä tiedossa sisäilmaan liittyvää ongelmaa, eikä ylimääräisiä selviä epäpuhtauslähteitä. Naava-viherseinät asennettiin kolmeen eri tilaan, neljäs toimistotila toimi ns. verrokkutilana. Tästä Virkku-toimistotilasta saatuja tuloksia käytettiin taustapitoisuutena vertailtaessa tuloksia ja arvioitaessa viherseinien vaikutuksia.

Viherseinien vaikutusta tutkittavien tilojen sisäilman laatuun pyrittiin tutkimuksessa arvioimaan mahdollisimman monella eri mittaus- ja analyysitavalla. Hyväksi käytettiin Senaatti-kiinteistön omaa mittalaitteistoa, sekä otettiin näytteitä laboratorioanalyysia varten. Mittauksin ja näyttein haluttiin selvittää, onko mahdollista todentaa muutoksia sisäilman laadussa: voidaanko todeta Naavojen tuoneen jotain tilan sisäilmaan, tai voidaanko huomata niiden vähentäneen tai poistaneen jotain.

2.1. Mittaukset ja analyysit

Kahden näytteenottokierroksen aikana näytteitä otettiin jokaisesta tilasta ennen Naava-älyviherseinien asennusta ja noin viisi viikkoa viherseinien asennuksen jälkeen. Tästä poikkeuksena amiinit, aldehydit ja endotoksiinit määriteltiin sisäilmasta ennen Naavoja ainoastaan yhdestä tilasta (neuvotteluhuone Vankka).

Mikrobinäytteiden avulla haluttiin tarkastella sitä, voidaanko todeta Naava-viherseinien muuttavan tutkittavien tilojen sisäilman mikrobistoa ja vertailtiin todettua lajistoa. Lajistoa ja määrää tutkittiin ottamalla tiloista mikrobi-ilmanäytteet ja suoraviljelemällä 14 vuorokauden aikana laskeutuneesta pölystä näytteet. Homeiden kokonaisbiomassaa tarkasteltiin ottamalla **Mycometer air** -ilmanäytteet ja **Mycometer surface** -pintasivelynäytteitä. Lisäksi analysoitiin **endotoksiinit** sisäilmasta.

Mycometer-sivelynäytteiden ja -ilmanäytteiden tulokseksi saatuja lukuarvoja verrattiin toisiinsa ja tarkasteltiin mahdollisia Naavojen asennusten jälkeen tapahtuneita muutoksia sienten kokonaisbiomassassa.

Aldehydejä ja **amiineja** ei aikaisemmissa tutkimuksissa oltu analysoitu sisäilmasta, joten nämä otettiin mukaan tutkimukseen.

Tilojen sisäilman laatua seurattiin jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla noin yhdeksän viikon jakson ajan. Tarkasteltuja suureita oli yhdeksän: hengitettävät hiukkaset **PM 10** ja **PM 5**, pienhiukkaset **PM 2,5**, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (**TVOC**), hiilidioksidi (**CO₂**), lämpötila (**T**), ilman suhteellinen kosteus (**RH**) ja absoluuttinen kosteus (**Abs hum**), hiilimonoksidi (**CO**), ammoniakki (**NH₃**) ja rikkivety (**H₂S**). Lisäksi tiloista mitattiin käsimittarilla hetkellisiä lämpötiloja, suhteellisia kosteuksia ja hiilidioksidipitoisuuksia, sekä paine-eroja.

Tiloista mitattuja pitoisuuksia verrattiin toisiinsa ja verrokkitila Virkusta mitattuun taustapitoisuuteen. Jokaista mitattua suuretta tarkasteltiin erikseen ja etsittiin muutoksia viherseinien asentamisen jälkeen, viherseinien kuukauden sopeutumisjakson päätyttyä ja myös tiedossa olevien Naavojen käyntikatkojen ajoilta. Lisäksi mittaustuloksia tarkasteltiin tilakohtaisesti kolmen eri jakson keskiarvoina: ennen viherseinien asennusta, viherseinien sopeutumisjakson aikana ja seinä toiminnassa oletetulla normaaliteholla. Myöhemmin saadun tiedon mukaan automaation vikatilan vuoksi, ainoastaan aulatilán viherseinät olivat toimineen akklimatisaatiojakson jälkeen suunnitellusti täydellä teholla. Tästä syystä tarkasteltiin tarkemmin vielä mittaustuloksia juuri aulasta. Sisäilman suhteellista kosteutta verrattiin mittausjakson aikana myös ulkolämpötiloihin ja ulkoilman hengitettävien ja pienhiukkasten pitoisuuksia sisäilmasta mitattuihin.

Homekoiratarkastuksia tehtiin kaksi, toinen noin kaksi viikkoa ennen Naava-viherseinien asentamista tilaan ja toinen viherseinien oltua tiloissa noin viisi viikkoa. Samassa syklistä tehtiin myös **BM Dustdetector** -pölynpeittoanalyysit.

3. TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tilojen sisäilman bakteeripitoisuudet olivat jakson aikana matalat, mutta analyysitulosten perusteella bakteeripitoisuus tutkittavissa tiloissa oli korkeammalla Naavojen aikana kuin ennen Naavoja (taulukot 1 ja 2). Käytetyillä menetelmillä ei ollut mahdollista määrittää eri bakteerilajeja, lukuun ottamatta aktinomykeettejä (sädesieniä). Näytteistä todettuun homelajistoon tai pitoisuuksiin ei todettu viherseinillä olleen merkitystä eikä näytteissä todettu kosteusvaurioindikaattorilajeja.

Taulukko 1. Sisäilman mikrobianalyysitulokset, bakteerit. Taulukkoon on myös laskettu muutos pesäkkeen muodostavien yksikköjen määrässä +/-.

Mikrobi-ilmanäytteet				
BAKTEERIT				
Tila	Elatusalusta	18.1. pmy/m ³	11.3. pmy/m ³	MUUTOS
AULA	THG	59	64	5
VANKKA	THG	47	59	12
VAUHTI	THG	43	85	42
VIRKKU	THG	40	21	-19
Verrokkitila Virkku = taustapitoisuus				

Elinkykyisten mikrobien määrä:

pmy = pesäkkeen muodostavaa yksikköä

Taulukko 2. 14 vuorokauden aikana laskeutuneen pölyn suoraviljelytulokset, bakteerit.

14 vrk pölynlaskeuma, suoraviljely			
BAKTEERIT			
Tila	Elatusalusta	2.2.	25.3.
AULA 1	THG	+++	+++
AULA 2	THG	T	+++
AULA 3	THG	+	++
VANKKA 1	THG	<mr	++++
VANKKA 2	THG	+++	T
VANKKA 3	THG	+	+++
VAUHTI 1	THG	++	+++
VAUHTI 2	THG	+	+
VAUHTI 3	THG	+++	+++
VIRKKU 1	THG	+	+
VIRKKU 2	THG	+	<mr
VIRKKU 3	THG	+	++
Verrokkitila Virkku = taustapitoisuus			

Elinkykyisten mikrobien määrä:

<mr = alle määritysrajan

+ = vähän mikrobeita (1-19 pmy/100 cm²)

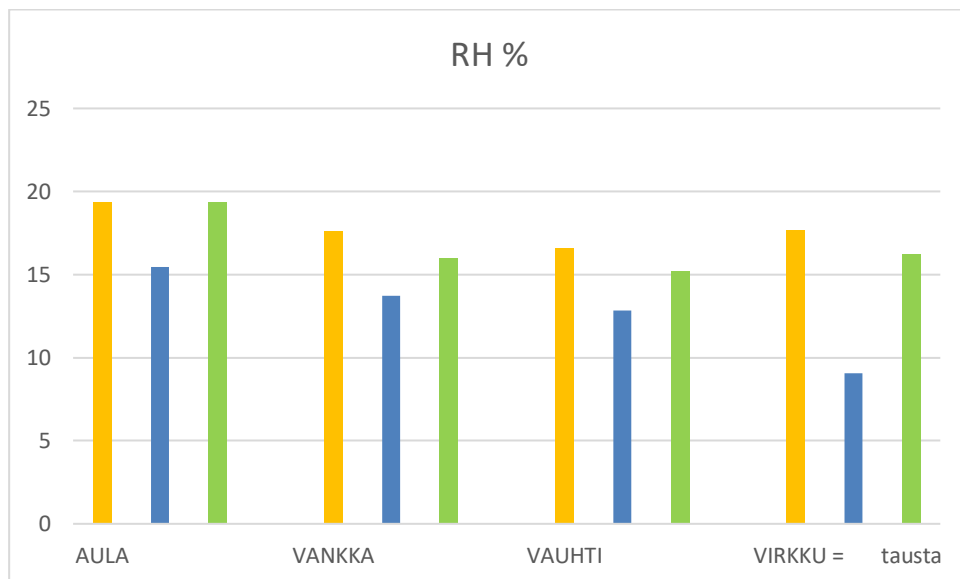
++ = kohtalaisesti mikrobeita (20-49 pmy/100 cm²)
 +++ = runsaasti mikrobeita (50-200 pmy/100 cm²)
 ++++ = erittäin runsaasti mikrobeita (> 200 pmy/100 cm²)
 T = malja täynnä pesäkkeitä, ei voitu laskea

Mycometer-tulosten perusteella Naavojen ei voitu todeta vaikuttaneen sisäilman laatuun. Tehtyjen laboratorioanalyysien perusteella ei myöskään voitu todeta Naava-viherseinien vaikuttaneen tutkittujen tilojen sisäilman amiini, aldehydi tai endotoksiinipitoisuuteen. Kaikki mitatut pitoisuudet olivat hyvin pieniä tai alle määritysrajan.

Homekoirien reaktioissa tiloissa ei ollut muutoksia ennen Naavoja ja niiden aikana, homekoirat eivät olleet kiinnostuneet viherseinistä. BM Dustdetector-pölynpeittoanalyysituloksissa ei ollut havaittavissa muutosta ennen Naavoja ja Naavojen aikana.

Sopeutumisvaiheen aikana kaikissa tiloissa, myös verrokkitilassa, on ilman suhteellinen kosteus ollut alhaisin (taulukko 3). Tähän syynä on ajanjaksolle osunut pakkaskausi. Toisaalta matalimmalle ilman suhteellinen kosteus laski verrokkitila Virkussa, jossa ei viherseinää ollut. Erot olivat kuitenkin pieniä.

Taulukko 3. Ilman suhteellisen kosteuden keskiarvopitoisuudet ennen viherseinien asennusta (keltainen), asennuksen jälkeen sopeutumisjakson aikana (sininen) ja sopeutumisjakson jälkeen (vihreä). Taustapitoisuuksina vertailussa on käytetty verrokkitilan Virkku mitattuja pitoisuuksia.



4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Vaikka tuloksia vertailemalla ei voitu osoittaa viherseinien juurikaan vaikuttaneen tutkittuihin suureisiin, voitiin todetuissa pitoisuuksissa havaita joitain eroja. Koska tilojen käyttöaste koronapandemian oli koko tutkimusjakson ajan matala, ei ole todennäköistä, että ihmisten läsnäolo tiloissa olisi vaikuttanut tuloksiin.

Tilojen bakteeripitoisuudet olivat jakson aikana matalat, mutta analyysitulosten perusteella on mahdollista, että Naava-viherseinien läsnäolo oli nostanut sisäilman bakteeripitoisuutta. Pakkasjaksolla verrokkitilan ilman suhteellinen kosteus laski matalammalle kuin Naavallisten tilojen, tämä saattaa selittyä viherseinien ilmaa kosteuttavalla vaikutuksella. Erot olivat pieniä.

5. KIITOKSET

Kiitokset työnantajalleni mahdollisuudesta osallistua SISA-koulutukseen, sekä tutkimusprojektin mahdollistamisesta, sekä Naava Group Oy:lle yhteistyöstä ja avusta. Kiitos myös ohjaajalleni Veli-Matti Pietariselle arvokkaasta ja oikeaan suuntaan ohjaavasta palautteesta, etenkin kirjallisen osuuden aikana. Kiitos kaikesta avusta ja tuesta kollegoilleni Risse Koposelle, Anne Korvelle ja Kai Vähämaalle. Isoin kiitos kuuluu perheelleni, joka on jaksanut joustaa, kannustaa ja auttaa.

Measurements of dust accumulation in HVAC ventilation systems in five office buildings

Kimmo Haapalainen

Lifa Air Oy Ltd.

SUMMARY

Visual evaluation method has been globally the primary method to verify cleanliness of HVAC systems. In EU, the main gravimetric method has been specified in EN 15780:2011 Cleanliness of ventilation standard as the preferred vacuum test (PVT). This a.k.a Finnish vacuum method had been in use since 1990 in Finland and recommended by European Ventilation Hygiene Association (EVHA) since 2005. Whereas for the other gravimetric method, wiping with solvent (D-Test), has been used and recommended in Germany only, until the recast of REHVA Guideline 9 in 2019 and mainly because of the new apparently very strict levels for cleanliness.

Objective repeatable method which is applicable also for on-site measurements is needed. The D-Test is whereas as per the PVT method specification to-date the samples need to be sent into accredited laboratory which effectively causes both extra costs and time delay which is not optimal for the market.

There are few scientific studies which compare both PVT and D-Test only. Most studies have had too many methods to compare, and the number of samples taken remained low. There is enough background work done but not enough data really. Hence these 2 gravimetric methods are chosen for this study.

Additionally, to indoor air quality healthiness aspects the other main driver in the HVAC market has been energy savings, namely what are the most effective methods and how often such maintenance needs to be done. All the numerous EU standards existing are in regard to new systems, only EN15780 is in regard to existing buildings. There does not seem to be common consensus what is the relation of dirtiness of ducts in regard to air flows (IAQ) and different component performance. Numerous scientific studies have been done and yet sufficient correlation has not been established due to critical engineers. Now these critics are counter-criticized by compiling verified data from all over the world and explaining realistically why so many studies have failed.

HVAC Engineers prefer to do calculations in their laboratories or remotely, not to work in the field to study existing dirty systems. Understandable as nearly always it is proven that reality does not match theory and that new technologies and more and more complicated systems fail regularly and create new problems not found in laboratory conditions.

Therefore, in this field study we concentrate on certain type of building and similar existing HVAC systems and summarize some new suggestions what kind of improvements or modifications could be done in regard to inspections in the field relatively easily and cost-effectively, also timewise, in order to find the key points and malfunctions. Also, there are suggestions for what kind of more detailed research needs to be done in near future in order to provide training for the operatives in the field, not only in Finland but elsewhere in EU also. Another eternal question is how much sampling by different person affects the results. This is answered by involving two persons sampling simultaneously from parallel sites with the same method.

1. INTRODUCTION

In Finland, no studies have been done in conjunction with wiping with solvent (D-test) method and Preferred Vacuum Test (PVT) so far and not in any other countries elsewhere either, except for UK (EVHA 2019). Since they experienced many problems with the new method in field, the number of reliable results remain relatively small. It is important to establish more data especially to verify if the D-Test is applicable both for the relatively clean and dirty ducts or what are main advantages and vice versa weaknesses. From all the other methods tried and compared so far, we have already learned that such method hardly exists.

What we also have established so far is that even though the dust layer seems homogenous on surface, the parallel sample taken with the same method by the same person next to it gives different results. Also, repeatability is important and there are few studies in which the parallel samples have been taken by another person and results measured in field even less.

New “big” standards about air quality and related products, e.g., EN16798:3:2017 Outdoor air (ODA) and the new ISO EN standard 16890 Air filters for general ventilation -series which are based on the mathematics of outdoor air quality and new laboratory methods only. However, REHVA launched in 2019 project to update the “old” standards for the inspection of HVAC systems. They started to collect and evaluate best practices in HVAC maintenance and new innovations also in services sector. Training and certified training programs have been identified as one of the main sectors to be improved EU-wide.

Therefore, international scope in this study is taken into practice by involving the 3 key countries using the gravimetric methods, namely UK, Germany and Italy, and the key influencers in their country HVAC maintenance sector. Due to current travel restrictions the international part is done during autumn 2021 and only the results from two buildings in Finland are presented first.

Since the Part 3 of EN16890 determination of the gravimetric efficiency and the air flow resistance versus the mass of test dust captured, both of which mention particulate matter (PM) and different fractions, it is peculiar that laser particle counter is not used for general ventilation nor in any other normal building IAQ assessment. And yet it has been and still is the main method for clean rooms defined in ISO EN 14644:2014 Airborne Particulate Cleanliness Classes in Cleanrooms and Clean Zones -series.

Therefore, in this study also the amount of particles is measured with a laser particle counter first from outdoor air, indoor ambient air and inside ductwork. Aim is to estimate if the measurement results could be an alternative and/or supporting instrument for the other methods and useful for the cleanliness inspection on-site in general.

Finally in this study the differences between EU standards and guidelines both in Finland and Germany are summarized, especially regarding existing buildings and indoor air quality (IAQ) and cleanliness parameters for HVAC. And since the most decisive and therefore most controversial limit values are the levels of being either

- clean enough (after duct cleaning or new system before taking into operation), or
- too dirty and cleaning should be done.

Only existing systems which have not been cleaned in <5 years were chosen into this study.

In table 1 the framework of this study and the four objectives defined below.

Table 1. Framework of the study and respective accuracy of the methods used.

METHOD / INSTRUMENT USED	ACCURACY OF METHOD or instrument	EXISTING BUILDING, HIGH CLASS	EXISTING BUILDING, MIDDLE CLASS	EXISTING BUILDING, LOW CLASS
		supply/exhaust	supply/exhaust	supply/exhaust
Vacuum test (PVT)	0,1 g/m ²			
Wiping (D-Test)	0,1 g/m ²			
Visual scale	0,1 g/m ²			
Air flow (velocimeter)	10%, liters/sec			
LPC, amount of (0,3µm, 0,5µm, 1,0µm, 2,0µm, 5,0µm) particles / cm ³ of air	0,1 microns (average of 3 counts / place is used)	ambient air only, compared to ISO 7 and 8 class	ambient air only	

1.1. Objective 1 of the study

Simply to make more measurements systematically to provide more data and establish whether there are similar co-efficiency factors found between the 2 gravimetric methods and the visual inspection scale.

1.2. Objective 2

The second objective is to measure the weights of the samples already on-site with 2 different 0,001g accuracy weights/scales (incl. in D-Test package and other one Schinko precision balance) and cross-verify the results from both methods by 2 persons. These results are then compared to results from vacuum method samples sent to laboratory.

1.3. Objective 3

The third objective is to find out how much the measurement results vary between the 2 different persons taking samples. Both persons use both methods in parallel from the same access point, or close-by from same straight duct section.

1.4. Objective 4

The fourth objective is to generate new input and ideas into the field of HVAC ductwork cleaning vs. HVAC hygiene maintenance and its' importance for both human health and HVAC system performance i.e., energy efficiency. This is done by carrying out an extensive literature review and analysis of both scientific publications and hidden information and knowledge in the service companies. Main focus is to find evidence if the verification of

dirtiness could have a proven relation also to the air flows and vice versa, i.e., does the duct cleaning always result into increased air flows also, and if yes how much?

The hidden agenda is to estimate if the vacuum method could be used in a different manner than specified and yet as scientifically viable alternative to be used in the field and if yes, then make a new/updated recommendation for it.

2. METHODS USED

Gravimetric analysis consists of pre-weighing a sample before use and then weighing it again after the sampling has been done. The difference in the two weights determines the dirt amount collected. The 2 other methods with instruments give numeric results also and the average of 3 measurements per place is used. Visual inspection also gives a numeric result, but it is more subjective.

Criteria for the buildings and respective existing HVAC Systems:

- Must be 5-10 years since last cleaned, possibly with a report of the cleaning project
- Must have sufficient number and length of ducts with some turns to reflect a typical duct system including vertical ducts i.e., 2-5 story building, preferably office building or similar
- Blueprints or simple drawing of system is available, or the ductwork is visible for most of its length
- Should not have variable speed fan or, if it does, one that can be shut down during study measurements
- Must be an independent system / AHU, not joined with other systems (e.g., multi-unit chiller system, etc.)
- Should be typical system, without too many added variables such as humidification, heating or cooling coil sections, or other restrictions within ductwork.
- Must have the original designed parameters recorded, printed drawing is sufficient.
- It needs to be relatively dirty, verified by camera robot and/or photos of ducts both outside and inside, preferably close to key components of the system.

2.1. VISUAL INSPECTION WITH PHOTOGRAPHIC CLEANLINESS SCALE

The inspection of air ducts is primarily carried out through the access doors (inspection openings) of the ducts and especially so when using the gravimetric methods for sampling. The sufficient number of inspection points and properly selected locations are the most important factors in regard to the representativeness of the evaluation process. In this study the combination of EVHA recommendation for minimum amounts and the number of vacuum samples needed for reliable data is combined.

For recording all the inspection points, methods, photographs and sample numbering the Finnish HVAC best-practice info card (LVI 39-2016) is used.

The visual cleanliness scale for existing ducts consists of six photographs fixed on an A4-sized sheet of cardboard which display six dust accumulation levels. In this study there is 2 different sheets used, based on the limit levels which require cleaning of existing supply and re-circulation ducts as per EN15780 and Finnish IAQ Guideline 2018 (Table 2).

The selected dust accumulation levels for old round ducts are <0.3; 0.7; 1,5; 3,0; 6,0 and >9,0 g/m² and these figures have been printed on an upper corner of the photographs (appendix 1). The selected dust accumulation levels for old rectangular ducts are <0.2; 1,2; 4,9 g/m² and 3 photos from AHU – problems in components (appendix 2).

Table 2. acceptable cleanliness levels for existing ducts in different types of buildings (modified from EN15780:2011 and Fisiaq 2018)

Cleanliness quality class	EXISTING BUILDING, supply air ductwork	EXISTING BUILDING, recirculation or secondary air ductwork	Finnish IAQ guideline 2018 supply air P1 and P2 classes
Low	< 4,5 g/m ²	< 6,0 g/m ²	not specified
Medium	< 3,0 g/m ²	< 4,5 g/m ²	< 5,0 g/m ²
High	< 0,6 g/m ²	< 3,0 g/m ²	< 2,0 g/m ²

2.2. Vacuum method

In this study both the official method with laboratory analysis and in field measurements are done. A total of 32 samples are analyzed both in laboratory and on-site, 4 samples taken both from supply and exhaust and by two persons in parallel. Field analysis is done with two different 0,001g accuracy scales/balances (one included in D-Test package and other one was Schinko precision balance) and the results from both methods cross-verified by two persons. These results are then compared to results from vacuum method samples sent to laboratory.

2.3. D-Test method a.k.a wiping with cloth and solvent

Also 16 cloth wiping samples is taken per building, 8 by both persons. Determining the starting weight, sampling procedure and analysis will be done according to REHVA Guideline 9:2019 Hygiene requirements for ventilation and air-conditioning and the previous VDI 6022:2015 but with solvent only. The measurement results are compared to previous studies from Germany (AirLess 2000) and United Kingdom (EVHA 2019).

2.4. Laser particle counting and air flow measurements

The particle amounts in 5 channels were recorded, the sizes 0,3µm, (PM0,3) 1,0µm (PM1,0), 2,0µm (PM2,0) and 5,0µm (PM5), and presented in summary table combined from old EN standard 130779 and IDA categories, Co-Plan 2009 info sheet and cleanroom particulate amounts given in ISO 14644. The PM values in Fisiaq 2018 are also compared.

Air flow measurements are done with velocimeter mainly and as per the Finnish best practice info card IVKT 2016. The measurements are reflected to all other method results in order to establish if any correlation is found.

2.5. Literature review concentrating on the Zuraimi 2010 article references

Main focus is to present some of most important studies in broader perspective than the scope of his study. Also, there is new evidence from later studies which are compared to his main arguments.

3. RESULTS FROM THE MEASUREMENTS

The error margin for the gravitational methods is approximately 0,1 g/m². Other variations and risks are due to human error and on-site changing elements. To reduce these effects, both buildings have been combined together and the results from supply and exhaust air ducts also. Supply and exhaust air ducts are only separated in measurement results in which the sampling between 2 persons is compared in Appendix 4.

Wiping with cloth and solvent gives higher weight gain results from duct surfaces with oil residues than the vacuum method (VDI 2015). However, in the first 2 buildings no oil residues were found, and all visible metal and other large debris were removed first with tweezers in order to avoid abnormal increases in weight numbers. Similar correlation was found between the 2 gravitational methods, i.e., approximately 1:4 on average. The measurement results including visual evaluation are in Appendix 5. and the new lowered threshold levels from REHVA 9:2019 are included.

In field vacuum sampling analysis was done both as Matched-Weight Cassettes only and weighing the suction nozzle and cassette together before and after sampling. In case the test sample was not heavier than the control sample, all negative results were recorded as “zero” contamination. There was not any of them in this study because the amount of dust was relatively high, especially in exhaust ducts. Also, there was not any discontinuity between laboratory and in field results. All vacuum sampling results are separately in appendix 6.

Hand-held particle counters are validated for ISO 7 and 8 class cleanrooms “only”. However best offices with 2-stage filtration in AHU can reach these levels. Also, it was found that the conversion from particle amount to the current norm of giving ambient air sampling results in weight per PM size matched. The results and calculation methods for particle amounts into weights are presented in Appendix 7.

Air flow measurements proved to be most time consuming as a method and variation of measurements especially in big ducts (Pitot tube anemometer) was relatively high. All the methods and measurements are summarized in Appendix 8.

4. CONCLUSIONS AND FINDINGS

The D-Test was easy and light to handle. It also gives visually a more noticeable template area than vacuum sampling. Due to waiting time for the solvent to evaporate, it is much slower method in field. However, during the waiting time other measurements can be done.

The correlation between the two methods proved to be close the same as in previous studies i.e., 1:5 on average, and that there is a notable variation in this correlation between relatively clean ducts (<1,0 g/m²) and relatively dirty ducts (>5,0 g/m²). However, this was concluded from first measurements only and final results will be published later.

Air flow measurements proved little correlation to other methods. Therefore, it is useful only for verifying if a damper or similar component is totally closed blocking air into an area. Or for the verification if the planned air flows match the drawings and/or are sufficient for current usage of the rooms/areas.

Main finding from literature review was the occurrence of human error and unplanned happenings when doing either scientific measurements or on-site work, e.g., duct cleaning. This has caused the inconsistency defined by Zuraimi 2010.

Therefore, it is recommended that the annual “normal” maintenance services for HVAC shall be done in conjunction right after the duct cleaning which shall followed by balancing of air flows if abnormalities are verified by the inspection and/or cleaning company.

Finally, the argument stated both in REHVA Guideline 9:2019 and VDI training materials that there was no vacuum sampling equipment available in the market 2000-2020, was found to be incorrect, e.g., Millipore and NADCA has had them available.

REFERENCES

ISO and EU standards:

EN 15780:2011 Cleanliness of ventilation systems.

EN 16798:2016 Energy performance of buildings - Ventilation for buildings.

ISO EN 16890:2017 - Air filters for general ventilation.

ISO 14644:2014 Airborne Particulate Cleanliness Classes in Cleanrooms and Clean Zones.

Publications:

Asikainen V., Holopainen R., Jalonon T. et. al. 2003. The verifying concept for the cleanliness of HVAC systems. Proceedings of the Healthy Buildings 2003 Singapore. pp. 321–326.

Asikainen V., Holopainen R. and Pasanen P. 2005. Finnish HVAC maintenance good-practice 39-10409. The visual inspection method for cleanliness of the ventilation systems. In Finnish.

EVHA (2005) Ventilation Hygiene Guideline 2005. European Ventilation Hygiene Association. London, UK.

FiSIAQ. 2018. The Classification of Indoor Climate 2018. FISIAQ publication 5E. The Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate (FiSIAQ). Espoo. Finland.

Fitzner K, Müller B, Küchen V & al. 2000. Final Report Task 2 of AIRLESS. Design, Operation and Maintenance Criteria for Air Handling Systems and Components for better Indoor Air Quality and Lower Energy Consumption, Pre-normative Research.

Holopainen R., Asikainen V., Pasanen P. and Seppänen O. 2002. The field comparison of three measuring techniques for evaluation of the surface dust level in ventilation ducts. Indoor Air. Vol 12. pp 47-54.

Pasanen P., et al. 1991. Methods for evaluating dust accumulation in ventilation ducts. Proceedings of IAQ'91 Healthy Buildings, pp 379-382. ASHRAE, Atlanta, USA.

REHVA Guidebook 9:2019. Hygienic requirements for HVAC ventilation and air conditioning systems. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations.

VDI 6022:2015. Hygienic standards for ventilation and conditioning systems, Office and assembly rooms. VDI 6022 Parts 1-4. Germany.

Zuraimi M.S. 2010. Is ventilation duct cleaning useful? A review of the scientific evidence. Review Article. Article first published online 18 July 2010. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.2010.00672.x/abstract>, 13.9.2010

White papers and web sites:

EVHA 2019 Wiping with cloth and liquid – comparison test in the field with vacuum test. White paper published by European Ventilation Hygiene Association <https://www.evha.eu>

<https://www.merckmillipore.com/FI/en>

www.nadca.com

Julkiset palvelurakennukset

<i>Detecting of moisture and mould damage from Finnish public buildings</i> Petri Annila	50
<i>1970-luvulla valmistuneen päiväkodin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Jani Niemi	56
<i>1980-luvun lopulla valmistuneen päiväkodin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Johanna Honkala	62
<i>1980-luvulla valmistuneen hammashoitolan kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Teppo Tervo	68
<i>1960-luvulla valmistuneen koulurakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus</i> Jaakko Jääskeläinen	74
<i>Ennakoivan sisäilmatoiminnan kehittäminen osaksi Tampereen kaupungin palvelurakennuksien ylläpitoprosessia</i> Jenni Rämälä	80

KOSTEUS- JA MIKROBIVAVURIOIDEN HAVAITSEMINEN SUOMALAISISTA PALVELURAKENNUKSISTA

Petri Annila

Terveet talot Oy

TIIVISTELMÄ

Sisäilmaongelmien sekä kosteus- ja mikrobivaurioitumisen tiedetään vaivaavan suomalaista rakennuskantaa. Tutkimuksessa asiaa lähdettiin selvittämään kuntien hallinnoimien palvelurakennusten kosteus- ja mikrobivaurioitumisen näkökulmasta. Tutkimusaineisto muodostui julkisten palvelurakennusten kosteus- ja sisäilmateknisistä kuntotutkimuksista. Tutkimuksen tarkoituksena on hankkia lisätietoa kosteus- ja mikrobivaurioitumisen ehkäisemiseksi.

1. JOHDANTO

Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisussa vuodelta 2012 on tunnistettu rakennusten kosteus- ja mikrobivaurioitumisen kansallisesti merkittävä negatiivinen vaikutus. Myös Maailman terveysjärjestö WHO on tunnistanut mikrobit yhdeksi keskeiseksi tekijäksi huonon sisäilmalaadun muodostumisessa. Sisäilmaongelmat ovat monimutkainen kokonaisuus ja yksittäisenkin rakennuksen ongelmien ratkaiseminen edellyttää yleensä laajaa ja monialaista osaamista. Tutkimuskysymyksien asettelussa on kuitenkin nähty perustelluksi keskittyä tässä tutkimuksessa vain rakennusosien kosteus- ja mikrobivaurioitumiseen ja jättää muut sisäilman epäpuhtaudet ja haittavaikutukset tarkastelun ulkopuolelle. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia suomalaisen palvelurakennuskannan kosteus- ja mikrobivaurioitumista sekä vaurioiden toteamiseen käytettyjä ja käytettäviä menetelmiä.

2. TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TUTKIMUSAINESTO

Suoritettu tutkimus kohdistui kuntien hallinnoimaan palvelurakennuskantaan Suomessa. Tutkimusaineisto sisälsi muun muassa kouluja, päiväkoteja, toimistoja sekä sosiaali- ja terveysalan rakennuksia. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia palvelurakennuskannan kosteus- ja mikrobivaurioitumista sekä etsiä keinoja ehkäistä sisäilmaongelmia ja parantaa tästä näkökulmasta rakennusten pitkäaikaista kestävyyttä. Tutkimuksessa selvitettiin, kuinka tilastollista aineistoa aiemmista vaurioista voidaan hyödyntää estämään vaurioitumista tulevaisuudessa ja kuinka luotettavasti kevyellä aistinvaraisella katselmuksella voitaisiin tunnistaa kosteus- ja mikrobivaurioitumista eri rakennusosista.

Tutkimukseen asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

- a) Miten laajoja kosteus- ja mikrobivauriot ovat rakennuskannassa ja onko eri rakennusosien vaurioitumisessa eroja?
- b) Kuinka rakennuksen ikä tai rakennusmateriaalit vaikuttavat vaurioitumiseen?
- c) Millä menetelmillä rakennusosien vaurioituminen on todettu kosteus- ja sisäilmateknisissä kuntotutkimuksissa?
- d) Kuinka luotettava visuaalinen katselmus on verrattuna perusteelliseen kuntotutkimukseen? Missä rakenteissa vauriot todennäköisimmin ovat piileviä?

Tutkimusaineisto koostuu rakennuksista, joissa on sisäilmaongelmia tai joiden tiedetään olevan muista syistä lähestymässä peruskorjausikää. Yleisenä ongelmana tieteellisissä tutkimuksissa on ollut, ettei kiinteistönomistajat päästä tutkimaan rakennuksia, joissa ei ole toistaiseksi koettu merkittäviä ongelmia. Rakennuskannan kunnon selvittäminen onkin määritetty yhdeksi tavoitteeksi myös Terveet tilat 2028 -ohjelmassa.

Tutkimusaineistosta iso osa on Suomen suurien kuntien rakennuskantaa edustavia. Tutkimuksia on alun perin ollut suorittamassa kaikki merkittävät kosteus- ja sisäilmateknisiä kuntotutkimuksia Suomessa suorittavat yritykset. Tutkimusaineisto edustaa siten yleistä suomalaista tutkimustapaa painottuen niille alueille minne myös rakennuskanta painottuu.

3. TULOKSET

3.1. Kuntotutkimusten vaatima aika

Kosteus- ja sisäilmatutkimusten suorittamiset ovat olleet tutkimusraporttien perusteella melko hitaita prosesseja, jossa olisi selkeästi kehittämisen varaa (Annala et al., 2016). Tähän heijastuu todennäköisesti osin se, että päiväkotij- ja koulurakennuksissa tutkimukset ovat aiemmin painottuneet kesälomakautteen. Kuntotutkimusraportteihin kirjattujen päivien avulla arvioitiin tutkimuksen kestoa kolmesta näkökulmasta:

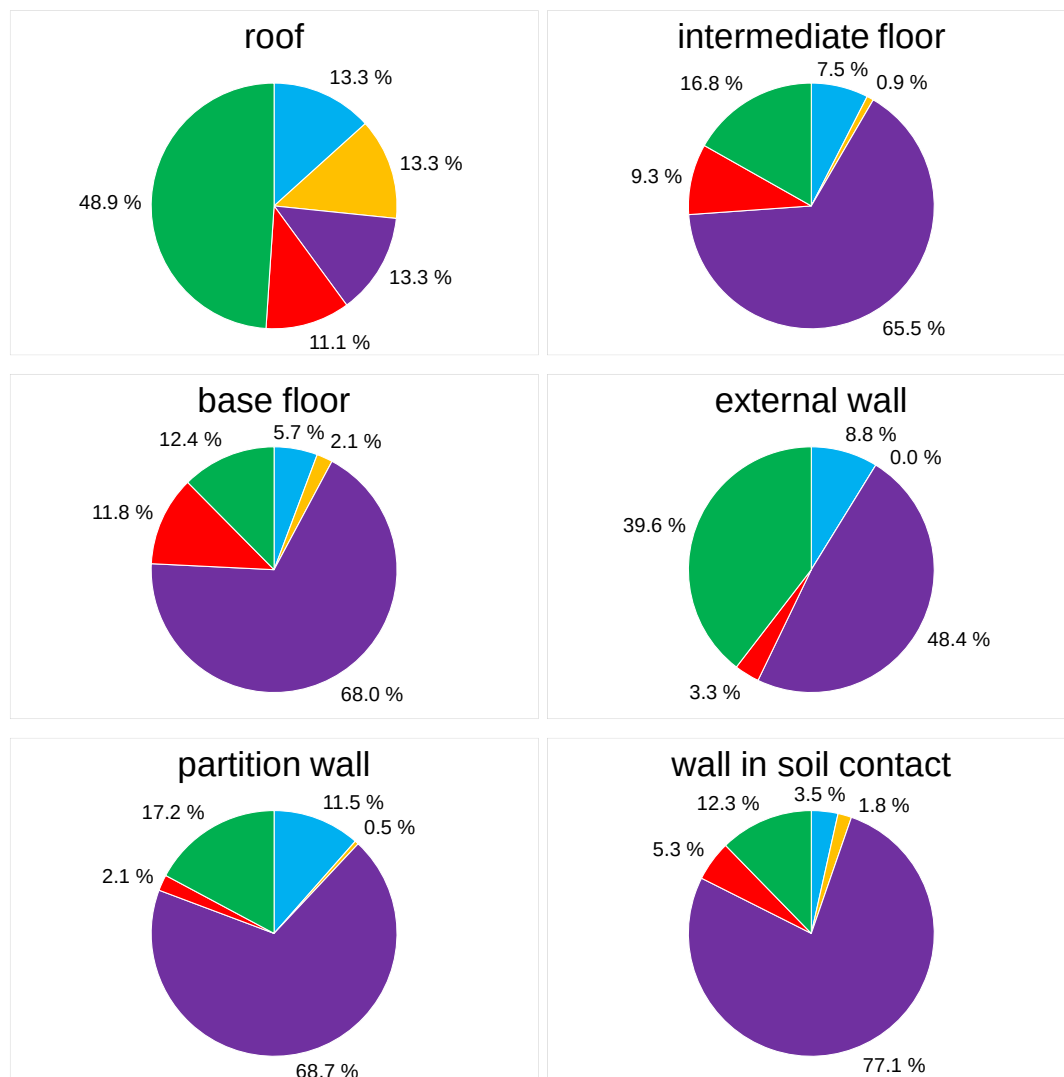
- 1) tutkimussuunnitelmasta tai tarjouksesta kenttätutkimukseen
- 2) kenttätutkimuksesta raportin valmistumiseen
- 3) tutkimussuunnitelmasta tai tarjouksesta raportin valmistumiseen.

Tutkimusaineistossa 42,9 % tapauksista tutkimuksen kokonaiskesto (vaihtoehto 3) oli yli 6 kuukautta. Tutkimusten hidas valmistuminen osaltaan tarkoittaa pidempää altistumisaikaa.

3.2. Kosteus- ja mikrobivaurioiden toteamiseen käytetyt menetelmät

Kosteus- ja mikrobivaurioita voidaan kuntotutkimuksissa todeta useilla eri menetelmillä. Kuntotutkimusraporttien perusteella havaintojen määrässä korostuvat erityisesti pintakosteusmittaukset (Annala et al. 2016). Pintakosteusmittauksia varmistetaan kuitenkin myös tarkemmin tutkimuksin, mutta tarkastelupisteiden ja laajuuden määrässä ero menetelmien käytössä on suuri.

Eri rakennusosien tutkimisessa on kuitenkin suuria eroja, kuten kuvasta 1 havaitaan. Tämä heijastaa kuntotutkijoiden tapaa käyttää kulloinkin parasta tutkimusmenetelmää tutkittavan rakennetyypin mukaan. Kerroksellisissa rakenteissa kuten tasakatoissa ja useassa ulkoseinärakenteessa rakenneavaukset ja näiden kautta tehtävät mittaukset ja näytteenotot voivat olla ainoita keinoja vaurioiden havaitsemiseen.



- Criteria I: Mould damage, visible to the naked eye without magnification.
- Criteria II: Unrepaired, active water leakage detrimental to the structure or building material that it wets.
- Criteria III: A structure or building material found to be moist, extremely moist or wet by a surface moisture detector based on a five-step assessment scale: dry, a little moist, moist, extremely moist and wet.
- Criteria IV: Relative humidity of the structure exceeds 80% in a drill-hole measurement.
- Criteria V: A material sample shows active microbial (fungal or bacterial) growth. The fungal and bacterial colonies are determined by dilution plating MEA (2% malt extract agar) agar, DG18 (dischloran 18% glycerol agar) or TYG (tryptone glucose yeast) agar.

Kuva 1. Kosteus- ja mikrobivaurioiden havaitsemiseen käytetyt menetelmät eri rakennusosien kohdalla.

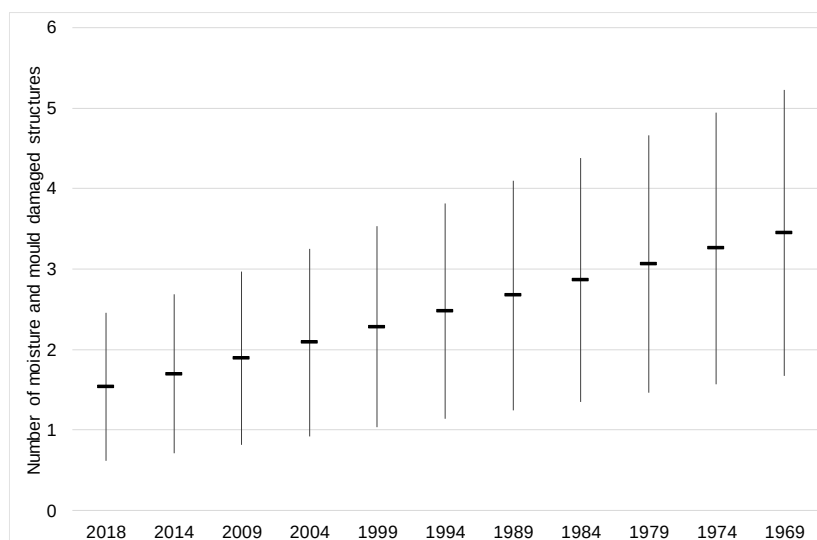
3.3. Kosteus- ja mikrobivaurioiden laajuus

Todettujen kosteus- ja mikrobivaurioiden laajuutta eri rakennusosissa selvitettiin osana tutkimusta. Tutkimus osoittaa, että todetut vauriot ovat enemmän luonteeltaan pistemäisiä kuin laaja-alaisia koko rakennusta tai rakennusosaa koskevia (Annala et al. 2107). Rakennusten välillä on kuitenkin suuria eroja. Tämä asettaa haasteita kuntotutkimuksiin, sillä tutkimuspisteiden määrän tulee olla riittävän suuri ja tutkimusten tulee kokonaisuutena olla riittävän laajoja, jotta ongelmat havaitaan riittävän luotettavasti. Todetun vauriolaajuuden osalta on tärkeä ottaa huomioon, että todettu vauriolaajuus harvoin vastaa yksiselitteisesti korjauslaajuutta, eli jos riskirakenne on vaurioitunut esimerkiksi 5/10 tutkimuspisteistä, on se silti todennäköisesti järkevää korjata kauttaaltaan. Tämän takia vaurioiden korjaaminen vain pistemäisesti on harvoin perusteltua.

3.4. Rakennusten moniongelmaisuus

Tutkimus osoittaa, että rakennukset ovat kosteus- ja mikrobivaurioitumisen näkökulmasta moniongelmaisia siinä vaiheessa, kun kuntotutkimuksia suoritetaan (Annala et al. 2018). Tämä tarkoittaa sitä, että on todennäköistä, että kosteus- ja mikrobivaurioitumista tullaan havaitsemaan useasta rakennusosasta. Rakennuksen ikä vaikuttaa lähes lineaarisesti vaurioiden määrään: mitä vanhempi rakennus on sitä enemmän vaurioita esiintyy. Tutkimusaineiston vanhimmat rakennukset poikkeavat tästä, mutta tätä selittää todennäköisesti se, että huonokuntoisimmat vanhat rakennukset eivät enää ole käytössä ja näitä rakennuksia on todennäköisesti jo korjattu ennen kuntotutkimuksen suorittamista, eikä rakennusvuosi siten ole enää rakennuksen elinkaaren vaihetta parhaiten kuvaava tekijä.

Aineiston perusteella voidaan esittää arvio, joka kuvaa eri ikäisissä rakennuksissa vaurioituneiden rakennusosien lukumäärää ja tämän vaihtelua. Tämä kuvaaja on esitetty kuvassa 2. Arviomallin laajempi käyttö kuitenkin edellyttäisi perusteellisempaa tutkimusta.



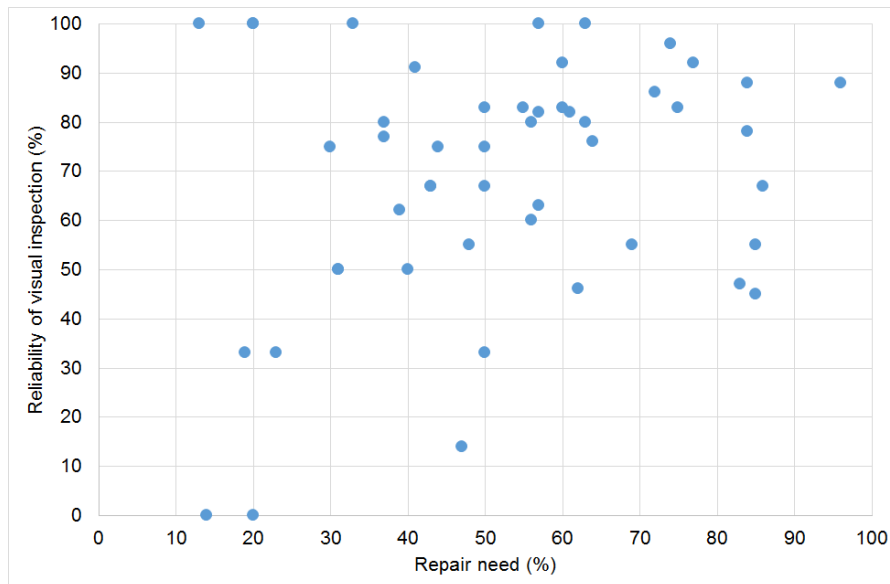
Kuva 2. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusosien lukumäärä ja vaihteluväli eri ikäisissä rakennuksissa.

3.5. Kosteus- ja mikrobivaurioiden yleisyys eri rakennusosissa

Tutkimuksen perusteella kosteus- ja mikrobivauriot ovat yleisiä maata vasten sekä lähellä maata olevissa rakenteissa (Annila et al. 2018). Betonirunkoisten rakennusten ulkoseinien vauriot myös korostuvat. Tätä selittää osaltaan pilari-palkkirunkoisten rakennusten vaihtelevat julkisivumateriaalit ja tähän liittyvä rakenteen kosteustekninen toimimattomuus.

3.6. Katselmuksen luotettavuus vaurioiden tunnistamisessa

Tutkimuksen perusteella kosteus- ja mikrobivauriot voidaan merkittävältä osin tunnistaa kevyessä aistinvaraisessa katselmuksessa, jossa suoritetaan pintakosteusmittaukset (Annila et al. 2020). Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty korjaustarpeen sekä katselmuksen luotettavuuden suhdetta. Kuvaajan muoto on oikea: korjaustarpeen ollessa korkea, myös kevyen katselmuksen luotettavuus saavuttaa hyvän tason.



Kuva 3. Visuaalisen katselmuksen luotettavuuden ja korjaustarpeen välinen suhde.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Aiemmista kosteus- ja sisäilmateknisistä kuntotutkimuksista saatavaa tilastollista tietoa voidaan hyödyntää arvioitaessa olemassa olevan rakennuskannan kosteus- ja mikrobivaurioitumista. Tutkimus kuitenkin selkeästi osoittaa rakennusten välillä esiintyvän suurta vaihtelua, eikä vaurioitumista voida siten perustaa yksistään tilastolliseen aineistoon.

Kosteus- ja mikrobivauriot ovat luonteeltaan useammin pistemäisiä kuin laaja-alaisia, vaurioita esiintyy todennäköisesti useissa rakennusosissa ja osa vaurioista on piileviä. Nämä asettavat haasteita kuntotutkimuksen suorittamiseen. Tutkimusten tulee olla riittävän laajoja, jotta korjaussuunnittelua varten saadaan hankittua tarpeelliset lähtötiedot.

Tilastolliseen aineistoon voidaan yhdistää erilaisia riskitarkasteluja, kuten riskirakenteisiin liittyvät tarkastelut. Kun tähän tietoon yhdistetään kevyet visuaalinen katselmus, saadaan kerättyä merkittävää tietoa rakennuksen kunnosta ja tämä auttaa käynnistämään kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset oikeaan aikaan.

KIITOKSET

Tämä tiivistelmä on laadittu rakennusterveysasiantuntijan opintoihin liittyen hyödyntäen neljää lähteenä mainittua tieteellistä julkaisua sekä toistaiseksi julkaisematonta näitä koskevaa väitöskirjaa Detecting moisture and mould damage in Finnish public buildings.

Kiitokseni osoitan väitöstutkimukseni ohjaajille Jukka Lahdensivulle ja Matti Pentille Tampereen yliopistolta. Lisäksi haluan kiittää kaikki niitä yrityksiä ja kaupunkia, jotka ovat osallistuneet työhön liittyviin tutkimuksiin sekä luovuttaneet aineistoa tutkimuskäyttöön. Erityiskiitokset kuuluvat Tampereen yliopistolle, Kiinkolle, KAUTE-säätiölle, Jenny ja Antti Wihurin säätiölle sekä Yrjö ja Senja Koivusen säätiölle, jotka ovat osallistuneet tutkimuksen rahoittamiseen ja mahdollistamiseen.

LÄHDELUETTELO

Annala, P. J., Lahdensivu, J., Suonketo, J. & Pentti, M. 2016. Practical Experiences from Several Moisture Performance Assessments. J.M.P.Q. Delgado (ed.), Recent Developments in Building Diagnosis Techniques, Building Pathology and Rehabilitation 5, pp. 1-20.

Annala, P. J., Hellemaa, M., Pakkala, T. A., Lahdensivu, J., Suonketo, J. & Pentti, M. 2017. Extent of moisture and mould damage in structures of public buildings. Case Studies in Construction Materials 6 (2017) 103-108.

Annala, P. J., Lahdensivu, J., Suonketo, J., Pentti, M. & Vinha, J. 2018. Need to repair moisture- and mould damage in different structures in Finnish public buildings. Journal of Building Engineering 16 (2018) 72-78.

Annala, P. J. & Lahdensivu, J. 2020. Reliability of the detection of moisture and mould damage in visual inspections. 12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB 2020) E3S Web Conf. Volume 172, 2020. 7 p.

PÄIVÄKOTI TUULENPESÄ, ULVILA

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUSRAPORTTI

Jani Niemi

Sarako Oy

TIIVISTELMÄ

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää korjaustarpeita ja lähtötietoja peruskorjauksen suunnittelua varten.

Tutkimuksen kohteena on vuonna 1974 valmistunut päiväkotirakennus, joka on pääosin alkuperäisessä kunnossa. Rakennukseen on uusittu pintarakenteita, piha-alueita, vesikattoa sekä ilmanvaihtojärjestelmää. Rakennus on yksikerroksinen, pilariperusteinen, ja sen alapohja on tehty teräsbetonikannattajien varaan. Rakennuksessa on betoninen kaksoislaatta-alapohja. Eteisosassa on maanvarainen betonilaatta ilman eristettä. Eteistilan ulkoseinärakenne arvioidaan poikkeavan alkuperäisestä rakenteesta. Rakennuksen ikkunat ovat alkuperäisiä kaksilasisia kiinteitä umpilaselementtejä. Rakennuksen kattomuoto on muutettu vuonna 2000 loivasti kallistetusta tasakattoisesta aumakattoiseksi. Vesikaton katemateriaalina on profiilipelti aluskatteella sekä ulkopuolisella sadevedenpoistolla.

Tutkimuksessa pintalaatan ja pystyrakenteiden liitoskohtien epäjatkuvuuskohdista todettiin ilmavuotoreittejä sisäilmaan. Ulkoseinässä todettiin valesokkelirakenne sekä tiili-villa-tiilirakenne. Ulkoseinän mineraalivillasta otetuissa materiaalinäytteissä ei laboratorioanalyysin perusteella katsottu esiintyvän mikrobikasvustoa. Ulkoseinärakenne on puutteellisesti tuulettuva ja sen eristetilasta todettiin ilmavuotoa sisätilaan. Käytävällä on laskettu kattorakenne rei'itetyistä paneeleista, joiden päällä on mineraalivillaeiste. Lasketut kattorakenteet voivat toimia sisäilman mineraalikuitujen lähteinä. Yläpohjatilassa todettiin kaksi vahinkoaluetta. Vahinkoalueille on vuotanut vettä vesikaton kulkuaukon rakenteesta. Yläpohjan eristetilasta todettiin ilmavuotoa sisätilaan. Tutkimuksen perusteella laadittiin toimenpidesuosituksia peruskorjausta varten.

1. JOHDANTO

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää korjaustarpeita ja lähtötietoja päiväkodin peruskorjauksen suunnittelua varten. Tutkimuksen tarkoituksena on riippumattomasti osoittaa kiinteistön epäkohdat ja niiden vaikutukset sisäilman laatuun.

Tutkimukset toteutettiin tutkimussuunnitelman pohjalta, jonka lähtötiedoiksi kohteessa tehtiin katselmus ja pintakosteuskartoitus sekä käytiin läpi saatavilla ollut lähtötietoaineisto.

2. KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

Rakennus on valmistunut 1974 ja sen on koko elinkaarensa palvellut päiväkotikäytössä. Rakennuksen kerrosala on 820 m². Rakennus on yksikerroksinen ja pilariperusteinen. Alapohja on tehty teräsbetonikannattajien varaan. Rakennuksessa on betoninen kaksoislaatta-alapohja. Eteisosassa on maanvarainen betonilaatta ilman eristettä. Ulkoseinät ovat tiili-villa-

tiilirakenteisia. Rakennuksessa on ollut vuoteen 2000 asti loivasti kallistettu tasakatto. Vuonna 2000 rakennukseen on toteutettu aumakatto. Vesikaton katemateriaalina on profiilipelti aluskatteella sekä ulkopuolisella sadevedenpoistolla. Rakennuksen ikkunat ovat alkuperäisiä kaksilasisia kiinteitä umpilaselementtejä.

3. MERKITTÄVIMMÄT TULOKSET

3.1. Piha-alueet ja kuivatusjärjestelmä

Rakennuksen kaksi kylkeä ovat nurmialuetta, joissa seinän vierustalle on asennettu sorastus. Rakennuksen sisäpiha-alue on pääsääntöisesti hiekkaa. Rakennuksen vierusta kallistaa maltillisesti pois päin rakennuksesta. Salaojajärjestelmän tarkastuskaivoja ei havaittu rakennuksen ympärillä. Rakennuksen sadevedet johdetaan syöksytorvista sadevesijärjestelmään. Suositeltavat teettää salaojajärjestelmän kuntotutkimus.

3.2. Alapohja

Alapohjarakenteena on pääsääntöisesti betoninen kaksoislaatta-alapohja. Alapohja on tehty teräsbetonikannattajien varaan. Rakenne on kantava. Asiakirjatarkastelun perusteella sisäpihan sisäkulman eteistila on alun perin ollut ulkotilaa. Eteistilan alapohjarakenne on leikkauskuvan perusteella maanvarainen betonilaatta. Rakenteeseen ei ole suunniteltu lämmöneristettä. Tutkimuksissa rakenteen todettiin vastaavan lähtötietoaineistossa esitettyä kaksoislaattarakennetta. Havaintojen perusteella rakennuksen alapuolinen täyttö on laskenut.

Lattiapinnoitteen alta ei todettu kohonneita kosteuspitaisuuksia viiltomittausten perusteella. Viiltomittauspisteet sijoitettiin pintakosteudenosoittimella suoritettujen tarkastelujen tulosten perusteella. Alapohjan eristetilasta suhteellista kosteutta mitattiin hetkellisesti. Mittausten perusteella ei todettu viitteitä putkivuodosta tai merkittävästi koholla olevasta suhteellisesta kosteudesta. Pintalaatan ja pystyrakenteiden (ulkoseinien sisäkuoret, väliseinät) liitoskohtien epäjatkuvuuskohdista todettiin ilmavuotoreittejä sisäilmaan. Pohjalaatan tiiviyyttä ei tarkasteltu. Pohjalaatta arviottiin kohtalaisen tiiviiksi, lukuun ottamatta läpivientejä ja liikuntasauvoja.

Suosittelavaa selvittää peruskorjauksen lähtötiedoiksi märkätilojen rakennekerrokset ja mahdolliset haitta-aineet, paine-eromittaus alapohjan ilmatilan ja sisäilman välillä sekä LVI-järjestelmän kuntotutkimus.

3.3. Sokkeli

Sokkelin ulkopinnassa on arviolta alkuperäinen bitumisively vedeneristeenä sekä arviolta 2000-luvulla asennettu perusmuurilevy. Rakennuksen sokkelin halkaisussa on havaintojen perusteella käytetty EPS-eristettä. Rakenne todettiin vastaavan vuoden 1974 rakenneleikkausta.

Salaojaremontin yhteydessä suositeltavaa uusia ulkopuolinen vedeneristys.

3.4. Ulkoseinärakenne

Alkuperäisessä ulkoseinässä todettiin valesokkelirakenne sekä tiili-villa-tiilirakenne ja ulkoseinän alaosassa on ns. valesokkelirakenne. Uudemman seinän rakenteen arvioidaan

poikkeavan alkuperäisestä rakenteesta. Havaintojen perusteella alaosa rakenteesta on toteutettu harkoilla. Tiilijulkisivussa oli nähtävissä halkeamia. Ulkoseinän mineraalivillasta otetuissa materiaalinäytteissä ei laboratorioanalyysin perusteella katsottu esiintyvän mikrobikasvustoa. Ulkoseinärakenne on puutteellisesti tuulettuva. Osassa ulkoseinää on ikkunaelementtejä. Ulkoseinärakenteessa todettiin kohta, jossa oli suunniteltua vähemmän eristettä. Mikäli rakenteessa on isoja aloja eristetty puutteellisesti, vaikuttaa se merkittävästi rakenteen eristävyysominaisuuksiin.

Rakennuksen ikkunat ovat alkuperäisiä kaksilasisia kiinteitä umpilaselementtejä. Ikkunat ovat tyydyttävässä kunnossa. Ulkoseinärakenteen eristetilasta todettiin ilmavuotoa sisätilaan. Ilmavuotoreitteinä ovat ulkoseinien sisäkuorten liitokset muihin rakenteisiin (ikkunat ja ikkunapenkit, alapohja). Ilmavuodot olivat luonteeltaan merkittäviä. Rakennus oli paine-eroseurannan perusteella alipaineinen. Alipaineisuus voi aiheuttaa hallitsemattoman korvausilman ja sen mukana rakenteellisten epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.

Suosittelavaa uusia peruskorjauksen yhteydessä rakennuksen ulkoseinärakenne.

3.5. Välipohjarakenteet

Asiakirjatarjastelun sekä kenttätutkimuksien perusteella IV-konehuoneen välipohjaan ei nähty tarvetta kohdistaa tutkimuksia. Käytävällä on laskettu kattorakenne rei'itetyistä paneeleista, joiden päällä on mineraalivillaeriste. Lasketut kattorakenteet voivat toimia sisäilman mineraalikuitujen lähteinä.

Suosittelavaa uusia peruskorjauksen yhteydessä alakattorakenteet.

3.6. Väliseinät

Tiilimuurattu väliseinä todettiin lähtevän alapohjan pohjalaatan päältä. Väliseinien pintakosteusmittauksissa ei havaittu viitteitä kapillaarisesta kosteuden noususta.

Suosittelavaa selvittää peruskorjauksen lähtötiedoiksi märkätilojen rakenteet.

3.7. Yläpohja ja vesikatto

Rakennuksen kattomuoto on muutettu vuonna 2000 tasakattoisesta aumakattoiseksi. Vesikaton katemateriaalina on profiilipelti aluskatteella sekä ulkopuolisella sadevedenpoistolla. Rakennuksen alkuperäisen yläpohjarakenteen tuulettuvuutta on parannettu avaamalla kermikatetta/aluslaudoitusta. Yläpohjatilan puiset runkorakenteet ja ruodelaudoitukset havaittiin pääosin hyväkuntoisiksi ja yläpohjan mineraalivillaeristeestä otetuissa materiaalinäytteissä laboratorioanalyysin perusteella ei katsottu esiintyvän mikrobikasvustoa.

Yläpohjatilassa todettiin kaksi vahinkoaluetta. Vahinkoalueille on vuotanut vettä vesikaton kulkuaukon rakenteesta. Yläpohjatilassa oli laudanpätkiä ja muuta sinne kuulumatonta rakennusmateriaalijätettä. Yläpohjan ilmatiiviyyttä tarkasteltiin kahdesta kohdasta. Yläpohjan eristetilasta todettiin ilmavuotoa sisätilaan. Ilmavuotoreitteinä ulkoseinän sisäkuorten ja väliseinän liitokset muihin rakenteisiin (ikkunat ja katto) sekä yläpohjan läpiviennit. Rakennus

oli paine-eroseurannan perusteella alipaineinen. Alipaineisuus voi aiheuttaa hallitsemattoman korvausilman ja sen mukana rakenteellisten epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.

3.8. Sisäilman epäpuhtausmittausten tulokset

Tutkimuksessa havaittiin käytävän lasketun katon rakenteessa sekä ikkunoiden karmieristeenä mineraalivillaeristettä. Avoimista villapinnoista saattaa päästä sisäilmaan mineraalivillakuituja. Kerättyjen kuitunäytteiden perusteella kuitupitoisuudet olivat matalia eivätkä ylittäneet asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoa, lukuun ottamatta aulatilaa kerättyä näytettä.

3.9. Ilmanvaihto- / LVI-järjestelmän kuvaus

Rakennuksen tuloilmakone ja poistoilmapuhaltimet ovat vuodesta 2000. IV-järjestelmässä ei tarkastuksen perusteella havaittu merkittävää likaantumista. Kohteen LVV-järjestelmä on alkuperäinen ja teknisen elinkaarensa loppupuolella. Putkistojen vanhetessa niiden vesivuotoriski kasvaa.

3.10. Paine-eromittaukset

Paine-eromittausten perusteella paine-ero sisäilman ja ulkoilman välillä ei ylittänyt toimenpiderajaa. Mittauksissa havaittiin paine-erovaihtelua, joka arviotiin johtuvan IV-koneiden käyntiajoista. Paine-erovaihtelu oli vähäistä.

3.11. Sisäilman olosuhdemittaukset

Olosuhdemittauksissa lämpötilat rakennuksen sisätiloissa vaihtelivat 18,2–23,6°C välillä. Lämpötila laski alle ”Asumisterveysasetus 545/2015” -toimenpiderajan (+20°C) lämmityskaudella huonetilan 09 mittapisteessä OS3. Alhainen lämpötila ajoittui aamuun. Lämpötila oli käytön aikana pääsääntöisesti käytön aikana toimenpiderajojen sisällä.

Sisäilman suhteellinen kosteus vaihteli tiloissa mittausjakson aikana noin 21–69 RH% välillä. Sisäilman suhteellinen kosteus arvioitiin seuraavan ulkoilman suhteellista kosteutta. Sisätilojen hiilidioksidipitoisuus päivätasolla vaihteli pääosin 400–1200 ppm välillä, riippuen tilojen käytöstä. Pitoisuudet eivät ylittäneet ”Asumisterveysasetus 545/2015” -toimenpideraja-arvoa.

4. YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimusten perusteella suositellaan seuraavia toimenpide-ehdotuksia:

4.1. Piha-alueet ja kuivatusjärjestelmät

- Salaojajärjestelmän kuntotutkimus: sijainti, korko sekä täytön maalajit tulee selvittää.
- Salaojajärjestelmä tulee uusiksi, mikäli se on alkuperäinen.
- Mikäli salaojajärjestelmää on saneerattu, tulee järjestelmän tekninen käyttöikä arvioida sekä toteuttaa mahdolliset parannus- ja huoltotyöt (mm. tarkastuskaivojen asennus, järjestelmän huuhtelu).

4.2. Alapohja

- Peruskorjauksen lähtötiedoiksi tulee selvittää:
 - Märkätilojen rakennekerrokset sekä mahdolliset haitta-aineet sekä asbestipitoiset materiaalit.
 - Eteisosan alapohjan rakennekerrokset.
 - Paine-eromittaus alapohjan tyhjäntilan ja sisäilman välillä
 - LVI-järjestelmän kuntotutkimus sisältäen viemärien sijainnin.
- Peruskorjauksen yhteydessä:
 - Rakenteen ilmatiiviys varmistetaan reuna-alueiden, väliseinien, läpivientien ja halkeamien tiivistyskorjauksin.
 - WC- ja märkätilojen perusteellinen saneeraus.

4.3. Sokkelit

- Peruskorjauksen lähtötiedoiksi tulee selvittää:
 - Laajennusosan (eteisosa) sokkelirakenne sekä perustamistapa.
 - Perusmuurilevyn asennustapa salaojajärjestelmän kuntotutkimuksen yhteydessä.
- Salaojaremontin yhteydessä:
 - Ulkopuolisen vedeneristyksen uusiminen.
 - Vanhan bitumisivelyn asbesti- ja haitta-ainepitoisuudet tulee selvittää ennen saneeraustoimia.

4.4. Ulkoseinärakenne

- Peruskorjauksen lähtötiedoiksi: Uudisosan / eteisosan ulkoseinärakenteen selvittäminen
- Peruskorjauksen yhteydessä: Ulkoseinärakenteen uusiminen

4.5. Välipohjarakenteet

- Seuraavan peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa uusia lasketut kattorakenteet.

4.6. Yläpohja- ja vesikattorakenteet

- Vesikatteen kulkuaukkojen rakenteellista tiivyyttä on suositeltavaa parantaa.
- Vahinkoalueilta on suositeltavaa uusia eriste- ja rakennusmateriaalit tarvittavalta laajuudeltaan. Työn toteutus tulee suorittaa erillisen suunnitelman perustella.
- Seuraavan peruskorjauksen yhteydessä on suositeltavaa parantaa yläpohjarakenteen ilmatiivyyttä. Ilmatiiviyden parantaminen edellyttää uusittua höyrynsulkukerrosta. Suositellaan yläpohjarakenteen uusimista.
- Mineraalivillakuitunäytteet: Suositellaan suorittamaan rakennukseen suunnitellusti kuitusiivous. Siivouskerran / -kertojen jälkeen on suositeltavaa seurata sisäilman kuitupitoisuutta.

4.7. Paine-eromittaukset

- Suositeltavaa selvittää IV-järjestelmän käyntiajat sekä siihen liittyvä eri tulo- ja poistoilmakoneiden yhteistoiminta, rakennuksen kokonaisilmataaset sekä rakennusautomaatiojärjestelmän toimivuus.

4.8. Olosuhdemittaukset

- Suositeltava selvittää lämmitysjärjestelmän toiminta ja riittävyys.
- Yhden huonetilan tuloilmanjako on syrjäyttävä. Huonetilan ilmanjakotavan tarkoituksenmukaisuus on suositeltavaa selvittää.

Korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi on suositeltavaa teettää salaojajärjestelmän kuntotutkimus, LVI-kuntotutkimus sekä rakennuksen asbesti- ja haitta-ainetutkimus.

5. KIITOKSET

Haluan kiittää Harri Särkipajua yhteistyöstä opinnäytetyöhön liittyen. Kiitokset opinnäytetyön ohjaajille Virpi Viitalalle ja Veli-Matti Pietariselle.

6. LÄHDELUETTELO

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016.

Ympäristöministeriö, Helsinki. Saatavana:

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517>

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. 2019. Ympäristöministeriö, Helsinki. Saatavana: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161855>

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

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, Asumisterveysasetus, Ohje 8/2016, Valvira. Saatavana: <http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa I-V, Asumisterveysasetus, Ohje 8/2016, Valvira. Saatavana:

<http://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

LVI 39-10409. 2007. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastus. Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut.

PÄIVÄKOTIRAKENNUKSEN KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Johanna Honkala

Raksystems Insinööritoimisto Oy

TIIVISTELMÄ

Kuntotutkimuksen kohteena oli 1989 rakennettu 1-kerroksinen päiväkotirakennus. Rakennus on perustettu maanvaraisten betonianturoiden varaan ja alapohjana on maanvarainen kaksoisbetonilaatta. Ulkoseinät ovat puurunkoisia ja lautaverhottuja. Vesikatto on harjakatto ja katteena on palahuopakate. Rakennuksessa ei ole tehty sen valmistumisen jälkeen merkittäviä korjaustoimenpiteitä. Ilmanvaihto on toteutettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtokoneella.

Suoritetuilla kuntotutkimuksilla selvitettiin rakennuksen riskirakenteiden ja vesikaton kuntoa sekä sisäilmanlaatuun vaikuttavia tekijöitä. Kuntotutkimuksessa tarkasteltiin rakennuksen vierustojen kuntoa aistinvaraisesti, rakenteiden kuntoa rakenneavauksin ja kosteusmittauksin sekä mikrobinäytteiden avulla. Rakennus ei ole sisäilmaongelmien vuoksi käytössä ja tilat olivat tutkimusten aikana alipaineistettu, ettei tiloista pääse korvausilmaa eteisen kautta käytössä oleviin tiloihin. Alipaineistuksesta johtuen pitkäaikaisia ilmapirta, paine-ero-, ilman lämpötila- ja kosteusmittauksia ei tehty.

Rakennuksen alapohjarakenteena käytetyn kaksoisbetonilaatan kuntoa tutkittiin kahdesta kohdasta poraamalla maatayttyöön asti. Eristetilan kosteutta mitattiin kahdesta pisteestä, eikä merkittävää kosteutta todettu.

Rakennuksen ulkoseinien alaosissa on käytetty nk. valesokkelirakennetta. Ulkoseinärakenteen alaosan mineraalivillaeristeestä ja alaohjauspuusta otettiin yhteensä 12 kpl materiaalmikrobinäytteitä. Neljässä materiaalmikrobinäytteessä todettiin selvä mikrobikasvu materiaalisissa ja kahdessa näytteessä todettiin epäily mikrobikasvusta materiaalisissa. Näyteotannan perusteella ulkoseinän alaosa on mikrobivaurioitunut. Rakennuksen ulkoseinien eristetiloista todettiin merkkiainekokein laajalti ilmayhteys sisäilmaan. Ulkoseinien alaosien korjaamista suositeltiin, koska mikrobivaurioituneista rakenteista on ilmayhteys sisäilmaan.

Kohteen vesikatteena on alkuperäinen bitumilaattakate. Katteessa havaittiin ikääntymisestä johtuvia vaurioita, kuten korppuuntumista ja halkeamia. Katon läpivientien toteutuksessa havaittiin puutteita ja läpivientien kohdilla katto ruoteissa havaittiin osin kosteusvaurioita. Vesikatteen tekninen käyttöikä on ylitetty, ja sen uusintaa suositeltiin lisävaurioiden välttämiseksi.

Yläpohjarakenteiden kuntoa tarkasteltiin yläpohjatiloihin käsin ja sisätiloissa tehtiin sisäkattoihin rakenneavauksia. Yläpohjaeristeistä otettiin neljä materiaalmikrobinäytettä, joista yhdessä todettiin epäily poikkeavasta mikrobikasvustosta. Havaintojen perusteella on

todennäköistä, että rakenteissa on piileviä vaurioita. Yläpohjarakenteiden osalle suositeltiin kokonaisvaltaista tarkastamista ja korjaamista.

1. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää päiväkodin kunto ja peruskorjaustarpeet ja -laajuus rakennustekniikan osalta sekä saada selville altistustekijöitä, jotka voivat mahdollisesti aiheuttaa sisäilmahaittoja tilojen käyttäjille. Päiväkodissa on koettu sisäilmaan liittyviä oireita ja sisäilmahaittoja, tilojen käytöstä on siten luovuttu vapaaehtoisesti.

Tutkimuksen suorittamisen suuntaviivana käytettiin kohteessa aiemmin tehtyjä tutkimuksia ja kuntoarviota. Rakennusteknisen ja mikrobiologisen kuntotutkimuksen pääpaino oli lähinnä ulkoseinän alaosissa ja alapohjarakenteissa, rakenneliitoksissa sekä yläpohja- ja vesikattorakenteissa.

2. TUTKIMUSMENETELMÄT

Kohteessa suoritettiin aistinvaraisten havaintojen lisäksi kosteusmittauksia, rakenneavauksia ja otettiin materiaalinäytteitä sekä merkkiainekokeilla selvitettiin rakenteiden ilmavuotoreittejä. Ennen tutkimusten aloittamista tutustuttiin kohteen lähtötietoihin, aiemmin tehtyihin tutkimuksiin sekä kuntoarvioraporttiin.

Tutkimukset aloitettiin rakennuksen vierustojen tarkastamisella. Rakennuksen vierustojen rakenteita verrattiin Ympäristöministeriön julkaisun 2019:18 ohjeisiin. Erityisesti tarkasteltiin sadevesien ohjauksien ja maanpintojen kallistuksien toimivuutta sekä sokkelin vedeneristeiden olemassaoloa.

Alapohjarakenteena toimivan kaksoisbetonilaatan rakennetta tutkittiin kahdesta kohdasta poraamalla betonilaattojen läpi maatyttöön asti 40 mm:n reikä. Reiän kautta maa-ainesta nostettiin tarkastelua varten ja laadun arviointi tehtiin aistinvaraisesti. Kaksoisbetonilaatan eristetilan alapinnan kosteutta mitattiin suhteellisen kosteuden mittarilla. Mittaus tehtiin poraamalla 5 mm:n reikä betonilaattaan ja mittapään annettiin tasaantua rakenteessa vähintään 15 minuutin ajan.

Ulkoseinän alimpien puuosien kuntoa tutkittiin rakenneavauksin kahdeksasta kohdasta. Lisäksi väliseinien, jotka alkavat alemman betonilaatan päältä, tutkittiin rakenneavauksin kolmesta kohdasta. Ulkoseinien alasidepuusta katkaistiin näytemateriaali, josta mitattiin ala- ja yläpinnan kosteuspuiteisuus. Materiaalinäytteitä otettiin yhteensä 14 kpl niistä rakenteen rajapinnoista tai materiaaleista, joiden epäiltiin olevan kosteusvaurioitunut. Lisäksi otettiin vertailunäytteitä. Rakenneavausten yhteydessä mitattiin alimpien puuosien kosteutta ja tuloksia verrattiin Ympäristöoppaassa 2016 (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus) esitettyihin arvoihin. Yläpohja- ja sisäkattorakenteiden kuntoa tutkittiin sisäpuolelta rakenneavauksin viidestä kohdasta ja eristemateriaalista otettiin

materiaalinäytteitä yhteensä 4 kpl. Kaikkien rakenneavausten materiaalinäytteet otettiin Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osa IV ohjeistuksen mukaisesti ja näytteet analysoitiin WSP Finland Oy:n laboratoriossa. Vesikaton ja yläpohjatilán rakenteiden kunto arvioitiin silmämääräisen tarkastelun perusteella.

Rakenneosien välistä ilmatiiveyttä tutkittiin General (NGD8800, Combustible Gas Detector) –merkkiaineanalysaattorilla. Merkkiainekokeessa laskettiin merkkikaasua (typpi 95 % + vety 5 %) rakenteeseen. Analysaattorilla paikannettiin rakenteista kohdat, joista kaasu virtasi huonetilaan. Merkkiainekokeet tehtiin soveltaen RT-korttia RT 14-11197. Merkkiainekaasumittaukset suoritettiin ilmanvaihdon normaalikäytöllä, jolloin alipaineistus otettiin tilapäisesti pois käytöstä hyvissä ajoin ennen mittauksia. Sisäilman yleisolosuhteita (T, RH, Pa) mitattiin hetkellisesti suhteellisen kosteuden mittarilla ja paine-eromittarilla.

Tutkimusten yhteydessä havaittiin alapohjarakenteessa tervapaperia, mikä saattaa sisältää PAH-yhdisteitä. Rakenteesta otettiin materiaalinäyte Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osa III ohjeistuksen mukaisesti ja näyte analysoitiin WSP Finland Oy:n laboratoriossa.

Tutkimustulosten perusteella kohteeseen tehtiin altistumisolosuhteiden arviointi. Altistumisolosuhteiden arviointi tehdään Työterveyslaitoksen altistumisolosuhteiden arviointimenetelmien avulla ”Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016”.

Altistumisolosuhteiden arviointi tehdään seuraavien neljän osa-alueen perusteella:

- a) mikrobivaurioiden laajuus rakenteissa
- b) ilmayhteys ja ilmapuoretit epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen paine-erot
- c) ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun
- d) rakennuksesta pärisin olevat sisäilman epäpuhtaudet

Arviointi tehdään neliportaisella asteikolla sen perusteella, onko tavanomaisesta poikkeava olosuhde todennäköinen, mahdollinen, todennäköinen vai erittäin todennäköinen.

3. OLENNAISIMMAT TULOKSET, JOHTOPÄÄTÖKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

Rakennuksen vierustat ja sokkeli

Rakennus on perustettu maanvaraisten betonianturoiden ja betonisokkelin varaan. Rakennuksen ympärillä on salaojitus. Sokkelin vierustoilla maanpinnat ovat laajasti tasaiset ja vierustuilla on kasvillisuutta. Sokkelia vasten on asennettu eps-eristelevy, erillistä vedeneristettä ei ole. Sadevesien ohjaus rakennuksen vierustoilla on toteutettu betonisilla sadevesikouruilla. Betonikourujen kallistukset ovat puutteelliset ja kourut eivät ohjaa sadevesiä riittävän kauas rakennuksesta.

Salaojien toimintakunnon tutkimista suositellaan videokuvaamalla putkistot. Mikäli salaojien kunnostus tulee tarpeelliseksi, suositellaan samalla sokkelin vedeneristeiden asentamista. Sokkeli on paikoin matala, jolloin ulkoseinän alaosan puurakenteet altistuvat kosteusrasitukselle. Rakennukseen vierustoille suositellaan maanpintojen kallistusten korjaamista ja maanpintojen mataloittamista. Lisäksi sadevesisyökyjen alapuolen vedenohjaus tulee korjata siten, että sadevedet ohjautuvat vähintään 3 metrin etäisyydelle rakennuksesta. Em. korjaustoimenpiteillä voidaan vähentää rakennuksen alapohjarakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta.

Alapohjat ja väliseinien alaosat

Rakennuksen maanvastaiset alapohjat on toteutettu kaksoisbetonilaattarakenteella. Rakenteen todettiin olevan tutkituilla kohdilla pääosin suunnitelmien mukainen. Betonilaattojen välissä on lämmöneristeenä eps-levyä. Alemman betonilaatan yläpuolelta eristetilasta mitattiin suhteellinen kosteus kahdesta kohdasta. Mitatuissa kohdissa kosteus ei ollut merkittävästi koholla oleva. Betonilaatan alla on suunnitelmista poiketen hiekkatäyttö. Betonilaatan alapuolelle on asennettu muovikalvo, mikä vähentää alhaalta päin kosteuden nousua rakenteeseen, mutta toisaalta esim. vesivahinkotilanteissa estää rakenteen kuivumista alapäin. Merkkiainekokein havaittiin, että kaksoisbetonilaatan eristetilasta on läpivientien ja reuna-alueiden kautta ilmayhteys sisäilmaan.

Kohteessa on lattiapinnan alapuolelta lähteviä puurakenteisia ja kivirakenteisia väliseiniä. Väliseinien alimmat puuosat sijaitsivat 4...9 cm maanpinnan alapuolella. Väliseiniin tehtiin kolme rakenneavausta, ja tutkituilla kohdilla puurakenteissa ei todettu olevan kohonnutta kosteutta. Väliseinien osalta otettiin kaksi materiaalinäytettä, lähellä ulkoseinää olevan tutkintakohdan näytteessä todettiin olevan epäily mikrobivaurioitumisesta. Arvioitiin, että mahdolliseen vaurioitumiseen ovat vaikuttaneet ilma- ja/tai lämpövuodot rakenteessa.

Kaksoisbetonilaatassa mahdollisesti kulkevien putkien poistamista käytöstä ja siirtämistä pintaan suositellaan tulevien korjausten yhteydessä. Lisäksi suositellaan lattiapinnan alapuolelta lähtevien väliseinien alaosien nostamista lattiapinnan korkeudelle ja kaksoisbetonilaatan osalta läpivientien ja liittymien tiivistämistä tiivistyskorjausmenetelmällä. Toimenpiteillä varmistetaan, ettei väliseinien osalla jää rakenteeseen riskiä myöhemmälle vaurioitumiselle ja etteivät rakenteen epäpuhtaudet pääse kulkeutumaan sisäilmaan.

Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinät on rakennettu puurunkoisena ja ulkoseinien alaosan rakenteena on käytetty nk. valesokkelirakennetta. Ulkoseinän alasidepuun alapinta korkeusasema todettiin olevan 4...9 cm maanpinnan alapuolella. Alasidepuun alapuolella todettiin olevan bitumihuopakaista, mikä vähentää kosteuden nousua alapuolen sokkelirakenteista puurakenteisiin. Sokkelirakenteen sisäpuolella on eps-eristelevy sokkelia vasten ja ulkopuolella on maanpinnan alapuolella myös eps-eristelevy sokkelia vasten.

Ulkoseinien alaosien kuntoa tutkittiin pistetarkastuksen omaisesti kahdeksasta kohdasta. Tutkimuksissa alasidepuun ala- ja yläpinnan kosteuspitoisuus todettiin olevan kohollaan kahdessa rakenneavauksessa. Ulkoseinän alaosan mineraalivillaeristeestä ja alaohjauspuusta otettiin yhteensä 12 kpl materiaalmikrobinäytteitä, joista neljässä todettiin selvä mikrobikasvu. Kahdessa materiaalinäytteessä todettiin olevan epäily mikrobikasvusta. Näyteotannon perusteella ulkoseinän alaosa ja sokkelirakenne on mikrobivaurioitunut.

Rakennuksen ulkoseinien alaosien eristeloista todettiin merkkiainekokein laajalti ilmayhteys sisäilmaan. Ulkoseinän alaosissa ja sokkelirakenteissa havaittiin myös epäpuhtauksia, jotka voivat päästä sisäilmaan todettujen ilmavuotoreittien kautta.

Rakennuksen ulkoseinien alaohjauspuiden alhainen sijainti aiheuttaa koko rakennuksen osalla riskin alimpien puuosien vaurioitumiselle. Rakennuksen rakenteiden korkeussuhteet ja rakennuksen vierustojen olosuhteet eivät merkittävästi poikkea eri julkisivuilla. Sade- ja sulamisvesien lisäksi rakennetta kuormittavat maaperästä diffuusiolla ja kapillaarisesti kulkeutuva kosteus. Valesokkelirakenteen korjaamista suositellaan esim. Ympäristöministeriön julkaisun 2019:18 mukaisesti. Korjauksissa suositellaan seinärakenteen alaosien puurakenteiden ja eristeiden uusintaa.

Vaihtoehtoisena korjausmenetelmänä voidaan pitää tiivistyskorjausta. Seinärakenteen tiivistäminen on hyvin tehtynä haasteellinen, sillä levyrakenteita purkamatta ei voi nähdä kaikkia puutteellisia höyrynsulkumuovien asennuksia. Tiivistämiskorjaus on varsin työläs toimenpide ja puurakenteiden eläminen aiheuttaa riskin tiivistyskorjausten onnistumiselle. Tiivistämiskorjausta ei suositella, koska tiivistämistyö saavutettuun hyötyyn nähden ei arvioida olevan kustannustehokas toimenpide, ja on lopputuloksen kannalta epävarma.

Vesikatto ja yläpohja

Rakennuksessa on alkuperäinen bitumilaattakate. Kuntotarkastuksessa havaittiin yksittäisiä rikkoutuneita katelaattoja, kate on yleisesti ikääntynyt ja korppuuntunut. Katelaatat eivät kestä murtumatta suurempia liikkeitä. Laatoissa havaittiin ikääntymisestä ja elastisuuden heikentymisestä aiheutuneita halkeamia. Katon läpivientien toteutuksessa havaittiin puutteita, ja läpivientien kohdilla kattoruoteissa paikoin huomattaviakin kosteusvaurioita. Useat katon vuodoista ovat aktiivisia.

Yläpohjarakenteiden kuntoa tutkittiin sisätiloista käsin. Höyrynsulkumuovien liitoksissa ja läpivienneissä havaittiin puutteita. Yläpohjan kantavien puurakenteiden kosteuspitoisuuksia mitattiin ja silmämääräisesti tarkasteltiin lämmöneristeiden kuntoa. Tutkimuksissa todettiin yhdellä alueella aktiivinen vesikattovuoto kosteusmittaustuloksen perusteella ja rakennuksessa todettiin useita, vanhoja vuotojen aiheuttamia kosteusjälkiä. Vanhojen vuotojälkien kohdilta rakenteiden kuntoa ei ole tutkittu, mikä vaatisi eristeiden poissiirtämistä. Havaintojen perusteella on todennäköistä, että rakenteissa on piileviä vuotovaurioita, joiden

paikallistaminen ja korjaaminen vaatii eristeiden poistamisen. Höyrynsulkumuovien puutteista johtuen yläpohjan vaurioilla on todennäköisesti sisäilmanlaatuun vaikutusta.

Tutkimusten perusteella suositellaan vesikatteen uusimista, jonka yhteydessä mm. kosteusvaurioituneet puurakenteet ja eristeet uusitaan, höyrynsulut korjataan ja katon tuuletusta parannetaan.

Altistumisen arviointi

Altistumisen arviointi tehtiin tarkastelemalla saatuja tutkimustuloksia ja noudattamalla Työterveyslaitoksen altistumisolosuhteiden arviointimenetelmää. Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että:

- puurakenteisten ulkoseinien alaosien materiaaleissa (puu ja eristevilla) on laaja-alaisia mikrobivaurioita ja kantavassa väliseinässä yhden näytteen osalla todettiin epäily mikrobivaurioitumisesta
- merkkiainekokeiden perusteella ulkoseinien alaosien vaurioituneista rakenteista on ilmayhteys sisäilmaan
- tutkimuksissa ei voitu selvittää ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa eikä mitattu sisäilman olosuhteita, koska tilat pidettiin alipaineistettuina. Tehokkaalla ja toimivalla ilmanvaihdon avulla voidaan merkittävästi parantaa sisäilman laatua. Altistumisolosuhteiden arvioinnissa jää epäselväksi normaaliolosuhteiden ilmanvaihdon toiminta ja sen vaikutus siihen, päätyykö rakenteista korvausilmaa sisäilmaan paine-eroista johtuen. Lisäksi jää epäselväksi ilmanvaihdon tehokkuus ja korjaava vaikutus sisäilmanlaatuun niillä osilla, joissa mikrobivaurioituneista rakenteista päätyy sisäilmaan huonolaatuista korvausilmaa.

Epävarmuustekijät huomioiden rakennusta kokonaisuutena tarkastellen tavanomaisesta poikkeava olosuhde on todennäköinen.

4. KIITOKSET

Kiitos ohjaajalle Timo Turuselle asiantuntevasta ja tarkasta ohjauksesta sekä työnantajalleni Raksystems Insinööritoimisto Oy:lle mahdollisuudesta suorittaa rakennusterveysasiantuntijan koulutus työn ohessa.

5. LÄHDELUETTELO

Asumisterveysasetus 545/2015

Asumisterveysasetuksen (545/2015) soveltamisohje, Osa III, Osa IV, päivitetty 24.3.2021

Ympäristöministeriön julkaisu 2019:18, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus

Ympäristöministeriö. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Rakennustieto Oy. RT 14-11197 Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein, 2015

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN KUNTOTUTKIMUS ALAVUDEN HAMMASHOITOLAN TILOIHIN

Teppo Tervo

Investigo Oy Ab

TIIVISTELMÄ

Alavuden hammashoitolan tiloihin tehtiin kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Tutkittava alue sijoittuu rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen. Toisessa kerroksessa sijaitsee hoitotilaa, joka ei kuulu tässä tutkimuksessa tutkittavaan alueeseen. Tilaan liittyy rakennus betonirakenteisella tilojen välisellä väliseinällä, joka ei kuulu tutkittavaan alueeseen. Tutkittava alue on esitetty pohjapiirroksella tutkimustulosten yhteydessä.

Ulkoseinien ulkopinnoissa havaittiin tarkastuksessa epätiiveyksiä ja halkeamia, jotka voivat altistaa seinärakenteen kosteusrasitukselle. Seinärakenteen rakennetyypissä havaittiin kosteusteknisiä riskejä. Ulkoseinärakenteiden alaosien tarkastelussa havaittiin viitteitä mikrobivaurioista laboratorion analyyseissä. Osassa rakenneavauksissa havaittiin myös aistinvaraisesti merkkejä kosteusrasituksesta. Ulkoseinärakenteiden ja huoneilman välillä havaittiin ilmayhteys erityisesti puurakenteisten ulkoseinien osalla. Tarkastushetkellä kosteusmittauksissa ei havaittu poikkeavia arvoja ulkoseinien alueella.

Puurakenteiset kevyet väliseinät on rakenneavauksen perusteella hyvässä kunnossa ja kosteusteknisiä riskejä ei ole havaittavissa. Tilojen välisessä betonirakenteisessa väliseinässä, joka on aikaisemmin toiminut ulkoseinänä ja muutettu laajennuksen yhteydessä väliseinäksi, havaittiin eristetilassa kosteusvaurio.

Alapohjan rakenne on yhdenkertainen betonilaatta, solumuovieristeellä. Alapohjarakenteessa havaittiin korjaamaton kosteusvaurio Tilojen 002 / 003 yhteydessä sekä kohonneita kosteuksia tilassa 029 seinärakenteessa havaitun kosteusvaurion läheisyydessä. Alapohjarakenteessa havaittiin rakennuksen keskialueella hieman korkeampia kosteuslukemia kuin reuna-alueilla. Bulk näytteiden tulokset korreloivat kosteusmittausten tuloksiin, keskeisemmältä lattian alueelta otettussa bulk- näytteessä havaittiin hieman enemmän VOC-yhdisteitä kuin reuna-alueelta kerätyssä vastaavassa näytteessä.

Sisäympäristön arvioinnissa havaittiin sisätilassa voimakasta alipainetta pitkäaikaisissa mittauksissa ulkoilmaan verrattuna. Alipaine voi voimistaa rakenteissa olevien epäpuhtauksien vaikutusta sisäilman laatuun. Alipaine on voimakasta koko mittausajalla (10 – 20Pa). Eteisaulassa havaitaan mikrobiperäistä hajua, joka voi kantautua rakenteista tai maaperästä voimakkaan alipaineen vaikutuksesta.

Pölynkoostumusnäytteissä ei havaittu teollisia mineraalikuituja, kuitenkin aulatilán alueella havaitaan rikkoutuneita sisäkattolevyjä, joista saattaa irrota kuituja sisäilmaan.

Ilmanvaihtoa mitattiin pistokoemaisesti kahdessa tilassa ja wc- / käytävätiloissa. Mittaukset suoritettiin huppumittauksena ja todettiin, että ilmamäärät eivät vastaa suunnitteluarvoja, ilmanvaihtojärjestelmä ei ole säädetty oikein.

1. JOHDANTO

Opinnäytetyössä käsitellään Alavuden hammashoitolan tiloihin tehtävää kosteus- ja sisäilmateknistä kuntotutkimusta. Kuntotutkimuksen tarkoituksena on määrittää hammashoitolan tiloihin kohdistuvat sisäilmarasitteet ja korjausmenetelmien suositukset ongelmien korjaamiseksi.

Tutkimuksessa käsitellään sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä tilan pinnoitteissa sekä ilmanvaihdossa. Tutkimuksessa selvitetään myös mahdollisia häirtatekijöitä rakenteiden sisällä ja niiden mahdollisuutta vaikuttaa sisäilman laatuun. Tutkimukset suoritetaan suurilta osin rakenteita rikkovilla menetelmillä.

Tutkimustulosten perusteella laaditaan kohteelle korjaussuunnitelmat kahdessa laajuudessa. Ensimmäinen vaihtoehto on selvästi kustannustehokkaampi mutta ei niin kattava korjausmenetelmä. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kaikkia haittoja ei poisteta vaan pyritään minimoimaan niiden vaikutus sisäilman laatuun. Toisena vaihtoehtona on esitetty raskaampi toimintatapa, jolloin vauriot ja mahdolliset haitan aiheuttajat poistetaan mahdollisuuksien mukaan. Toisen vaihtoehdon toimenpiteet ovat selvästi raskaampia ja kustannuksiltaan kalliimpia, Toisaalta kuitenkin tapa on huomattavasti varmempi tapa toimia ja korjaukset kestäviä.

Tiedonkulku ja viestintä kohteessa hoidettiin kaikkien osapuolien välillä tapaamisien tai verkkotapaamisien avulla. Kohteessa on sisäilmatyöryhmä, johon kuuluu käyttäjän edustaja, kiinteistön omistaja, huoltohenkilökuntaa, työterveyden edustaja sekä ulkopuolisena asiantuntijana toimii allekirjoittanut. Sisäilmatyöryhmän kanssa käytiin läpi tutkimuksen sisältö tutkimussuunnitelma vaiheessa ja työn lopputulokset lopullisesta tutkimuksesta saatujen analyysien ja johtopäätösten perusteella.

2. KOHTEEN PERUSTIEDOT

Tutkittava rakennus on rakennettu 1980 hammashoitolan käyttöön. Rakennus on kaksikerroksinen mutta tutkimus kohdistuu ainoastaan ensimmäisen kerroksen tiloihin. Rakennuksen lämmitysjärjestelmänä on keskuslämmitys kaukolämmöllä ja lämpö jaetaan seinillä olevien radiaattorien kautta. Rakennuksen kantava runko on betonirakenteinen pilari-, palkki-, laattarakenne. Alapohja on maanvarainen betonilaatta ja sokkelit maanvaraisen alapohjalaatan alapuolella. Rakennus on ympäröivään maanpintaan nähden matalalla. Julkisivut ovat tiilimuurattuja ja alaosassaan betonirakenteinen valesokkeli. Rakennuksen vesikatto on loiva harjakatto peltikatteella.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusmenetelminä käytettiin aistinvaraista systemaattista pintamateriaalien, rakenteiden ja rakennusosien arviointia. Aistinvaraisen tarkastusten perusteella laadittiin tutkimussuunnitelma todellisten kuntotutkimusmenetelmien suorittamiseksi.

Tutkimuksissa tarkasteltiin rakenteiden kuntoa rakenneavausten kautta aistinvaraisesti, kosteusmittauksin ja materiaalinäyttein. Materiaalinäytteistä tutkittiin laboratorioanalyyseissä rakennusosien mikrobipitoisuutta tai materiaalin VOC-pitoisuuksia. Rakenteiden ilmatiiveyttä arvioitiin merkkiainekokeilla. Merkkiainekokeilla pyritään selvittämään mahdollisten vaurioiden vaikutusta sisäilman laatuun.

Sisäilman laatua ja olosuhteita pyrittiin selvittämään painesuhteita mittaamalla pitkä-aikaisesti, tässä tutkimuksessa kahden viikon mittausjaksoilla. Pinnoilta kerättiin myös näytteitä pölynkoostumus analyysiin, jolloin voitiin selvittää huonepölyn koostumusta ja mahdollisia lähteitä epäpuhtauksiin liittyen.

4. TUTKIMUKSEN TULOKSET

4.1. Seinärakenteet

Ulkoseinien ulkopinnoissa havaittiin tarkastuksessa epätiiveyksiä ja halkeamia, jotka voivat altistaa seinärakenteen kosteusrasitukselle. Seinärakenteen rakennetyypissä havaittiin kosteusteknisiä riskejä. Ulkoseinärakenteiden alaosien tarkastelussa havaittiin viitteitä mikrobivaurioista laboratorion analyyseissä. Osassa rakenneavauksissa havaittiin myös aistinvaraisesti merkkejä kosteusrasituksesta. Ulkoseinärakenteiden ja huoneilman välillä havaittiin ilmayhteys erityisesti puurakenteisten ulkoseinien osalla. Tarkastushetkellä kosteusmittauksissa ei havaittu poikkeavia arvoja ulkoseinien alueella.

Puurakenteiset kevyet väliseinät on rakenneavauksen perusteella hyvässä kunnossa ja kosteusteknisiä riskejä ei ole havaittavissa. Tilojen välisessä betonirakenteisessa väliseinässä havaittiin eristetilassa kosteusvaurio.

4.2. Alapohjarakenne

Alapohjan rakenne on yhdenkertainen betonilaatta, solumuovieristeellä. Alapohjarakenteessa havaittiin korjaamaton kosteusvaurio Tilojen 002 / 003 (välineiden huolto ja pesutilat) yhteydessä sekä kohonneita kosteuksia tilassa 029 (neuvottelu / koulutustila) seinärakenteessa havaitun kosteusvaurion läheisyydessä. Alapohjarakenteessa havaittiin kohonneita kosteuksia rakennuksen keskialueella, bulk-näytteiden tulosten perusteella myös VOC-yhdisteiden pitoisuus pintamateriaalissa on hieman korkeampi lattiapintojen keskialueella. Kaikissa näytteissä pitoisuudet ovat kuitenkin maltillisia ja vaurioita ei todettu alapohjan alueella yleisesti.

Eteisen alueella portaikon ja kantavien betonirakenteiden seinien läheisyydessä havaittiin alapohjan betonilaatan ja kantavien betonirakenteiden saumoissa selkeitä halkeamia ja pinnoitteiden rikkoutumista. Alapohjan ja sokkelirakenteiden sumat eivät ole tiiviitä ja tilassa on havaittavissa mikrobiperäistä hajua.

4.3. Sisäympäristön olosuhteet

Sisäympäristön arvioinnissa havaittiin sisätilassa voimakasta alipainetta pitkäaikaisissa mittauksissa. Alipaine voi voimistaa rakenteissa olevien epäpuhtauksien vaikutusta sisäilman laatuun. Alipaine on voimakasta koko mittausajalla 10Pa tai 20Pa riippuen mitatusta tilasta. Eteisaulassa havaitaan mikrobiperäistä hajua, joka voi kantautua rakenteista tai maaperästä voimakkaan alipaineen vaikutuksesta.

Pölynkoostumus näytteissä ei havaittu teollisia mineraalikuituja, kuitenkin aulatilan alueella aistinvaraisissa tarkastuksissa havaitaan rikkoutuneita sisäkattolevyjä, joista saattaa irrota kuituja sisäilmaan.

4.4. Ilmanvaihto

Ilmanvaihtoa mitattiin pistokoemaisesti kahdessa tilassa ja wc- / käytävätiloissa. Mittaukset suoritettiin huppumittauksena pistokoemaisesti ja todettiin, että ilmamäärät eivät vastaa suunnitteluarvoja. Mittausten perusteella voidaan todeta, että ilmanvaihtojärjestelmä ei ole säädetty oikein ja ilmanvaihdon korjaamiseksi vaaditaan lisätutkimuksia puutteiden määrittämiseksi ja yksilöimiseksi.

4.5. Altistumisen arviointi

Terveysuojelulaki (763/94) määrittelee asuntojen ja muiden oleskelutilojen, päiväkotien ja koulujen olosuhteiden terveyshaitat. Terveysuojelulain 26§ ja 27§:ssä luetellaan tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa: haju, ilmanvaihto, kosteus, lämpötila, melu, mikrobit, säteily, valaistus sekä muut olosuhteet. Sisäilman terveellisyyteen vaikuttavat ilman kemialliset epäpuhtaudet ja fysikaaliset tekijät. Terveyshaittaa voi arvioida vain terveysuojeluviranomainen.

Mahdollista terveyshaittaa on arvioitava kokonaisuutena siten, että altisteen toimenpiderajaa sovellettaessa otetaan huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto, mahdollisuudet välttyä altistumiselta tai poistaa haitta sekä poistamisesta aiheutuvat olosuhteet ja muut vastaavat tekijät. Altistumisolosuhteiden arvioinnin avulla tarkastellaan rakennuksesta, sen järjestelmistä ja tilojen käytöstä sekä toiminnasta peräisin olevien epäpuhtauslähteiden vaikutusta kokonaisvaltaisesti rakennuksen ja sen tilojen altistumisolosuhteisiin. Altistumisolosuhteiden arviointi tehdään Työterveyslaitoksen

altistumisolosuhteiden arviointimenetelmän avulla (Ohje työpaikoille sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Ohje asunnon terveystilanteen selvittämiseen, 2017).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetusta asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista sovelletaan terveydensuojelulain (763/94) nojalla tehtävään asunnon ja muun terveydellisten olosuhteiden valvontaan. Valvira on antanut Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeet (Osat I-IV) 8/2016.

Tutkimuksien perusteella todettiin, että haitallinen altistumisolosuhde on tutkituissa tiloissa todennäköinen. Altistumisolosuhteeseen vaikuttaa seinärakenteissa olevat kosteus ja mikrobivauriot sekä lattiapinnoitteiden kosteusvauriot, ilmayhteys vaurioituneiden osien ja sisäilman välillä sekä voimakas sisäilman alipaineisuus ja riittämättömät ilmamäärät ilmanvaihdossa. Ulkoseinärakenteen ilmavuodot ovat merkittäviä. Ongelmien yhteisvaikutus aiheuttaa tiloihin todennäköisen altistumisolosuhteen.

5. KIITOKSET

Kiitokset RATEKON koulutusporukalle, näin erityisinä aikoina koulutus on sujunut kuitenkin sujuvasti ja etäyhteydet toimivat hienosti. Hieman raskastahan se on kun ei pääse ihmisten ja kanssaopiskelijoiden kanssa keskustelemaan naamatusten mutta korona-aikaan liittyen tämä etähomma on muodostunut jo kohtuullisen luonnolliseksi. Haluan kiittää myös opiskelukavereita, jotka on auttanut ja ollut erityisen aktiivisia esimerkiksi ryhmätoissa. Erityiskiitos Veli-Matti Pietariselle todella hyvästä opinnäytetyön ohjaamisesta ja kommentoinnista työhöni liittyen. Kiitos myös Investigo Oy Ab:lle, joka mahdollisti opiskelun ja työympäristön sisäisestä ohjauksesta sekä avusta Niklas Mehtoselle sekä muille työkavereille henkisestä tuesta.

LÄHTEET

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa I-V, 2016, Valvira

Työterveyslaitos, sisäympäristön viitearvoja. Päivitetty 19.3.2019, <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/sisaympariston-viitearvoja.pdf>

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 sisäilmaongelmien selvittämiseen.

RT 20-11160. 2014 Haitta-ainetutkimus, rakennustuotteet ja rakenteet

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

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017)

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

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.

VUONNA 1967 VALMISTUNEEN KOULURAKENNUKSEN SISÄILMA- JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS

Jaakko Jääskeläinen

Sirate Group Oy

TIIVISTELMÄ

Koulurakennuksen sisäilma- ja kosteusteknisessä kuntotutkimuksessa selvitettiin rakennuksen kokonaiskunto, korjaustarpeeseen ja terveellisyyteen vaikuttavat tekijät. Selvityksessä huomioitiin aiempien korjausten laajuus ja nykyinen kunto. Rakenteiden kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti ja mittauksin rakenneavausten kautta. Rakenteista kerättiin materiaali-, haitta-aine ja VOC-materiaalinäytteitä. Sisätilojen puhtautta arvioitiin pölynkoostumusnäytteillä ja mineraalikuitunäytteillä. Rakennukseen tehtiin paine-ero- ja olosuhdeseuranta. Ilmanvaihtojärjestelmää arvioitiin puhtaustarkastuksin ja ilmamäärämittauksin. Rakennuksen kokonais-kunnon arvioinnissa hyödynnettiin aikaisempien tutkimusten tuloksia soveltuvien osien.

Rakennuksen H-osan rakenteet olivat pääosin hyväkuntoisia. Rakennusosassa havaittiin paikallisia vaurioita ja rakenteiden epätiiveyksiä sekä rakennuspölyä. Rakennuksen I-, J- ja K-osan rakenteet olivat tyydyttävässä kunnossa. Rakenteissa oli vanhoja mikrobivaurioituneita eristeitä, joista todettiin säännöllisiä, pistemäisiä ja osin laajempia ilmavuotoreittejä sisäilmaan. Sisätiloissa ja alakattojen yläpuolella havaittiin laajalti rakennuspölyä. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudessa tai ilmamäärissä ei havaittu merkittäviä, koko rakennusmassaa koskevia puutteita. Ilmanvaihto aiheutti osaan rakennusmassasta merkittävää alipaineisuutta ja painesuhteiden vaihtelua. Havaittujen mikrobivaurioiden, epätiiveyksien ja epäpuhtauslähteiden katsotaan koskevan koko rakennusmassaa ja vaikuttavan heikentävästi rakennusosien sisäilman laatuun. Altistumisolosuhtearvioinnin perusteella tavanomaisesta poikkeavan olosuhteen arvioitiin olevan H-osassa mahdollista, I-osassa osin mahdollista ja osin todennäköistä sekä J- ja K-osalla todennäköistä.

Altistumisen vähentämiseksi ja tilojen käytön mahdollistamiseksi tulee ulkovaippa- ja välipohjarakenteiden tiiveyttä parantaa ja poistaa epäpuhtauslähteenä toimivat rakennuspölyjen alakattojen yläpuolelta. Pidempiaikaisena korjausratkaisuna ovat rakenteiden peruskorjaukset.

1. JOHDANTO

Sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää rakennuksen kokonaisvaltainen kunto ja korjaustarve. Tutkimuksessa selvitetään rakennuksen rakenneosien kunto ja sisäilman laatuun vaikuttavat tekijät. Tutkimustulosten perusteella laaditaan altistumisolosuhteiden arvio, jossa arvioidaan rakenteista ja ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevien epäpuhtauslähteiden vaikutusta sisäilman laatuun ja tilojen käyttäjien altistumiseen.

Sisäilma- ja kosteusteknisen kuntotutkimuksen raportin tietoja voidaan käyttää korjaussuunnittelun lähtötietoina.

Vuonna 1967 valmistuneen koulurakennuksen sisäilma- ja kosteusteknisten kuntotutkimusten tarkoituksena oli selvittää rakennuksen kokonaiskunto, korjaustarve ja terveellisyysvaikuttevat tekijät. Tutkimuksissa oli tarkoitus selvittää aikaisemmissa korjauksissa tehtyjen korjaustoimenpiteiden kattavuus ja arvioida niiden nykyistä kuntoa. Tutkimuksen tulosten perusteella laadittiin altistumisolosuhteiden arvio.

2. KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

Koulurakennus koostuu kolmesta 1967 rakennetusta osasta (I-, J-, ja K-osat) ja 2008 rakennetusta H-osasta. K-osalla on yksi osittain maanpinnan alapuolella oleva kellarikerros ja kaksi maanpinnan yläpuolista kerrosta. Muut rakennusosat ovat yksikerroksisia.

Rakennuksen kantavana runkona toimii teräsbetoninen pilari-palkki-runko ja H-osalla kantavat betonisandwich-ulkoseinät. I-, J-, ja K-osien ulkoseinät ovat pääosin kevytbetonielementtejä. Alapohjarakenteet ovat pääosin maanvaraisia betonirakenteita alapuolisella lämmöneristeellä tai betonirakenteista kaksoislaattarakennetta. K-osalla on ryömintätilallista alapohjarakennetta. Alapohjan lämmöneristeinä on XPS-eristettä, kevytsorabetonia ja mineraalivillaa. Yläpohjan kantavana rakenteena on H-osalla ontelolaatta ja muilla osilla kevytbetonielementti. Vesikattona on puurakenteinen tasakatto sisäpuolisella vedenpoistolla. Yläpohjan lämmöneristeinä on mineraalivillaa (puhallusvillaa, villalevyä ja jäykkää villaa).

Rakennuksessa on vesikiertoinen keskuslämmitys. Rakennus on kytketty kaukolämpöverkkoon. Rakennuksessa on koneellinen tulo-poisto-ilmanvaihto. Lisäksi ulkoseiniin on asennettu painovoimaisia korvausilmaventtiileitä.

Rakennuksessa on tehty sisäilman parantamiseen liittyviä korjauksia 2011–2012 ja 2017. Vuoden 2011–2012 korjausten laajuus ei ole tiedossa. Vuoden 2017 korjauksissa H-, I-, J-, ja K-osilla uusittiin pinnoitteita ja tehtiin tiivistyskorjauksia. K-siiven pohjoisen puoleisen päädyn tilat kellarissa ja ensimmäisessä kerroksessa on otettu pois käytöstä rakenteissa havaittujen vaurioiden vuoksi.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksissa rakenteiden kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti ja rakenneavausten kautta. Rakenteista kerättiin materiaalinäytteitä mikrobi-vauriomääritykseen, haitta-aineanalyysiin ja VOC analyysiin. Sisätilojen puhtautta arvioitiin tiloista kerätyillä pölynkoostumusnäytteillä ja kahden viikon mineraalikuitunäytteillä. Paine-eroa sisä- ja ulkoilman sekä rakenteiden välillä seurattiin jatkuvatoimisella paine-eroseurannalla ja sisätilojen olosuhteita seurattiin jatkuvatoimisella olosuhdeseurannalla (CO₂, T, RH). Ilmanvaihtojärjestelmän kuntoa ja toimivuutta arvioitiin ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastuksella ja pistokoeluonteisilla ilmamäärämittauksilla. Rakennuksen kokonaiskunnon arvioinnissa hyödynnettiin 2014–2016

ja keväällä 2020 toteutettujen tutkimusten tuloksia soveltuvin osin ja tehdyt korjaukset huomioiden.

4. TÄRKEIMMÄT TULOKSET JA TOIMENPIDESUOSITUKSET

4.1. Ulkoalueet

Piha-alueella ei havaittu puutteita, jotka heikentäisivät rakennuksen kuntoa. Maanvastaisten rakenteiden ulkopuolisten vedeneristeiden kunto ja salaojien kunto on suositeltavaa tarkastaa sulan maan aikaan.

4.2. H-osa

Rakennusosa on rakennettu 2008 ja rakenteiden arvioitiin oleva pääosin hyväkuntoisia. Alapohjarakenteena on maanvarainen betonilaatta alapuolisella EPS eristeellä. Ulkoseinät ovat puurakenteisia ja betonisandwichelementtejä mineraalivilla- ja XPS-eristeellä. Yläpohjarakenne on räystäältä tuulettuva tasakatto.

Rehtorin huoneen 1322 kohdalla lattiapäällysteessä ja tasoitekerroksessa havaittiin etyleeni-glykolia vanhan glykolivuodon jäljiltä. Maaperästä todettiin paikoin pistemäistä ilmavuotoa sisätiloihin. Aulatilassa 1324 lattiatasolla olevan ikkunan karmin alta maaperästä kulkeutui mikrobiperäistä hajua sisätiloihin. Betonirakenteisissa ulkoseinissä ei havaittu merkittäviä puutteita tai vaurioita. Yläpohjarakenteissa ei havaittu vaurioita tai ilmayhteyttä sisätiloihin. Alakaton yläpuolella oli runsaasti rakennusmateriaalipölyä. Rakennusmateriaalipölyä kulkeutui sisätiloihin.

H-osan sisätilat olivat lievästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Painesuhteet olivat nykyohjeistuksen mukaiset. Tilojen ilmamäärät olivat pääosin suunnitelmien mukaisia. Liikuntasalin tuuloilmamäärässä oli noin 30 % vajausta. Olosuhdemittauksen perusteella ilmanvaihto oli riittävä tilan nykyiseen käyttöön nähden. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudessa ei ollut merkittäviä puutteita.

Altistumisolosuhdearvioinnin perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on **H-osan ti-loissa mahdollinen**.

4.3. I-osa

Rakennusosa on 1967 vuonna rakennettu ja rakenteita on peruskorjattu ja kunnostettu useaan kertaan vuosien aikana. Alapohjarakenteena on maanvarainen betonilaatta alapuolisella kevytsorabetonieristeellä. Ulkoseinät ovat pääosin kevytbetonielementtejä. Yläpohjarakenne on räystäältä tuulettuva tasakatto. Ulkoseinärakenteista oli aikaisemmissa korjauksissa osin poistettu vanhoja mikrobivaurioituneita eristeitä, mutta muun muassa sokkelien eristeet olivat alkuperäisiä ja niissä on todettu mikrobivaurioita. Vuonna 2017 toteutettiin laajat tiivistyskorjaukset rakennusosan alapohja- ja ulkoseinärakenteisiin.

I-osan alapohjarakenteessa oli pistemäisiä, systemaattisia ilmavuotoreittejä maaperästä sisätiloihin. Sokkelirakenteen ja ulkoseinäelementtien pystysaumojen mikrobivaurioituneista mineraalivillaeristeistä todettiin vähäistä, mutta systemaattista ilmavuotoa sisätiloihin. Yläpohjassa ei havaittu vaurioita, mutta J-osan vaurioituneesta yläpohjarakenteesta arvioitiin kulkeutuvan epäpuhtauksia I-osan opettajien huoneeseen 1044. Yläpohjasta todettiin merkittävää ilmavuotoa sisätiloihin rakennusosan etelän puoleisessa päädyssä. Alakaton yläpuolella oli runsaasti rakennusmateriaalipölyä. Rakennusmateriaalipölyä kulkeutui sisätiloihin.

I-osan sisätilat olivat lievästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Painesuhteet olivat nykyohjeistuksen mukaiset ja tilojen ilmamäärät olivat suunnitelmien mukaisia. Olosuhdemittauksen perusteella ilmanvaihto oli riittävä tilan nykyiseen käyttöön nähden. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudessa ei ollut merkittäviä puutteita.

Altistumisolosuhdearvioinnin perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on **I-osan tiloissa osin mahdollinen ja osin todennäköinen.**

4.4 J-osa

Alapohjarakenteena on pääosin kaksoislaattarakenne mineraalivillaeristeellä. Ulkoseinät ovat osittain puurakenteisia ja osittain kevytbetonielementtejä. Yläpohjarakenne on räystäältä tuuletettava tasakatto. Rakennusosa on vuodelta 1967 ja osa rakenteista on alkuperäisiä ja ainoastaan sisäpintoja on uusittu ja tiivistyskorjattu.

J-osan alapohjan mineraalivillaeriste on vaurioitunut rakennuksen etelän puoleisella seinustalla. Vaurioituneesta alapohjarakenteesta todettiin vähäistä/pistemäistä ilmavuotoa sisätiloihin. Ulkoseinäarakenteissa ei havaittu vaurioita, mutta alapohjarakenteista oli ilmayhteys ulkoseinäarakenteiden kautta sisätiloihin. Yläpohjarakenteessa todettiin puutteellisesta tuuleutuksesta aiheutuneita mikrobivaurioita. Yläpohjasta todettiin vähäistä ilmavuotoa sisätiloihin ulkoseinän ja yläpohjan rakenneliitoksissa.

J-osan sisätilat ovat alipaineisia ulkoilmaan nähden. Alipaineisuus on ajoittain voimakasta ja ylitti asumisterveysasetuksen ohjeistuksen. Tilojen ilmamäärät ovat suunnitelmien mukaisia. Olosuhdemittauksen perusteella ilmanvaihto oli riittävä tilan käyttöön nähden. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudessa ei ollut merkittäviä puutteita.

Arvioinnin perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on **J-osan tiloissa todennäköinen.**

4.5. K-osa

Rakennusosa on 1967 vuonna rakennettu ja rakenteita on peruskorjattu ja kunnostettu useaan kertaan vuosien aikana. Kellarissa alapohjarakenteena on maanvarainen betonilaatta alapuolisella EPS ja kevytsorabetoni eristeellä. Ensimmäisessä kerroksessa alapohjana on kaksoislaattarakenne mineraalivillaeristeellä ja alapuolisella ryömintätilalla. Kellarissa ulkoseinät

ovat betonirakenteita sisäpuolisella polyuretaani ja mineraalivillaeristeellä. Ensimmäisessä kerroksessa ulkoseinät ovat kevytbetonielementtejä. Välipohja on pääosin massiivibetonirakennetta. Liikuntasalin kohdalla on puukoolattu lattia ja väestönsuojatilojen yläpuolella on eristeenä hiekkakerros ja päällä betonilaatta. Yläpohjarakenne on katon alemmalla osalla räystäältä tuulettuva tasakatto mineraalivillaeristeellä ja ylemmällä tasolla heikosti tuulettuva tasakatto mineraalivillaeristeellä.

Kellarin alapohjarakenne on osin uusittu ja osin alkuperäinen. Alkuperäisellä osalla maaperän kosteus nousee paikoitellen alapohjarakenteeseen. Kellarin alapohjarakenteesta todettiin vähäistä ilmavuotoa sisätiloihin. Alapohjarakenteesta on ilmayhteys ulkoseinärakenteiden sisään. Ensimmäisessä kerroksessa ryömintätilallisessa alapohjarakenteesta ei havaittu mikrobivaurioita, mutta mineraalivillaeristeestä todettiin pistemäistä, voimakkuudeltaan merkittävää, ilmavuotoa sisätiloihin.

Kellarin idän puoleisen ulkoseinän alaosassa todettiin mikrobivaurioita. Etelän puolen seinästä kerätyssä näytteessä ei todettu vaurioita, mutta mikrobiperäinen haju viittaa seinärakenteen mikrobivaurioitumiseen. Kellarin ulkoseinärakenteista todettiin vähäistä ja merkittävää ilmavuotoa sisätiloihin. Sähköpääkeskuksen ulkoseinässä oli tiivistämättömiä läpivientejä maaperään. Ensimmäisessä kerroksessa sokkelirakenteen ja ulkoseinäelementtien pystysaumojen mikrobivaurioituneista mineraalivillaeristeestä todettiin vähäistä ilmavuotoa sisätiloihin.

Kellarin tiloissa oli alakaton yläpuolella, välipohjan alapinnassa, paikoin vanhoja muottilautoja ja laajalla alueella jäänteitä lastuvillasementtieristeestä. Väestönsuojan kohdalla välipohjassa olevasta vaurioituneesta hiekkakerroksesta todettiin pistemäistä, mutta voimakkuudeltaan merkittävää ilmavuotoa liikuntasaliin. Liikuntasalin kohdalla välipohjan villaeristeessä todettiin mikrobivaurio. Liikuntasalin lattiarakenne oli aistinvaraisesti epätiivis ja liikuntasali oli alipaineinen mineraalivillaeristeeseen nähden. K-osan käytöstä poistetulta alueelta todettiin pistemäistä ilmavuotoa aulatilaan 1375 ja ilmayhteys alakaton kautta porrashuoneeseen 0003.

Yläpohjarakenteesta ei havaittu mikrobivaurioita, mutta yläpohjan alemmalla tasolla todettiin merkittäviä ilmavuotoja sisätiloihin. Alakaton yläpuolella oli runsaasti rakennusmateriaalipölyä. Rakennusmateriaalipölyä kulkeutui sisätiloihin.

K-osan sisätilat olivat lievästi ja osin kohtalaisesti alipaineisia ulkoilmaan nähden. Sisätilojen alipaineisuus ylitti hetkittäin asumisterveysasetuksen toimenpiderajan. Tilojen ilmamäärät olivat suunnitelmien mukaiset. Olosuhdemittauksen perusteella ilmanvaihto oli riittävä tilan nykyiseen käyttöön nähden. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudessa ei ollut merkittäviä puutteita.

Tutkimuksissa alapohjarakenteesta olevan putkitunnelin ja ryömintätilan alipaineistuksen havaittiin olleen pois päältä, selvityksissä ei tullut tietoon kauanko puhallin oli ollut kiinni. K-osan käytöstä poistetulla alueella havaittiin toiminnassa olevia ilmanvaihtokanavia, jotka olisi

2017 korjaussuunnitelmien mukaan kuulunut ummistaa. Paine-eroseurannan perusteella alipaineistetuksi suunniteltu käytöstä poistettu alue ei pysynyt käytön aikana alipaineisena käytössä oleviin tiloihin nähden.

Altistumisolosuhtearvioinnin perusteella tavanomaisesta poikkeava olosuhde on **K-osan ti-loissa todennäköinen.**

4.6. Tehtyjen korjausten onnistuminen

Tutkimusten havaintojen perusteella pääosa tiivistyskorjauksista oli tehty 2017 korjaussuunnitelmien mukaisesti. Osassa tiivistyksistä havaittiin puutteita, osaa ei ollut tehty tai osaan rakenteista ei ollut suunniteltu korjauksia. Vuoden 2017 tiivistyskorjausten suunnitelmissa tiivistyskorjausten tavoitetasoksi oli määritelty tiiveystaso 2 (merkittävä tiiveyden parantaminen, pistemäiset ilmavuodot sallitaan). Tutkimusten havaintojen mukaan tiiveystaso vaatimus pääosin täyttyi alueilla, jotka oli korjattu suunnitelmien mukaisesti. Ottaen huomioon, että korjauksissa rakenteisiin on jäänyt mikrobivaurioituneita materiaaleja, ei tiiveystason 2 katsota olevan riittävä hyvän sisäilman laadun kannalta.

4.7. Toimenpide-ehdotukset

Korjaavina toimenpiteinä altistumisen vähentämiseksi tulee ulkovaippa- ja välipohjarakenteiden tiiveyttä parantaa (tiiveystaso 1) ja epäpuhtauslähteenä toimivien rakennuspölyjen puhdistaminen alakattojen yläpuolelta. Peruskorjaustasoisina (PTS 5 vuotta) toimenpiteinä rakenteissa havaitut mikrobivaurioituneet eristemateriaalit tulee poistaa ja riskirakenteet korjata kosteusteknisesti toimiviksi.

5. KIITOKSET

Kiitos työnantajalleni Sirate Group Oy:lle työpaikasta ja mahdollisuudesta suorittaa rakennusterveysasiantuntijan koulutus työn ohella. Kiitos asiakkaallemme mielenkiintoisesta ja haastavasta lopputyöaiheesta. Kiitos opinnäytetyön ohjaajalleni Timo Turuselle arvokkaista neuvoista projektiin liittyen. Kiitos myös Ratekon henkilöstölle ja luennoitsijoille asiallisesta ammattitaitoisesta opetuksesta ja käytännönasioiden järjestelemisestä poikkeuksellisen vuoden aikana. Lämmin kiitos myös mukaville kurssitovereille, joiden kanssa oli ilo opiskella.

6. LÄHDELUETTELO

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

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Ympäristöministeriö, Helsinki.

ENNAKOIVAN SISÄILMATOIMINNAN KEHITTÄMINEN OSAKSI TAMPEREEN KAUPUNGIN PALVELURAKENNUKSIEN YLLÄPITOPROSESSIA

Jenni Rämälä

Tampereen Tilapalvelut Oy

TIIVISTELMÄ

Tampereella on tunnistettu tarve kehittää Tampereen kaupungin palvelurakennuksien ennakoivaa sisäilmatoimintaa. Selvitysten mukaan Ruotsissa on ollut käytössä jo 90-luvulta asti pakollista ilmanvaihdon tarkastustoimintaa, ja Suomessa Senaatti-kiinteistöt ovat kehittäneet sisäilmapainotteista kuntoarviointia eli katsastustoimintaa. Senaatin katsastustoimintaa lähdettiin pilotoimaan ja kehittämään edelleen Tampereen sisäilmakatsastusmalliksi.

Pilotoinnin pohjalta todettiin, että sisäilmakatsastus sopii hyvin ennakoivan sisäilmatoiminnan osaksi. Säännöllisten sisäilmakatsastuksien avulla voidaan huomata kiinteistöjen sisäilmaan vaikuttavia riskejä ajoissa ja korjata niitä ennen kuin ne aiheuttavat tilojen käyttäjille sisäilmaoireilua tai koettua olosuhdehaittaa. Tämän pilotoinnin pohjalta Sisäilmakatsastus päätettiin ottaa Tampereella pysyväksi ylläpidon työkaluksi, keskeiseksi osaksi ennakoivaa sisäilmatoimintaa ja kohteen käytettävyyden riskienhallintaa.

Säännöllistä sisäilmakatsastusta suositellaan kaikille kiinteistönomistajille, erityisesti niille, joilla on suuri kiinteistömassa.

1. JOHDANTO

1.1 Sisäilmatoimintamalli ja ennakoiva sisäilmatoiminta Tampereen kaupungin palvelurakennuksissa

Tampereen Tilapalvelut on Tampereen kaupungin omistama in house –yhtiö, joka hoitaa Tampereen kaupungin palvelurakennusten (mm. koulut ja oppilaitokset, päiväkodit, virastot, terveysasemat, sairaalat, kirjastot, liikuntapaikat jne.) rakennushanke- ja ylläpitopalvelut. Huolehdimme rakennuksista koko niiden elinkaaren ajan, suunnittelusta ylläpitoon saakka.

Johdonmukainen työ paremman sisäilmaston vuoksi Tampereella on alkanut jo 90-luvun alussa, kun Tilapalveluiden edeltäjän, Tilakeskuksen toimesta perustettiin Sisäilman ohjausryhmä. Ohjausryhmässä käsiteltiin eri toimialojen sisäilma-asioita ja annettiin ohjeita kosteus- ja homevaurioiden hoitamiseen. Sittemmin ohjaava sisäilmatyö on edennyt harppauksin eteenpäin ja nykyään tiedetään, että sisäilmaongelmat ovat paljon muutakin kuin kosteus- ja homevaurioita. Tänä päivänä ymmärretään paremmin mm. sitä miten samat sisäilmasto-olosuhteet voivat kokemuksena olla hyvin erilaisia eri ihmisille. Myös ilmanvaihdon, siivouksen ja käytön merkitys sisäilmasto-olosuhteisiin on tunnistettu.

Tavat erilaisista syistä johtuvien sisäilmasto-ongelmien hoitamiseen ovat kehittyneet paljon vuosien varrella ja toimiva moniammatillinen tapa hoitaa sisäilmaselvitysprosesseja on hioutunut hyväksi. Tampereen kaupungin palvelurakennuksille on laadittu yhteistyössä ympäristöterveyden, työsuojelun, työterveyden, sisäilmatutkijoiden ja toimialojen kanssa sisäilmaongelmien selvitysprosessi, joka etenee kaikissa Tampereen kaupungin palvelurakennuksissa pääpiirteittäin samalla tavalla.

Sisäilmaongelmia on pyritty ehkäisemään kouluttamalla ylläpito- ja käyttöhenkilöstöä sisäilmaan liittyvistä asioista mm. oikean käytön ja huolellisen huollon merkityksellisyydestä. Kohteita on pyritty saamaan myös perusparannettaviksi ennen kuin niiden sisäilmasto-olosuhteet alkavat aiheuttaa käyttäjille oireita. Ennakoivan toiminnan kehittäminen on Tampereella jäänyt hieman akuuttien sisäilmaselvitysprosessien jalkoihin, vaikka hyviä edistysaskeleita ennakoivan sisäilmatoiminnan sarallakin on tehty. Tampereella onkin nyt tarkoitus ottaa seuraava suuri askel ennakoivan sisäilmatoiminnan osalta ja tehdä siitä jatkossa osa normaalia vuosittaista kiinteistön ylläpitoprosessia. Tärkeimpänä tavoitteena ennakoivan sisäilmatoiminnan kehittämisessä on löytää sen avulla todellisia keinoja sisäilmaongelmien ennaltaehkäisyyn.

1.2 ENNAKOIVA SISÄILMATOIMINTA SUOMESSA

Monissa kunnissa ennakoivaan toimintaan on paneuduttu hyvin vähän tai vasta lähiaikoina on lähdetty kehittämään toimintatapoja sisäilmariskien ennakointiin. Tämän työn määrittelyn lähtökohdaksi otettiin Terveet tilat 2028 -hankkeen tavoitteet ennakoivasta toiminnasta sekä Senaatti-kiinteistöillä käytössä oleva sisäilmapainotteinen katsastusmalli, johon saimme Senaatilta käyttöluvan. Työn aikana tutustuimme hieman myös Ruotsissa pakolliseen ilmanvaihdon tarkastusmalliin.

Suomessa ei ole tällä hetkellä määritelty pakollista, kiinteistönomistajien vastuulla olevaa, rakennusten säännöllistä kattavaa tarkastustoimintaa. Kuntotutkimuksien ja -arvioiden teettäminen on kiinteistönomistajan omista tarpeista johtuvaa. Talotekniikan säännöllistä tarkastustakaan ei ole käytössä, kuten esimerkiksi Ruotsissa. Hyvä kiinteistönomistaja haluaa toki tietää kiinteistöjensä kunnan ja tulossa olevat korjaustarpeet.

Suomessa on parhaillaan kuitenkin käynnissä FINVAC -organisaation toimesta Ilmanvaihdon katselmukset -hanke, jonka tavoitteena on arvioida vaihtoehtoisia ilmanvaihtolaitosten tarkastus- ja katselmusmenettelyjä sekä kehittää arvioin perusteella, sidosryhmien kanssa yhteistyössä, kuntotutkimusta kevyempi menettely ilmanvaihtolaitosten toiminnan varmistamiseksi. Hankkeen tuloksena on tarkoitus saada opas ilmanvaihtolaitteiston katselmuksen suorittamiseksi sekä selvitys katselmointia tekevien osaamistarpeesta (Finvac 2021).

Terveet tilat 2028 -hankkeen toimintamallissa olosuhteiden ja rakennusten kunnosta on sanottu seuraavaa:

”Kiinteistön omistajalla on velvollisuus tietää, missä kunnossa kiinteistöt ovat. Hyvä tapa on suorittaa säännöllisiä tarkastuksia ja katselmuksia, joita ovat esimerkiksi kiinteistökatselmus

ja kunnossapidon tarvekartoitus. Säännöllisillä tarkastuksilla saadaan mahdollisia ongelmia kiinni ennen niiden syntymistä tai pahenemista. Rakennuksen olosuhteita, teknisiä järjestelmiä ja talotekniikkaa voidaan seurata digitaalisesti erilaisin etämittauksin pitkälläkin aikavälillä. Olosuhteita voidaan seurata myös aktiivisella käyttäjäpalautteen keräämisellä. Käyttäjien kokemus sisäympäristöstä ja havainnot rakennuksen kuntoon vaikuttavista asioista sekä niiden hoidosta ovat tärkeitä.” (Terveet tilat 2028)

2. TAVOITTEET

Ennakoivan sisäilmatoiminnan tavoite Tampereella on laatia helposti käyttöönotettava malli, jonka avulla sisäilmaongelmia saadaan ehkäistyä ennen kuin ne ehtivät aiheuttaa merkittävää haittaa käyttäjille ja rakennukselle. Tavoitteena on löytää ja tunnistaa rakenteiden riskipaikat ajoissa ja estää näin mahdollisimman monen sisäilmaongelman syntyminen ajoissa.

Tampereen palvelurakennusten osalta päätettiin lähteä kokeilemaan Senaatti-kiinteistöjen valtion rakennuksissa käyttämää ja hyväksi koettua rakennusten sisäilmapainotteista katsastusmallia eli rakennuskatsastusta, jossa rakennuksen rakenteelliset ja ilmanvaihdolliset asiat katsastetaan määritellyn katsastusmallin mukaisesti. Tampereella katsastustoimintaa päätettiin kutsua sisäilmakatsastukseksi.

3. SISÄILMAKATSASTUSMALLI JA SEN PILOTOINTI

3.1 Senaatti-kiinteistöjen katsastusmalli

Katsastus on kuntoarvioluonteinen, mutta vain sisäilmaan vaikuttaviin tekijöihin kohdistuva tarkastus. Perinteisessä kuntoarviossa on rakennusosanimikkeitä ja tarkastelukohteita, joilla ei ole sisäilman laatuun merkitystä mm. alueen varusteet ja aluerakenteet. Myös sähkö- ja tietotekniset järjestelmät, energiatalous, ylläpidon kehitystarpeet, energian ja veden käyttö yms. on rajattu katsastuksen ulkopuolelle. Perinteiseen kuntoarvioon verrattuna tarkasteltavia nimikkeitä on siis täsmennetty ja rajattu (Koponen 2017).

Oleellinen ero katsastuksen ja kuntoarvion välillä on se, että sisäilmakatsastuksella pyritään nostamaan esiin ne asiat, mitkä eivät ole kunnossa ja voivat hoitamattomina vaikuttaa rakennuksen sisäilmaolosuhteisiin ja mahdolliseen sisäilmaoireiluun. Kuntoarviossa korjaustarpeita ja kiinteistön kuntoa tarkastellaan laajemmin myös niiden osa-alueiden osalta, joilla ei ole merkittävää vaikutusta sisäilmasto-olosuhteisiin.

Sisäilmakatsastuksessa kuntoluokka on katsastuksen perusteella kyseiselle rakennusosalle,

järjestelmänosalle tai asialle määräytyvä luokka, johon katsastettavan kohteen arvioidaan kuuluvan kuntonsa ja korjaustarpeensa kiireellisyyden puolesta. Luokituksen avulla rakennusosia ja rakennuksia voidaan verrata toisiinsa, mutta ensisijaisesti kuntoluokka kertoo tarkastettavan osan korjaus tai lisätutkimustarpeesta eli mahdollisesta sisäilmaan vaikuttavasta riskistä. Katsastuksessa tarkastettavalle kokonaisuudella annetaan arvosana 1 – 5, missä 1 on huono ja 5 on paras. Päätimme käyttää samaa luokitusta myös meidän ennakoivassa sisäilmakatsastuksessa.

Katsastuksessa kaikki rakenneosat arvioidaan pääsääntöisesti aistinvaraisesti ja pistokoemaisesti ainetta rikkomattomin mittausmenetelmin sillä laajuudella, että rakenneosista saadaan riittävä yleiskuva niiltä osin, kuin ei ole olemassa tarkempaa tutkimustietoa. Tarkastuksissa käytetään katsastuskortteja ja kuntoluokat määritellään niiden mukaan. Tarkastukset tehdään oletettuihin vaurio- ja riskipaikkoihin (Koponen 2020).

3.2 SISÄILMAKATSASTUKSEN PILOTOINTI

Kehitystyön käynnistämiseksi testasimme Senaatti-kiinteistöjen katsastusmallia sellaisenaan kahdessa Tampereen kaupungin omassa kohteessa; koulussa ja päiväkodissa. Katsastukset teetettiin yhteistyökumppanilla, joka tekee aktiivisesti sisäilmakatsastuksia myös Senaatti-Kiinteistöille. Ensimmäisten pilottikatsastusten jälkeen saimme hyvän näkemyksen siitä, miten katsastustoiminta soveltuu meidän tarpeisiimme ja mitä asioita haluaisimme siinä mahdollisesti kehittää. Ensimmäisten katsastusten jälkeen teimme katsastusmalliin tarpeidemme mukaisia muutoksia ja testasimme sitä vielä muutamissa kohteissa ennen lopullista käyttöönottoa. Yhteensä katsastuksia tehtiin pilotointivaiheessa kahdeksaan eri rakennukseen.

3.3 PILOTOINNIN TULOKSET

Sisäilmakatsastuksen pilotointiin pyrittiin valitsemaan mahdollisimman tavallisia kohteita ja kohteita, joissa ei tietojemme mukaan ollut sisäilmaselvitysprosessia käynnissä. Optimistinen toiveemme oli, että kiinteistöjemme ylläpidollisissa ja huollollisissa asioissa olemme lähtökohtaisesti sillä tasolla, että sisäilmakatsastuksissa ei nouse esille mitään merkittäviä puutteita tai jatkotutkimustarpeita. Kunnossapidon osalta oletimme joitakin tarpeita nousevan esille jokaisessa kohteessa.

Katsastusten tuloksena jokaisesta sisäilmakatsastuskohteesta löytyi sellaisia korjaus- tai jatkotutkimustarpeita, jotka hoitamattomana voivat vaikuttaa sisäilmaolosuhteisiin tulevaisuudessa. Sisäilmakatsastuksissa löytyi myös vikoja ja puutteita, jotka ovat jo vaikuttaneet rakennuksen sisäilmaolosuhteisiin. Voidaan siis sanoa, että sisäilmakatsastuksesta on hyötyä katsastuskohteiden sisäilmaolosuhteisiin, mikäli sisäilmakatsastuksissa havaitut jatkotoimenpiteet tarkastetaan, huomioidaan ja tarvittaessa korjataan.

Yleisesti voidaan todeta, että ilmanvaihtokatsastuksissa nousi enemmän jatkotoimenpide-ehdotuksia, kuin rakennekatsastuksissa. Ilmanvaihtokatsastuksissa jatkotoimenpide-ehdotuksia oli yhteensä 36 kpl ja rakennekatsastuksissa yhteensä 24 kpl kaikissa kahdessa pilotointikohteessa. Ilmanvaihdon osalta yleisimpiä jatkotoimenpide-ehdotuksia olivat iv-koneiden asetusarvojen tarkistus (3 kpl), lämmitysjärjestelmän toiminnan tarkastus (3 kpl), iv-koneiden käyntiaikojen tarkistus (3 kpl) ja ulkoilmasäleikön mitoituksen tarkastus (3 kpl). Ilmanvaihtojärjestelmästä nousi esille myös useita ilmanvaihtokoneeseen liittyviä jatkotoimenpide-ehdotuksia. Rakennekatsastuksien yleisimpänä jatkotoimenpide-ehdotuksena tehtyjen sisäilmakatsastusten perusteella pilotointikohteissa on rakenneavaus (6 kpl), tarkempi lämpökuvaus (3 kpl) ja radonmittaustarve (3 kpl).

Rakennekatsastuksessa oli suurin osa arvosanoista hyvällä tasolla (arvosana 4 tai 5), kun taas ilmanvaihtokatsastuksessa tyydyttävällä tai hyvällä tasolla (arvosana 3 tai 4). Kummassakaan katsastusosiossa, rakennekatsastuksessa tai ilmanvaihtokatsastuksessa, ei tullut huonoimman arvosanan, eli arvosanan 1, tuloksia. Ilmanvaihtokatsastuksissa oli katsastettaviin asioihin suhteutettuna enemmän huonoja, arvosanan 2, arvosanoja.

3.4 SISÄILMAKATSASTUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO

Koska pilotoinnin pohjalta voitiin todeta, että sisäilmakatsastuksen avulla voidaan löytää sisäilmaan vaikuttavia mahdollisia riskejä tarkastetuilta osa-alueilta, niin sisäilmakatsastus päätettiin ottaa säännölliseksi osaksi kiinteistöjen ennakoivaa sisäilmatoimintaa.

Tammikuussa 2021 päätettiin, että Tampereella sisäilmakatsastus tehdään noin 20 kohteeseen vuosittain. Katsastus tehdään kohteisiin, joissa ei ole aktiivista sisäilmaongelmaa ja rakennukset ovat kiinteistöomistajan (Tampereen kaupunki) omistuksessa. Kohdevalinta tehdään vuosittain yhdessä Tilapalveluiden kiinteistökohteen johtamisen ja kiinteistön omistajan kanssa. Tarvittaessa voidaan kuulla myös terveydensuojelun ja työsuojelun näkökulmia. Tulevina vuosina katsastusmäärää voidaan kasvattaa, kun nähdään, miten toiminta lähtee käyntiin.

4. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehdyn pilotoinnin osalta voidaan todeta, että sisäilmakatsastuksella voidaan vaikuttaa kiinteistön teknisen kunnon hallintaan ja havaita mahdollisia sisäilmaan vaikuttavia riskitekijöitä, jopa enemmän kuin olimme etukäteen ajatelleet. Todennäköisesti sisäilmakatsastustoiminnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi sisäilmaongelmien ehkäisyyn. Olettaen tietysti, että sisäilmakatsastuksessa esitetyt jatkotoimenpiteet tehdään katsastuksen jälkeen ja katsastustoiminnasta tulee säännöllinen osa kiinteistön ylläpitoprosessia.

Kokonaisuutena sisäilmakatsastuksen pilotointi ja suunniteltu käyttöönotto on otettu vastaan erittäin innostuneesti ja positiivisesti niin kiinteistöjen ylläpidossa kuin kiinteistön omistajan taholta. Sisäilmakatsastus on nähty tärkeänä lisänä kiinteistökannan kunnon seurantaan. Kiinteistön omistajana Tampereen kaupungin Kiinteistöt, tilat ja asuntopolitiikka-palveluryhmä on sitoutunut toiminnan jatkamiseen ja kehittämiseen. Paremmalla ja ajantasaisella kiinteistöjen kuntotiedolla kiinteistönomistaja voi tehdä oikea-aikaisia, ja täten myös kustannustehokkaita, päätöksiä kiinteistön korjauksista. Käyttökokemuksiemme perusteella suosittelen säännöllistä sisäilmakatsastustoimintaa kaikille kiinteistönomistajille, mutta erityisesti suurien kiinteistömassojen omistajille, kuten kunnille.

5. KIITOKSET

Työn valmistumista ovat ohjaajieni Dimen Oy:n Kimmo Lähdesmäen ja Senaatti-kiinteistöjen Anne Korven lisäksi omalla työpanoksellaan tukeneet myös pilotointikohteiden katsastajana toiminut Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n Toni Lammi, Tilapalveluiden kiinteistökohteiden johtamisen henkilöstö sekä kiinteistöjen omistaja Tampereen kaupunki ja erityisesti Elinvoiman ja kilpailukyvyn palvelualueen Kiinteistöt, Tilat ja Asuntopolitiikka -palveluryhmän kiinteistöpäälliköt. Osallistumisesta ja kommentaareista olen äärimmäisen kiitollinen.

6. LÄHDELUETTELO

FINVAC – The Finnish Association of HVAC Societies FINVAC ry:n internetsivu.

25.3.2021 <https://finvac.org/iv-katselmukset/>

Koponen Risse. Rakenteiden katsastusmalli osana Senaatti-kiinteistöjen ennakoivaa sisäilmaohjelmaa. Rakennusterveysasiantuntija Opinnäytetyö 2017.

Koponen Risse. Senaatti-kiinteistöt, Rakenteiden ja ilmanvaihdon katsastukset 2.0 Katsastajan ohjeet. 27.1.2020

Koponen R., Pipatti P., Korpi A. Rakenteiden ja ilmanvaihdon katsastusmallit, Sisäilmastoseminaari 2017. 2017.

Terveet Tilat 2028 -projektin internetsivut. Olosuhteiden ja rakennuksen kunnon seuranta. 10.3.2021

<https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/kiinteiston-kaytto-ja-yllapito/rakennuksen-kunnon-seuranta>