OULUN AMMATTIKORKEAKOULU

Jonna Mustonen

QPCR-menetelmän tuoma lisäarvo kuntotutkimuksissa

QPCR-menetelmän tuoma lisäarvo kuntotutkimuksissa

Jonna Mustonen
Insinöörityö
Kevät 2019
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, rakennesuunnittelu

Tekijä: Jonna Mustonen
Opinnäytetyön nimi: QPCR-menetelmän tuoma lisäarvo kuntotutkimuksissa
Työn ohjaaja: Sanna Alitalo, Oulun ammattikorkeakoulu; Antti Strömmer, Sitowise Oy
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2019
Sivumäärä: 60 + 3 liitettä

Perinteisten viljelymenetelmien rinnalle rakennusmateriaalien mikrobikasvuston todentamiseen on kehitetty kvantitatiivinen qPCR-menetelmä, joka perustuu perimäaineksen eli DNA:n määritykseen. Menetelmää käytetään nykyisin yhä enenevissä määrin kosteus- ja homevauriodiagnostisena välineenä. Määrityksessä qPCR-menetelmä osoittaa sekä elävät että kuolleet/viljelykelvottomat mikrobisolut näytteestä, kun taas viljelymenetelmillä saadaan vain elävät mikrobit tunnistettua. Lisäksi menetelmä on viljelyyn verrattuna nopea, sillä analyysitulos valmistuu muutamassa tunnissa. QPCR-menetelmällä on huomattavia etuja verrattuna perinteisiin viljely- ja kasvatusmenetelmiin, joita tässä opinnäytetyössä käsitellään tarkemmin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Sitowise Oy:n kuntotutkimusaineiston perusteella qPCR-menetelmän tuomaa lisäarvoa kuntotutkimuksissa. Opinnäytetyön aineistoksi valikoitiin ne kohteet, joissa oli käytetty viljely- ja qPCR-menetelmiä rinnakkain. Aineistosta laadittiin yhteenveto ja kooste qPCR-menetelmän eduista ja kerättiin yhteen hyödyllistä tietoa seuraavia tutkimuksia varten.

Tiedon kerääminen ja aiheeseen tutustuminen aloitettiin kuntotutkimustehtävissä kohteessa kesällä 2017, jolloin otettiin viljely- ja qPCR-näytteitä. Näytteitä otettiin kohteessa pätevän tutkijan opastuksella. Aiheeseen perehdyttiin tutustumalla yrityksen kuntotutkimusraporttien lisäksi aiheesta löytyviin mikrobiologisiin oppaisiin, ohjeisiin ja alalla toimivien yritysten julkaisuihin.

Tässä työssä lähtötietoina käytettävien kohteiden kuntotutkimusten ja niistä laadittuihin sisäilma- ja kuntotutkimusraportteihin perehtymisen myötä todettiin, että qPCR-menetelmällä on ollut merkittävä lisäarvo kohteiden mikrobivaurioiden selvitystyössä. Opinnäytetyössä kerätyn aineiston avulla saatiin tutkijoille laadittua viljely- ja qPCR-menetelmillä tehdyistä tutkimuksista hyvä työkalu, josta tulokset löytyvät kootusti ja jota voi hyödyntää seuraavissa kuntotutkimuksissa.

Asiasanat: Sisäilmaongelmat, kosteus, home, mikrobiviljely, kvantitatiivinen reaaliaikainen polymeraasiketjureaktio (qPCR).

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Civil engineering, House Building Engineering

Author: Jonna Mustonen
Title of thesis: QPCR Method in the Condition Surveys of Buildings
Supervisor(s): Sanna Alitalo, Oulu University of Applied Sciences, Antti Strömmer, Sitowise OY
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2019
Pages: 60 + 3 appendices

Quantitative qPCR method has been developed for the verification of the microbial growth in building materials, based on the determination of the genetic material DNA. The method is used as a diagnostic tool for moisture and mold damage. QPCR assay method can detect both live and dead microbial cells from the sample, while culture methods can only detect living microbes. Furthermore, this method is fast compared to cultivation, because the analysis is completed in a few hours. The qPCR method has considerable advantages over traditional cultivation and breeding methods that are discussed in more details in this thesis.

The aim of the thesis was to investigate whether the qPCR method provides added value to condition surveys of buildings the study is based on Sitowise OY's condition surveys materials. The sample material for this thesis was selected from the subjects where the cultivation and qPCR methods were used in parallel. A summary of the research and the benefits of the qPCR method were compiled, and useful information was collected for the following investigation. The subject became familiar by reviewing the microbiological guides, guidelines and publications of active companies in the field.

Data collection and getting to know the topic was started in condition survey tasks in the summer of 2017, when the cultivation and qPCR samples were taken, together with a qualified researcher. Based on the studies and the reports used in this work, it was found that the qPCR method has been a significant added value in the investigation of microbial damage of the buildings.

Keywords: Indoor air problems, moisture, mold, detection methods, cultivation, DNA based methods.

ALKULAUSE

Haluan kiittää opinnäytetyön toimeksiantajaa Sitowise Oy:tä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja mahdollisuudesta työskennellä kuntotutkimustehtävissä ammattitaitoisten tutkijoiden työparina. Opinnäytetyön aihetta tutkiessani olen oppinut paljon uusia asioita ja kiinnostukseni kuntotutkijan työnkuvaan kasvanut entisestään. Kiitokset ansaitsevat myös kotiväki, perhe ja läheiset kaikesta saamastani tuesta, joustavuudesta ja lapsenhoitoavusta. Ne ovat mahdollistaneet opintojeni loppuun suorittamisen ja opinnäytetyöni valmistumisen.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ 3
ABSTRACT 4
ALKULAUSE 5
SISÄLLYS 6
1 JOHDANTO 8
2 RAKENNUSTEN KUNTOTUTKIMUKSET 9
2.1 Ilmanvaihto-ongelmat 11
2.2 Kosteus- ja homevauriot 12
3 MIKROBIEN ESIINTYMINEN 14
3.1 Korjausrakentamisen tutkimusmenetelmät 14
3.2 Näytteenotto 15
4 KASVATUS- JA QPCR-MENETELMIEN VERTAILU 17
4.1 Kasvatusmenetelmän hyödyt ja haitat 17
4.2 QPCR-menetelmän hyödyt ja haitat 18
4.3 Menetelmien hintaerot 20
5 KORJAUSKOHTEIDEN TUTKIMUSAINEISTO 23
5.1 Tutkimuskohteen 1 lähtötiedot 23
5.2 Tutkimuskohteen 2 lähtötiedot 24
5.3 Tutkimuskohteen 3 lähtötiedot 24
6 RAKENNEAVAUKSET JA NÄYTTEENOTOT KOHTEISSA 26
6.1 Tutkimukset kohteessa 1 26
6.2 Tutkimukset kohteessa 2 34
6.3 Tutkimukset kohteessa 3 37
7 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET 40
7.1 Näytetulokset kohteessa 1 40
7.2 Johtopäätökset tutkimuskohteen 1 näytteiden tuloksista 47
7.3 Näytetulokset tutkimuskohteessa 2 49
7.4 Johtopäätökset tutkimuskohteen 2 näytteiden tuloksista 51
7.5 Näytetulokset tutkimuskohteessa 3 52
7.6 Johtopäätökset tutkimuskohteen 3 näytteiden tuloksista 56
8 YHTEENVETO 58
LÄHTEET 60

LIITTEET

Liite 1 Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit (yrityksen sisäisessä käytössä)

Liite 2 QPCR-materiaalinäyteraportit (yrityksen sisäisessä käytössä)

Liite 3 Suoraviljelyn materiaalinäyteraportit (yrityksen sisäisessä käytössä)

1 JOHDANTO

Kvantitatiivinen reaaliaikainen polymeraasiketjureaktio (qPCR)–menetelmä perustuu genotyyppiseen tunnistukseen, joka mittaa tietyn, ennalta määrätyn, DNA-jakson määrää näytteessä. QPCR-menetelmällä analyysissä havaitaan kuivuneiden ja kuolleiden mikrobisolujen DNA:an ja siksi menetelmää käytetään yhä enemmän kosteus- ja homevauriodiagnostisena välineenä. (Eklund 2012, 12; Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit -> qPCR-menetelmä.)

Opinnäytetyön aiheena on tutkia qPCR-näytteiden hyötyä rakennusten kuntotutkimuksissa sekä lisäarvoa, joita se tuo muihin viljelymenetelmiin verrattuna. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi suunnittelu- ja konsultointitoimisto Sitowise Oy, jolla oli tarve tutkia kyseistä mikrobianalyysi menetelmää ja selvittää, minkälaista lisäarvoa menetelmällä saadaan rakennusten kuntotutkimuksissa.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Sitowise Oy:lle, mitä hyötyä ja lisäarvoa qPCR-menetelmällä saadaan rakennusten kuntotutkimuksissa. Lisäarvon selvittämisessä aineistona käytetään Sitowise Oy:n qPCR-analyysin ja tavallisten viljelymenetelmien avulla suorittamista kuntotutkimuksista saatuja tuloksia. Tavoitteena on koota aineistosta ja tuloksista kooste qPCR-menetelmän eduista

Sitowise syntyi, kun infra- ja talonrakentamisen asiantuntijat Sito Oy ja Wise Group Finland Oy yhdistyivät vuonna 2017. Asiantuntijoiden kokemusta ja osaamista Sitowisen taustalla on jo yli 40 vuoden ajalta. Sitowise on nykyisin yli 1 400 hengen asiantuntijayritys, joka tarjoaa asiakkailleen rakennetun ympäristön suunnittelu-, asiantuntija- ja digitaaliset palvelut.

2 RAKENNUSTEN KUNTOTUTKIMUKSET

Rakennusten sekä asuin- ja työtilojen terveydellisistä oloista säädetään maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999), terveydensuojelulaissa (763/1994) ja työturvallisuuslaissa (738/2002) sekä lakien nojalla annetuissa asetuksissa ja määräyksissä ja näitä selventävissä alemmissa ohjeissa. MRL 166 §:n mukaisesti rakennus ympäristöineen on pidettävä sellaisessa kunnossa, että se täyttää terveellisyyden, turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden vaatimukset (L 5.2.1999/132). Suomen terveydensuojelulain (763/1994) 26 §:n mukaisesti asunnon ja muun sisätilan sisäilman olosuhteiden tulee olla terveydellisesti turvallisia, eivätkä haju, kosteus, lämpötila, ilmanvaihto, valo, säteily, melu, mikrobit ja muut vastaavat tekijät saa aiheuttaa terveyshaittaa tilassa oleskeleville (L 19.8.1994/763).

Kosteus- ja homevauriot vaikuttavat sekä ihmisten terveyteen että rakennusten kuntoon. Suomessa ihmisten on arvioitu viettävän lähes 90 prosenttia ajasta sisätiloissa, jolloin keskimääräinen sisään hengitetty sisäilman määrä on noin 15 000 litraa vuorokaudessa. Sisäilman ja rakenteiden puhtaus on näin ollen avainasemassa niin viihtyvyyden kuin terveyshaittojenkin kannalta. Ympäristöministeriön arvion mukaan kosteus- ja homevaurioperäisille sisäilman epäpuhtauksille altistuu Suomessa päivittäin 600 000 – 800 000 ihmistä, joista osa sairastuu astmaan, hengitystieoireisiin, infektioihin tai erilaisiin silmä- ja iho-oireisiin. Sisäilman epäpuhtauksille altistuvilla on todettu myös uupumusta, väsymystä, päänsärkyä, huimausta, kuumetta, vatsa- ja niveloireita sekä muistin ja kognitiivisen toimintakyvyn heikkenemistä. (Hengitysliitto, linkit Julkaisut & tarinat -> Opas sisäilmasta.)

Asuinrakennusten lisäksi ihmiset altistuvat kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamille terveyshaitoille päiväkodeissa, kouluissa, toimistorakennuksissa ja jopa sairaaloissa. Rakennekosteus- ja homevauriot on syytä korjata välittömästi rakennuksesta, koska rakenteissa oleva mikrobikasvusto niin kasvuvaiheessa kuin kuivuneena tai kuivattuna voi olla terveydelle haitallista. Mikrobiologisilla tutkimuksilla voidaan varmentaa mikrobikasvuston laajuus sekä arvioida rakennuksen kuntoa turvallisuuden ja terveysvaikutteiden kannalta. (STM:n oppaita 2003:1, 71.)

Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa tutkitaan kokonaisvaltaisesti kosteusvaurioituneet tai sellaisiksi epäillyt rakenteet sekä muut sisäilmanlaatuun mahdollisesti vaikuttavat rakenneosat sekä materiaalit. Lisäksi huomioitavaa on talotekninen toiminnallisuus sekä mahdolliset muut sisäilmanlaatuun vaikuttavat tekijät. Myös rakennuksen irtaimistolla voi olla sisäilmaongelmiin vaikuttavia tekijöitä. Kuntotutkijan tehtävänä on analysoida tutkimustulokset ja niiden merkittävyyden tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen kokonaisuutena. Tutkija esittää toimenpide-ehdotukset analysoinnin perusteella ja laatii tutkimusselostuksen, joka sisältää tutkimustulokset, analyysit ja toimenpide-ehdotukset. (YO 2016, 226.)

Taulukossa 1 on listattu yleisimmät rakennuksien sisäilman laatua heikentävät tekijät ja niiden aiheuttamat haitat ja oireet käyttäjien terveydessä (YO 2016, 15). Yleisimmät haitat ja oireet sisäilmaongelmissa ovat hajuhaitat, silmä-, iho- ja hengitystieoireet.

TAULUKKO 1. Yleisimmät sisäilman laatua heikentävät tekijät ja niiden aiheuttamat haitat ja oireet (YO 2016, 15)

Epäpuhtaus tai muu haittatekijä	Tavanomainen lähde/syy	Haitta / oire
Allergeenit	Koti- ja lemmikkieläimet, siitepölyt, kemikaalit, pöly- ja varastopunkit, mikrobikasvustot	Allerginen nuha, silmä-, astma- ja iho-oireilu
Ammoniakki	Materiaalien kosteusvauriot, viemärit, lemmikkieläimet, tupakointi	Hajuhaitat, ärsytysoireet
Asbestikuidut	Useat eri rakennusmateriaalit	Syöpäriskin kasvu, asbestoosi
Formaldehydi	Lastulevyn ym. materiaalien kosteusvauriot, sisustustuotteet, tekstiilit ja pesuaineet	Hajuhaitat, ärsytysoireet, kosketusihottuma, syöpäriskin kasvu.
Hiilidioksidi (CO_2)	Ihmiset, lemmikkieläimet, heikko ilmanvaihto	Suuri pitoisuus viittaa tilojen käyttöön nähden riittämättömään ilmanvaihtoon. Erittäin korkeissa pitoisuuksissa väsymys, päänsärky.
Hiilimonoksidi (häkä, CO)	Tulisijat, liikenne	Häkämyrkytys, tukehtumiskuolema
Häiritsevät hajut	Materiaalien kosteusvauriot, ilmavuodot rakenteista, materiaalit, kemikaalit, käyttäjät	Ärsytysoireet, epämukavuus
Vähäinen ilmanvaihtuvuus	Heikkotehoinen ilmanvaihto, IV-järjestelmän viat, ilmanjaon puutteet	Epäpuhtauksien kertymisestä aiheutuva oireilu ja epämukavuus
Liiallinen alipaineisuus rakennuksen ulkovaipan yli	Ulkoilmavirtoihin nähden liialliset poistoilmamäärät	Epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteista sisäilmaan
Kuiva sisäilma	Kylmä ja kuiva ulkoilma	Ihon ja limakalvojen ärsytysoireet, oireiluherkkyyden kasvu
Lämpötila, liian matala tai korkea, vetoisuus	LVI-järjestelmän puutteet ja säätövirheet, pintasäteily, ilmavuodot	Epämukavuus, sairastavuuden lisääntyminen
Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet	Kosteus- ja mikrobivauriot, ilmavuodot rakenteista, IV-kanaviston epäpuhtaudet kosteissa järjestelmänosissa	Hengitystieärsytys, astma, allergiset sairaudet, hengitystieinfektioiden lisääntyminen, yleisoireet
Otsoni	Ilmanpuhdistimet, kopiokoneet	Hengitysteiden ärsytysoireet. Voimistaa allergeenien vaikutusta
PAH-yhdisteet	Vanhat kosteuseristeet, kivihiilipiki, polttotapahtumat	Hajuhaitat, syöpäriskin kasvu
PCB	Rakennusmateriaalit, mm. elementtisaumausmassat ja maalit, lämmönsiirtonesteet	Syöpäriskin kasvu
Pienhiukkaset	Ulkoilma (teollisuus, liikenne), tupakansavu, kopiokoneet, kosteusvauriot, pienpoltto, kynttilät ja tulisijat	Viihtyvyyshaitat, sydän- ja hengityselinsairaudet, astma
Radon	Maaperä, rakennuksen alustäyttö	Keuhkosyöpäriskin kasvu
Teolliset mineraalivillakuidut	Lämmön- ja ääneneristysmateriaalit rakenteissa ja IV-järjestelmässä	Silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet
VOC-yhdisteet (haihtuvat orgaaniset yhdisteet, engl. volatile organic compounds)	Kosteusvauriot, rakennusmateriaalit, sisustusmateriaalit, tekstiilit, pesuaineet, kosmetiikka, ihmiset ja lemmikkieläimet	Ärsytysoireet, astma
Öljyhiilivedyt	Rakennusmateriaalit (mm. valuasfaltti), öljyvahingot rakenteisiin ja maaperään rakennuksen alla	Hajuhaitat

2.1 Ilmanvaihto-ongelmat

Sisäilmaongelmat ovat tyypillisesti monen tekijän summa ja niiden selvittäminen vaatii useasti laajamittaisia tutkimuksia. Ilmanvaihdon riittämättömyys on usein ensimmäinen tekijä sisäilmaongelmissa ja etenkin vanhoissa julkisissa rakennuksissa. Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa asunnon ja muiden oleskelutilojen sisäilmasta liiallista lämpöä,

kosteutta ja ilman epäpuhtauksia sekä samalla tuoda puhdasta korvausilmaa tilalle. (YO 2016, 82.)

Rakennuksen ilmanvaihdosta johtuvat terveyshaitat voivat aiheutua riittämättömästä tai liian tehokkaasta ilmanvaihdosta tai huonokuntoisista ja epäpuhtaista ilmanvaihtolaitteen osista tai kanavista. Ongelmat voivat johtua väärin suunnitellusta tai toteutetusta ilmanvaihtojärjestelmästä sekä huonosta kunnossapidosta. Ilmamäärät voi olla väärin mitoitettua, jolloin tuloilma ei jakaannu koko tilaan eikä ilma vaihdu riittävästi tai ilmanvaihdon väärin suuntaamisen vuoksi tilassa voi tuntea vetoa. Terveydelle haitallisia epäpuhtauksia voi päästä huoneilmaan, mikäli ilmanvaihtojärjestelmä on epätasapainossa tai jos ilmanvaihtojärjestelmän osissa on paljaita mineraalivillaeristeitä. Sisäilmaan voi päästä orgaanisia yhdisteitä paljaista mineraalivilla lähteistä esimerkiksi tuloilmaventtiilistä, ääniloukuista tai tuloilmakammioista. (Julkisten rakennusten sisäilmaongelmat – paljonko on paljon. 2014; STM:n oppaita 2003:1, 21; YO 2016, 82.)

Ilmanvaihdolliset ongelmat voi aiheuttaa tunkkaisuuden tunnetta, päänsärkyä, väsymystä ja keskittymiskyvyn heikkenemistä sekä häiritsevää melua. Ilmanvaihdon tutkiminen on tarpeellista, mikäli tilassa oleskelevat oireilevat tai ilmanvaihdon epäillään toimivan puutteellisesti. Ilmanvaihtolaitteiden toiminta tulee tarkastaa ensisijaisesti ja sisäilman laatua havainnoida aistinvaraisesti. Tarvittaessa tehdään tilaan mittauksia, kuten ilmavirta-, painesuhde- tai kulkeumamittauksia, joiden perusteella saadaan ilmanvaihdon toiminnallisuus todennettua. (STM:n oppaita 2003:1, 21; YO 2016, 82.)

2.2 Kosteus- ja homevauriot

Rakennuksen rakenteissa esiintyvä ylimääräinen kosteus on ongelmallista, koska se voi aiheuttaa rakenteen vaurioitumisen tai johtaa terveyshaittaa aiheuttavaan mikrobikasvuston kehittymiseen rakenteissa eli kosteusvaurioon. Rakenteissa koholla olevat kosteusarvot voivat olla merkki vesivahingosta, rakentamisen aikana rakenteisiin jääneestä kosteudesta, veden kondensoitumisesta tai veden kapillaarisesta noususta rakenteisiin tai muista syistä, jotka aiheuttavat rakenteiden jatkuvan kastumisen. Rakenteissa ja rakennusmateriaaleissa voi kosteusvaurion seurauksena tapahtua kemiallista hajoamista, jolloin sisäilmaan vapautuu esimerkiksi ammoniakkia, formaldehydiä ja orgaanisesti haihtuvia yhdisteitä. (STM:n oppaita 2003:1, 17.)

Rakenteisiin ja rakennuksessa käytettyihin materiaaleihin syntyy kosteus- ja mikrobivaurioita, kun niihin kohdistuva kosteusrasituksen sietokyky ylittyy. Se ei ole kuitenkaan täysin yksiselitteistä, missä vaiheessa rakenteen sietokyky ylittyy, mutta yleisesti ottaen kosteusrasitus ei saisi vallita pitkällä aikavälillä. Riittävän nopealla kuivattamisella voidaan välttää yksittäisen kosteusvaurion- tai rasituksen esimerkiksi putkivuodon aiheuttamat kosteus- ja mikrobivauriot rakenteissa. (YO 2016, 101.)

Rakenteiden kosteusrasitukset ja materiaalien kuivumiskyky perustuvat erilaisiin fysikaalisiin kosteuden siirtymistapoihin ja niiden yhdistelmiin. Analyysi rakenteen kosteusteknistä käyttäytymistä kosteusvahingon sattuessa perustuu nimenomaan kosteusrasitusten ja rakenteiden kuivumisnopeuksien arviointiin. Rakennuksen onnistunut kosteustekninen kuntotutkimus edellyttää kuntotutkijalta ymmärrystä rakenteiden ja rakennusmateriaalien kosteusteknisestä käyttäytymisestä. Tämä varmistaa sen, että rakennuksen kuntotutkimussuunnitelmassa ja varsinaisissa tutkimuksissa sekä raportoinnissa keskitytään oikeisiin asioihin ja tehdään asianmukaiset johtopäätökset. (YO 2016, 101.)

3 MIKROBIEN ESIINTYMINEN

Mikrobikasvustolla tarkoitetaan rakennuksessa olevilla pinnoilla tai rakenteissa esiintyvää home-, hiiva tai bakteerikasvustoa, joka voi olla silminnähtävää tai se on varmennettu mikrobiologisten analyysien avulla (Eklund 2012, 11). Mikrobikasvun kannalta oleellisia tekijöitä ovat toimiva kasvualusta ja materiaalipinnan kosteustaso sekä lämpötila eikä niinkään huoneilman olosuhteet. Kasvualustan olosuhteet vaikuttavat siihen, millainen mikrobilajisto materiaalille kehittyy, sillä mikrobilajit ovat erikoistuneet kasvamaan ja muokkaantumaan erityyppisten kasvuympäristöjen mukaan. (YO 2016, 130.)

Olosuhteiden vaihdellessa myös mikrobilajisto muuttuu sen myötä ja muokkaa itse kasvuympäristöään. Ensimmäisenä kosteusvaurion kehittyessä ilmestyvät vauriokohtaan home- ja hiivasienikasvustot. Mikrobikasvustoa voi ilmentyä optimaalisissa olosuhteissa herkästi homehtuvalla materiaalilla jo muutamassa päivässä tai viikossa. Huonommissa olosuhteissa kestävällä materiaalilla mikrobikasvuston kasvuun voi mennä jopa vuosia ja esimerkiksi sädesienten kasvu on homekasvustoa hitaampaa. (YO 2016, 130.)

Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 545/2015 mukaan toimenpiderajan ylittymisenä pidetään

- kosteus- ja lahovauriota
- aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa materiaalinäytteellä todettua mikrobivauriota
- mikrobivauriota rakenteessa tai tilassa, joka voi aiheuttaa rakennuksen käyttäjän altistumista. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 3.)

3.1 Korjausrakentamisen tutkimusmenetelmät

Kuntotutkimus ja korjaushanke käynnistyy yleensä käyttäjäkyselyllä, josta selviävät heidän kokemusperäiset sisäilman ongelmat kyseisestä rakennuksesta sekä mahdolliset vuoto- tai vauriohavainnot. Korjaustoimenpiteillä pyritään palauttamaan rakennuksen tekninen toimivuus ja terveydellinen kunto. Tyypillisesti kuntotutkimuksessa rakenteita rikkovien menetelmien käytöltä ei vältytä. (YO 2016, 17.) Rakenteiden kosteuden arvioimiseksi tutkimukset käynnistetään yleensä kuitenkin rakenteita rikkomattomilla toimenpiteillä, kuten aistinvaraisesti ja sähköisesti havainnoimalla sekä lyhytkestoisella ilman suh-

teellisen kosteuden mittauksilla. Tutkimushetkellä rakennuksen sisälämpötilan, kosteuden ja ilmanvaihdon on oltava tavanomaista käyttöoloa vastaavassa tilassa ja tuuletusta on arviointipäivänä vältettävä. Märkätiloja tai saunaa ei tule käyttää arviointipäivänä eikä sitä edeltävänä päivänä, sillä mittauksessa saadut kosteusarvot voivat vääristyä. (STM:n oppaita 2003:1, 17.)

Mikrobiologisia määrityksiä käytetään homevaurioiden tai epätavanomaisen mikrobilähteen määrittämisessä. Määritys voidaan tehdä pinta-, materiaali- tai ilmanäytteestä. Vaurioituneista rakenteen tai pinnan epäilykohdista voidaan pinta- ja materiaalinäytteillä osoittaa mikrobikasvun määrä ja laajuus. Ilmanäytteillä voidaan viitata mahdolliseen mikrobilähteeseen rakennuksessa, mutta sen todentaminen vaatii kuitenkin vauriokohdan paikallistamisen muilla menetelmillä. Mikrobiologisia määrityksiä tulee suorittaa kohteessa mahdollisimman laajasti, jolloin vauriot paljastuvat tutkimusvaiheessa eikä vasta mahdollisten rakenteiden purkamisten yhteydessä. (Eklund 2012, 19.)

3.2 Näytteenotto

Näytteenotot kohteissa suunnitellaan aina etukäteen lähtötietojen ja katselmuksien perusteella. Näytteenottokohdan valitseminen katsotaan mahdollisemman edustavasti ja näytteenottotapahtuma suoritetaan huolellisesti välttäen näytteen kontaminaatiota. Näyte otetaan sellaisesta kohdasta rakennetta, missä vaurioituminen on nähtävissä tai sen todennäköisuus on suurin. Oletettu kosteuslähde rakenteessa on yleensä vaurioituneen kohdan lähellä. Aina rakenteesta ei ole nähtävillä vaurioituneinta kohtaa eikä toisaalta aina vaurioituneimmalta näyttävässä kohdassa ole aktiivista mikrobikasvua, koska mikrobikasvu rakennusmateriaaleissa ei ole tasaista. Tästä syystä usein kannattavaa ottaa useampia näytteitä, jotta varmistutaan mikrobikasvun olemassaolosta rakenteessa ja sen laajuudesta saadaan kattavampi kuva. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 5.)

Näytteenotossa tulee noudattaa näytteet analysoivan laboratorion ohjeita. Näytteenottotilanteessa on toimittava huolellisesti, jottei näyte kontaminoidu näytteenottajan vaatteista, käsistä tai välineistä. Näytteenotossa on käytettävä suojakäsineitä ja puhtaita steriloituja työvälineitä esimerkiksi puukkoa, talttaa tai mattoveistä. Työvälineet tulee puhdistaa jokaisen näytteenoton välillä. Näytemäärä tulee olla riittävä, materiaalia kerätään noin 10 cm x 10 cm:n alueelta tai noin 1 dl. Materiaalinäytettä otettaessa on huomioitava, että mikrobit kasvavat materiaalin pinnalla. Näyte otetaan tästä syystä noin 0,5-1 cm:n

paksuudelta materiaalin pinnasta. Materiaalista voidaan vaihtoehtoisesti irrottaa vain vaurioitunut osa, esimerkiksi kipsilevyn pahviosa. Näytteen lämpötila ei saa nousta yli +40 °C:seen näytteenoton yhteydessä, koska kuumuus voi heikentää mikrobien elävyyttä. Esimerkiksi poran käyttö voi nostaa porattavan materiaalin lämpötilaa eikä näytteeksi voi ottaa porauksessa syntyvää purua. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 5.)

Näyte pakataan käyttämättömään, puhtaaseen suljettavaan muovipussiin, johon merkitään näytteen tunnus. Yhdessä muovipussissa tulisi sisältää vain yhtä rakennusmateriaalia. Laboratorion näytteenottolomakkeeseen kirjataan vähintään seuraavat tiedot: näytteenottopäivä, näytteen tunnus, näytteen materiaali ja tieto siitä, jos näyte on märkä. Näytteenottopaikka ja näytteen tunnus merkitään esimerkiksi pohjakuvaan. Näytteenottokohdasta kirjataan mahdolliset vaurioon viittaavat aistinvaraiset havainnot ja mittaustulokset. Lisäksi kirjataan tiedot rakenteen rakenneratkaisusta ja tutkittu kohta valokuvataan. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 5.)

4 KASVATUS- JA QPCR-MENETELMIEN VERTAILU

Mikrobitulosten tulkinnasta on Asumisterveysasetuksen 545/2015 ja Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osassa IV asettamat ohjearvot. Tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon, että vaikka mikrobeja on vähän eikä indikaattoreita esiinny, eivät tulokset sulje pois mikrobivaurion mahdollisuutta. Asumisterveysasetuksen mukaan myös muuta menetelmää voi käyttää mikrobien tunnistuksessa, jos menetelmän luotettavuus on osoitettu pykälän 4 §:n 4 momentissa tarkoitetulla tavalla tai menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys asetuksessa olevilla menetelmillä saatuihin tuloksiin on varmistettu. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 17.)

4.1 Kasvatusmenetelmän hyödyt ja haitat

Asumisterveysasetuksen (STMa 545/2015) mukaan mikrobikasvuston todentaminen materiaalissa perustuu perinteisesti kasvatusmenetelmään eli näytteen viljelyyn ja maljoilla kasvavien pesäkkeiden laskentaan sekä mikroskopoimalla tehtyyn analyysiin. Mikrobianalyysi viljelymenetelmällä määrittää näytteestä elinkykyisten home- ja hiivasienten sekä bakteerien pitoisuudet. Menetelmällä saadaan selville näytteen homelajisto ja mahdollinen mikrobikasvu sekä homeiden, bakteerien ja sädesienien kokonaispitoisuudet. Viljelymenetelmällä ei voida todeta kuolleita tai lisääntymiskyvyttömien mikrobien pitoisuutta, minkä vuoksi mm. vanhat kasvustot saattavat jäädä huomaamatta. (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit; YO 2016, 50.)

Kokemusperäisten arvioiden perusteella on kuitenkin todettu, että mikrobikasvuston muuttuminen viljelykelvottomaksi kestää vähintään kuukausia tai vuosia, mikä riippuu suuresti vallitsevista lämpö- ja kosteusolosuhteista. Materiaalin suoramikroskopointi tulee kyseeseen siinä tapauksessa, mikäli näytteistä ei kasva pesäkkeitä tai niitä kasvaa vain hyvin vähän. Näytteet mikroskopoidaan vanhan kuivuneen kasvuston tarkistamiseksi. (Eklund 2012, 25; Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit; YO 2016, 50.)

Etuna kasvatusmenetelmien käytöllä mikrobianalyysissä on, että siitä on olemassa laajat vertailuaineistot, jolloin epätavalliset lajistot ja mikrobipitoisuudet ovat yleensä havaittavissa viljelyn avulla laboratoriossa. Kasvatusmenetelmällä tehdyn analyysin voi toteuttaa pintasively- ja materiaalinäytteistä tai ilmanäytteistä 6-vaihekeräimen avulla. Kasvatusmenetelmällä tehty mikrobianalyysi on luotettava ja pitkään käytössä ollut, mutta monista eduista huolimatta tulosten saaminen on hidasta johtuen homeiden ja bakteerien kasvun

hitaudesta. Tulosten saaminen voi kestää päiviä ja jopa viikkoja ja näin ollen rakennuksen korjaustoimenpiteet voivat pitkittyä. Näytteiden viljelyt ovat lisäksi työläitä toteuttaa ja vaatii tekijältä erityisosaamista mikrobien tunnistamisessa. (Eklund 2012, 25.)

Suoraviljelynäytteiden viitearvot

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen osan IV mukaan voidaan katsoa mikrobikasvuston esiintyvän, kun suoraviljelymenetelmällä rakennusmateriaalissa esiintyy runsaasti elinkykyisiä sieni-itiöitä ja/tai aktinomykeettejä. Lisäksi materiaalinäyte voi viitata mikrobikasvustoon silloin, kun mikrobeja on kohtalaisesti tai niukasti, mutta lajistossa on kosteusvaurioindikaattoreita. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 9.)

Suoraviljelymenetelmän tulokset ilmoitetaan seuraavasti:

- - = ei mikrobeja
- + = 1-19 pesäkettä, niukasti mikrobeja
- ++ = 20-49 pesäkettä, kohtalaisesti mikrobeja
- +++ = 50-199 pesäkettä, runsaasti mikrobeja
- ++++ = ≥ 200 pesäkettä, erittäin runsaasti mikrobeja.

Mikäli viljelytulokset jäävät alle määritysrajan tai jos näytteessä esiintyy vain yksittäisiä pesäkkeitä, tulee materiaalille tehdä mikroskopointi tai ottaa teippinäyte mahdollisten kuolleiden ja kuivuneiden kasvustojen todentamiseksi. Suoramikroskopointi voidaan tehdä luotettavasti vain koville materiaaleille, kuten puulle. Suoramikroskopoinnilla voidaan nähdä sienirihmastoa, mikä voi viitata homekasvustoon tai lahovaurioon näytteessä. Menetelmällä pelkkien itiöiden havaitseminen voi viitata kontaminaatioon muusta lähteestä. Bakteerikasvustojen havainnointiin suoramikroskopointi ei kuitenkaan sovellu. (STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 8.)

4.2 QPCR-menetelmän hyödyt ja haitat

Perinteisten viljely- ja kasvatusmenetelmien rinnalle on kehitetty molekyylibiologisia, genotyyppisiä mikrobitunnistusmenetelmiä, joita enenevissä määrin käytetään kosteus- ja homevauriodiagnostisena välineenä. Näytteessä olevien mikrobien määrä voidaan tutkia kvantitatiiviseen polymeraasiketjureaktioon (qPCR) analyysiin perustuvalla menetelmällä, joka perustuu mikrobien DNA:n eli perimäaineksen määritykseen. Määrityksessä qPCR-menetelmä osoittaa sekä elävät että kuolleet tai viljelykelvottomat mikrobisolut

näytteestä. Menetelmän etuna on sen nopeus, sillä analyysitulos valmistuu muutamassa tunnissa. (YO 2016, 52.)

QPCR on vielä suhteellisen uusi ja menetelmän haasteena on rajallinen tunnistuskyky liittyen vain tutkittavaan sekvenssiin, jolloin saadaan tietty kohdegeeni ja sille tyypillinen laji selville. Mikrobianalyysissä määritys kohdistetaan haluttuihin jo ennalta valittuihin mikrobilajeihin tai -ryhmiin. Kattavammin mikrobilajisto saadaan käyttämällä useita eri suku tai laji määrityksiä, mutta kustannukset kasvavat sitä mukaa, mitä useampia qPCR-määrityksiä käytetään. (Eklund 2012, 26; Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit -> qPCR-menetelmä; YO 2016, 52.)

Asumisterveysasetuksen mukaan mikrobikasvun toteamiseen muita kuin viljelymenetelmiä voidaan käyttää, mikäli luotettavuus on osoitettu Ruokaviraston (ent. Eviran) hyväksynnällä tai tulosten yhtenevyys laimennossarjalla saatuihin tuloksiin on varmistettu. Mikrobioni on ensimmäinen laboratorio Suomessa, jolla on akkreditointi ja Ruokaviraston (ent. Eviran) hyväksyntä rakennusmateriaalinäytteen mikrobimääritykselle qPCR-menetelmällä. Perusanalyysissa näytteistä analysoidaan aina automaattisesti 3 mikrobiryhmää; kaikki homeet ja hiivat, Penicillium-/Aspergillus-suvut sekä Streptomyces-suku. Lisäksi voidaan tilaajan pyynnöstä analysoida kaikki bakteerit, Mycobacterium-suku ja Cladosporium-suku. Tulokset tulkitaan käyttäen Mikrobionin omaa validointiaineistoa. Tällä hetkellä Mikrobionilla tulkinta voidaan tehdä rakennusmateriaalinäytteistä ja se perustuu kolmen perusanalyysissä tehtävän analyysin tulokseen. Ilma- ja pintanäytteiden osalta validointi on vielä kesken. (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit.)

QPCR-mikrobinäytteiden tulkintarajat

Tässä opinnäytetyössä esitettyjen kohteiden qPCR-näytteet on analysoinut Mikrobioni Oy, joka on koonnut validointiaineiston kyseisistä näytteistä. Validoinnissa on analysoitu näytteistä mikrobit käyttäen Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaista laimennossarjamenetelmää sekä qPCR-menetelmää ja verrattu tuloksia keskenään. Asumisterveysasetuksen mukaan muuta menetelmää voi käyttää, jos menetelmän luotettavuus on osoitettu 4 §:n 4 momentissa tarkoitetulla tavalla tai menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys asetuksessa olevilla menetelmillä saatuihin tuloksiin on varmistettu.

QPCR-menetelmän tulos vastaa Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen laimennossarjaviljelyn tulostulkinnan ohjearvoja alla esitetyillä määritysrajoilla. Penicillium ja Aspergillus ovat yleisimmät sisäympäristönäytteissä esiintyvät homesuvut, minkä vuoksi ne on eritelty mikrobimäärityksessä seuraavasti:

- kaikkien homeiden ja hiivojen pitoisuus yli 100 000 CE/g = viittaa mikrobikasvuun
- Penicillium/Aspergillus/P.variotii-ryhmän pitoisuus yli 60 000 CE/g = viittaa mikrobikasvuun.
- kaikkien homeiden ja hiivojen pitoisuus 10 000-100 000 CE/g = epäily mikrobikasvusta
- Penicillium/Aspergillus/P.variotii-ryhmän pitoisuus 10 000-60 000 CE/g = epäily mikrobikasvusta.

Sädesienille ei ole tällä hetkellä käytössä koko ryhmän kattavaa qPCR-menetelmää. Streptomyces sp. on yksi yleisimmistä rakennuksissa esiintyvistä sädesienistä eli aktinobakteerisuku. Sen määritysrajat on esitetty seuraavasti:

- Streptomyces sp. pitoisuus yli 6 000 CE/g = viittaa sädesienikasvuun materiaalissa.
- Streptomyces sp. pitoisuus 3 000 - 6 000 CE/g = epäily mikrobikasvusta.
- Bakteerien osalta Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen tulkintarajaa 100 000 pmy/g vastaa qPCR-menetelmän tulos 300 000 CE/g. (Mikrobioni Oy: n tulosraportit; STMa 545/2015 soveltamisohje, Osa IV, 8.)

4.3 Menetelmien hintaerot

Menetelmien vertailussa myös hinnalla on eroja. Kasvatus- ja viljelymenetelmät ovat edullisempia menetelmiä verrattuna qPCR-menetelmällä tehtyyn analyysiin. Lisäksi hintaeroja on viljelymenetelmissä suoraviljelyllä ja laimennossarjalla tehdyissä analyyseissä. Viljelymenetelmissä hintaan vaikuttaa myös näytetyyppi eli se, onko kyseessä materiaalinäyte, ilmanäyte vai pintanäyte. (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit.)

Edullisin vaihtoehto on analysoida näytteet suoraviljelymenetelmällä, seuraavaksi laimennossarjalla ja kallein vaihtoehto on tutkia näytteet uusimmalla menetelmällä eli qPCR-analyysillä. Suoraviljelymenetelmä on lähes puolet halvempi vaihtoehto kuin

qPCR-menetelmä materiaalinäytteiden osalta, minkä vuoksi yleisemmin valitaan suoraviljelyanalyysi. QPCR-menetelmällä tehtyyn analyysiin hintaan kuuluu kolme mikrobiryhmää ns. perusanalyysiin ja kaikki lisäanalyysit nostavat hintaa. (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit.)

Viljelymenetelmissä hintaan sisältyy automaattisesti home- ja hiivasienten sekä bakteerien pitoisuuksien analysointi. Lisäksi menetelmällä saadaan selville näytteen homelajisto ja mahdollinen mikrobikasvu sekä homeiden, bakteerien ja sädesienien kokonaispitoisuudet. (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit.)

Eri laboratorioilla on oma hinnastonsa näyteanalyyseille. Suurin hintaero on suoraviljelyllä analysoiduissa näytteissä eri laboratorioiden välillä. Suoraviljelytekniikalla analysoitujen näytteiden hintaero on noin 10-30 % ja laimennossarjalla analysoitujen näytteiden vain noin 15 % laboratorioiden välillä. Taulukossa 2 on esitetty Mikrobioni Oy:n hinnasto mikrobiologisista analyyseistä. (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit, Sitowise Oy:n henkilökunta.)

TAULUKKO 2. Hinnasto viljely- ja qPCR-analyyseistä (Mikrobioni, linkit Analyysipalvelut -> Mikrobianalyysit)

Hinnasto, 1.1.2019, **voimassa toistaiseksi.**

ANALYYSI	Hinta (€)/ näyte alv 0 %	Hinta (€)/ näyte alv 24 %
Viljely materiaalinäytteestä, laimennossarja Katso lisätietoja	143,00	177,32
Viljely materiaalinäytteestä, suoraviljely Katso lisätietoja	92,00	114,08
Viljely ilmanäytteestä, näyte 6-vaihekeräimellä (3 elatusalustaa) Katso lisätietoja	140,00	173,60
Viljely pintanäytteestä, laimennossarja, (3 elatusalustaa) Katso lisätietoja	125,00	155,00
Viljely pintanäytteestä, suoraviljely (esim. 2 viikon laskeumapöly) (3 elatusalustaa) Katso lisätietoja	78,00	96,72
qPCR materiaalinäytteestä, perusanalyysi (3 ryhmää; yleis-, Pen-Asp, Strept.) Katso lisätietoja	180,00	223,20
qPCR ilma- tai pintanäytteestä, perusanalyysi (3 ryhmää; yleis-, Pen-Asp, Strept.)	180,00	223,20
qPCR lisäanalyysit, (lisäryhmät: Mycobakteerit, Cladosporium)	10,00 / ryhmä	12,40

5 KORJAUSKOHTEIDEN TUTKIMUSAINEISTO

Tämän opinnäytetyön lähtötietoina käytettiin Sitowise Oy:n kuntotutkimusraportteja, joissa mikrobiologisissa tutkimuksissa oli käytetty qPCR-menetelmää ja viljelymenetelmiä rinnakkain. Luvuissa 5.1 – 5.3 esitellään tutkittujen kohteiden korjaushistoria ja tutkimusten rajaukset.

5.1 Tutkimuskohteen 1 lähtötiedot

Tutkimuskohteena oli 1800-luvun lopulla rakennettu rakennus Oulussa. Kiinteistöön oli tehty viimeisin peruskorjaus vuonna 2009-2010. Kohteen lähtötietojen perusteella merkittävimmät toimenpiteet kohteen korjaushistoriassa ovat seuraavat:

- muutos/lisärakennus 1920-luvulla
- perusparannus 1970-1980 -luvun vaihteessa
- muutoskorjaus 2000-luvun alussa
- ympäristön kunnostus 2000-luvun alussa
- peruskorjaus 2010-luvun vaihteessa
- pääportaan muutos ja räystäskorjauksia 2010-luvun
- monitoimitilamuutoksia 2010-luvun puolessa välissä. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

Peruskorjauksen piirustuksien mukaan välipohjan kantavat puupalkistot ja täytelaudoitukset oli desinfioitu sekä mahdollisesti lahovaurioituneet puupalkit korvattu kertopuupalkeilla. Säilyvät palkit vahvistettu tarvittaessa naulaamalla palkin kylkeen kertopuupalkit. Kantavien puupalkkien kunto oli suunnitelman perusteella tarkistettu purkutöiden yhteydessä sekä vanhat puupalkit tai lahonneet korvattu kertopuupalkeilla. Säilyvät palkit peruskorjauksen mukaan oli puhdistettu (lahonnut osa veistetty pois) ja palkkivälit täytetty mineraalivillalla. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

Kuntotutkimuksen tarkoituksena oli antaa tietoa rakennuksen tilojen, välipohjien, yläpohjan ja alapohjarakenteen kunnosta käyttäjien sisäilmahaittaan viittaavien oireiluiden vuoksi. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin rakennuksen ja ulkoilman sekä eri tilojen välisiä paine-eroja rakenteiden ilmavuotojen selvittämiseksi. Tiloihin tehtiin myös olosuhdemittauksia. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

Ennen varsinaisia kuntotutkimuksia laadittiin tutkimussuunnitelma. Varsinaiset kuntotutkimukset aloitettiin kesäkuussa 2017 tehtävillä tilakierroksilla, jossa kuntotutkijan lisäksi olivat mukana tilaajan edustaja ja kuntotutkimuksissa avustanut urakoitsija. Kuntotutkimukset tehtiin kesä-heinäkuussa 2017. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

5.2 Tutkimuskohteen 2 lähtötiedot

Tutkimuskohteena oli Oulussa sijaitseva kiinteistö, jonka vanhimmat osat on rakennettu vuonna 1769. Kiinteistö on ollut vuosien varrella monenlaisessa käytössä. Alkujaan rakennus oli yksityisessä käytössä ja myöhemmin erilaisten julkisten toimijoiden toimipisteenä. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

Kuntotutkimuksen tarkoituksena oli antaa tietoa rakennuksen vesikaton, yläpohjan, ulkoseinien ja alapohjarakenteen kunnosta peruskorjauksen suunnittelua varten. Rakenteiden ilmavuotojen selvittämisessä ja tulevan ilmanvaihdon korjaukseen liittyen tutkimuksessa tarkasteltiin rakennuksen ja ulkoilman välisiä paine-eroja. Lisäksi kuntotutkimuksen yhteydessä tehtiin haitta-aine- ja asbestikartoituksia. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

5.3 Tutkimuskohteen 3 lähtötiedot

Tutkimuskohteena oli Mikkelissä sijaitsevan vuonna 1969 valmistuneen asuinkerrostalon 1. kerroksen yhteydessä oleva liikesiipi ja maanalaisen kellarin varasto- ja väestönsuojatilat. Tutkimukset kohdennettiin rakennuksen liikesiivessä oleviin toimistotiloihin. Rakennuksen liikesiipeen oli aikaisemmin suoritettu seuraavanlaisia toimenpiteitä:

- rakennuksen muutos kaukolämpöön v.1980
- kosteustekniset tutkimukset v.2008
- välipohjarakenteen eristetilan kuivaus ja desinfiointi v.2008
- LVIS-peruskorjaus (osittain liikesiiven osalta) v. 2016. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

Vuonna 2008 rakennukseen oli tehty vesikattokorjauksia, joiden yhteydessä oli tapahtunut kaksi erillistä vesivahinkoa. Lähtötietojen perusteella vesivahingot olivat kohdistuneet pahiten liikesiiven toimistotiloihin. Rakennuksen liikesiipeen oli suoritettu vuonna 2008 kosteusteknisiä tutkimuksia, joissa oli todettu lattian (välipohja) eristetilan olevan märkä noin 50 neliön alueelta. Seinien alaosissa oli todettu myös paikallisia kosteusvaurioita.

Korjaustoimenpiteenä tuolloin oli lattian eristetilan ja seinärakenteen alaosien kuivaus ja desinfiointi. Välipohjan korjaustoimet oli toteutettu pintalaatan läpi porattujen reikien kautta. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

Kuntotutkimusten tarkoituksena tässä kohteessa oli paikantaa kiinteistön käyttäjien kokemien hajujen aiheuttajat, selvittää mahdollisten vaurioiden laajuus sekä määritellä tarvittavat jatkotoimenpiteet. Tutkimukset kohdennettiin rakennuksen liikesiiven toimistotiloihin, joista käyttäjät oli ilmoittanut esiintyvän mahdollisesti kosteusvaurioon viittavia hajuja. Tutkimukset aloitettiin kohteessa alkuvuonna 2016 ja lisätutkimuksia tehtiin samaan aikaan seuraavana vuonna 2017. (Liite 1. Sisäilma- ja kuntotutkimusraportit.)

6 RAKENNEAVAUKSET JA NÄYTTEENOTOT KOHTEISSA

Tutkimuskohteina olleiden rakennusten kuntoa tutkittiin rakenteisiin tehtävistä rakenneavauksista, joiden paikat valittiin rakenteiden tutkittavuuden pohjalta mahdollisimman kattavasti ja edustavasti. Rakenteita tutkittiin aistinvaraisesti ja ottamalla materiaalinäytteitä mikrobianalysointia varten. Materiaalinäytteet otettiin rakenneavauksista. Mikrobinäytteet analysoitiin Scanlab Oy:n ja Mikrobioni Oy:n laboratoriossa suoraviljelymenetelmällä. Rakenteista otettiin myös qPCR-näytteitä, jotka analysoitiin Mikrobioni Oy:n laboratoriossa. Luvuissa 6.1 – 6.3 käydään läpi tutkimuskohteiden rakenneratkaisut, rakenneavauksista tehdyt havainnot ja niistä otetut materiaalinäytteet.

6.1 Tutkimukset kohteessa 1

Välipohjien kuntoa tutkittiin tekemällä rakenteita avaavia tutkimuksia tilojen lattiaan. Tutkimuskohteena olivat pohjakerroksen sekä 1.-, 2.-, ja 3.-kerroksen väliset välipohjat. Rakenneavauksista otettiin mikrobinäytteitä. Tähän tarkasteluun on koottu rakenneavaukset ja näytteenotot, joissa on otettu näytteitä suoraviljely- ja qPCR-analyysiä varten.

Kolmanteen kerrokseen tehtiin kaksi välipohjan rakenneavausta, joissa otettiin näytteitä suoraviljely- ja qPCR-analyysiä varten. Rakenneavaukset tehtiin välipohjaan lattiapintojen kautta. Näissä tiloissa otettiin yhteensä 7 materiaalinäytettä suoraviljelymikrobianalysointia varten ja yhteensä 3 qPCR-materiaalinäytettä. Ensimmäisen ja toisen kerroksen välipohjista otettiin materiaalinäytteitä vain suoraviljelyanalyysiä varten, joten niitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Alakaton kautta avauksia ja näytteenottoja tehtiin kolmanteen kerrokseen ja pohjakerrokseen yhteensä viiteen eri tilaan, jotka analysoitiin suoraviljelytekniikalla ja qPCR-menetelmällä. Lisäksi yksittäinen näyte otettiin pohjakerroksen ulkoseinän tasoitteesta molempia analyysejä varten.

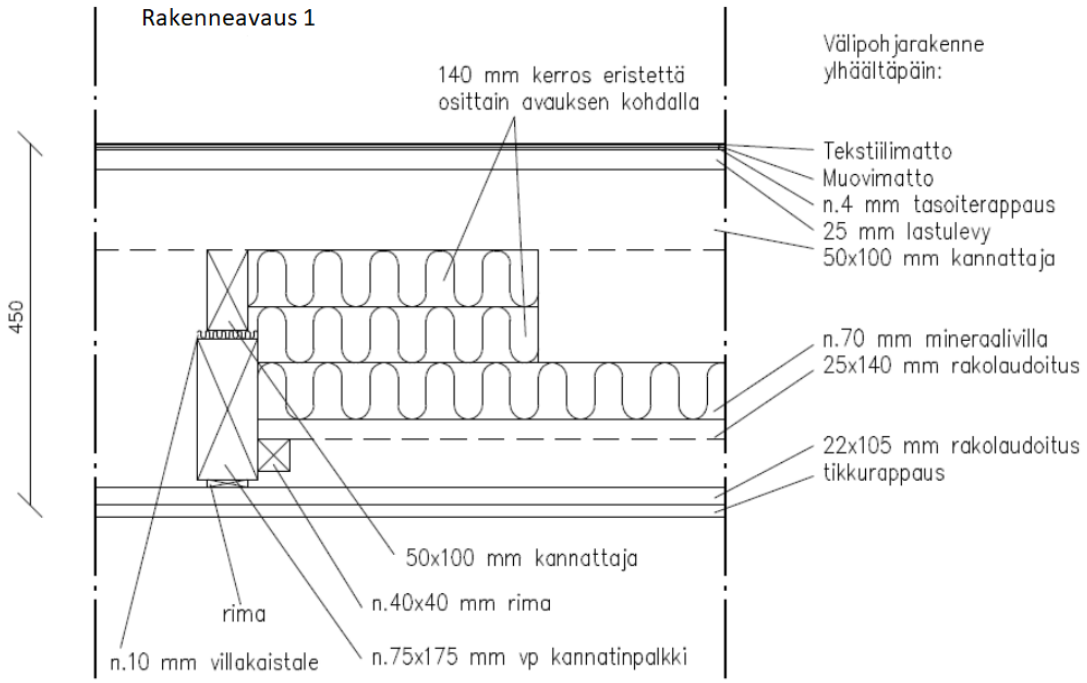
Rakenneavauksien perusteella välipohjarakenteet olivat tutkimushetkellä yleisesti aistinvaraisesti arvioituna kuivia ja sisälsivät pöllyäviä rakennusjätteitä. Rakenneratkaisussa ei ollut ilmansulkua rakenteen ja sisäilman välillä. Avauksista havaittiin uusittuja ja sekä vanhoja puupalkistoja. Puuosissa havaittiin melko usein vuotojälkiä, jotka jo itsessään ylittävät toimenpiderajan.

Rakenneavaukset

Rakennuksen välipohjarakenne on seuraavanlainen rakenneavauksen 1 kohdalla:

- tekstiilimatto
- muovimatto
- n. 4 mm:n tasoiterappaus
- 25 mm:n lastulevy
- 50x100 mm:n kannattaja
- 50x100 mm:n kannattaja + 140 mm:n eristekerros
- n. 75x175 mm:n VP kannatinpalkki + 70 mm:n mineraalivilla
- 25x140 mm:n rakolaudoitus
- VP kannattajan kyljessä 40x40 mm:n rima
- 22x105 mm:n rakolaudoitus
- tikkurappaus.

Kuvassa 1 on esitetty detaljipiirustus rakenneavauksesta 1, josta näkyy 3. ja 2. kerroksen välisen välipohjan rakenne avauksen kohdalla.



KUVA 1. Detaljipiirustus 3. ja 2. kerroksen välisen välipohjan rakenneavauksessa 1 (liite 1)

Rakenneavauksesta 1 otettiin 2 qPCR-materiaalinäytettä ja 3 näytettä suoraviljelymikrobianalysointia varten. (Kuva 2.) Rakenneavauksen ylemmästä rakolaudoituksesta otettiin (qPCR-1) näyte. Mineraalivillasta otettiin näyte (qPCR-2). Suoraviljelyanalyysia varten otettiin näytteet mineraalivillasta (MN1), alemmasta puukannattajasta (MN2) ja rakolaudoituksesta (MN3).

KUVA 2. Rakenneavaus 1, tikkurappaus ja rakolaudoitus (liite 1)

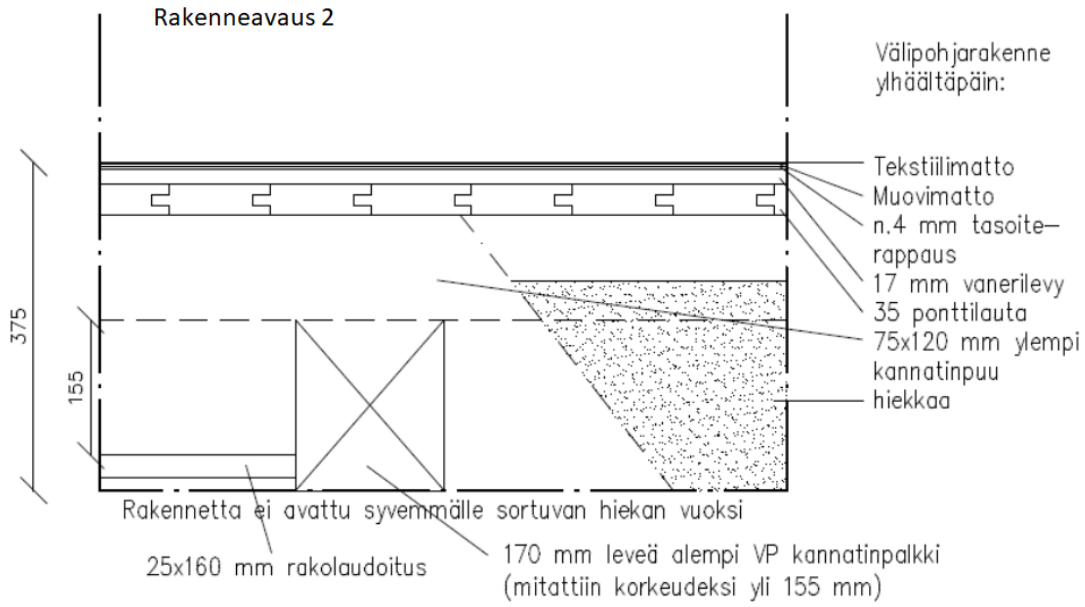
Rakolaudoituksessa havaittiin tummentumaa. Rakenteet olivat kuivia aistinvaraisesti arvioituna. Osa ylemmistä ja varsinaisista alemmista kannattajista oli uusittu. (Kuva 3.)

KUVA 3. Rakenneavaus 1, rakolaudoituksessa on tummentumaa (liite 1)

Rakennuksen välipohjarakenne on seuraavanlainen rakenneavauksen 2 kohdalla:

- tekstiilimatto
- muovimatto
- n. 4 mm:n tasoiterappaus
- 17 mm:n vanerilevy
- 35 mm:n ponttilauta
- 75x120 mm:n ylempi kannatinpuu / hiekkaa
- 170x(155) mm:n alempi VP kannatinpalkki / hiekkaa
- 25x160 mm:n rakolaudoitus / hiekkaa.

Kuvassa 4 on esitetty detaljipiirustus rakenneavauksesta 2, josta näkyy 3. ja 2. kerroksen välisen välipohjan rakenne avauksen kohdalla.



KUVA 4. Detaljipiirustus 3. ja 2. kerroksen välisen välipohjan rakenneavauksesta 2 (liite 1)

Rakenneavauksesta 2 otettiin yhteensä 1 qPCR-materiaalinäyte ja 4 näytettä suoraviljelymikrobianalysointia varten. Rakenneavauksen ylemmästä kannatinpuusta otettiin näyte qPCR-analyysiä varten (qPCR-3). Materiaalinäytteet suoraviljelyanalyysiä varten otettiin lastu/rakennusjätteestä (MN4), ylemmästä kannatinpuusta (MN5), välipohjan kannatinpalkista (MN6) ja eristetilan täyttöhiekka/betonista (MN7).

Avauksesta havaittu ponttilaudoitus ja sen alapuoliset rakenteet ovat todennäköisesti ajalta ennen vuoden 2010 peruskorjausta. Ponttilaudoituksessa havaittiin mm. tummentumaa. (Kuva 5.)

KUVA 5. Rakenneavaus 2, ponttilaudoitus, laudoituksen pinnassa on tummentumaa (liite 1)

Ponttilaudoituksen alapuolisessa tilassa havaittiin runsaasti vanhaa täytettä/rakennusjätettä. Täyte on pääasiassa "betonihiekkaa", jonka seassa on puulastuja. Hiekka oli aistinvaraisesti arvioituna kuivaa ja pöllyävää. Kannatinpuissa havaittiin hieman tummentumaa ja ajan saatossa syntynyttä haalistumista. (Kuva 6.)

KUVA 6. Rakenneavaus 2, näkyvissä on ylemmät kannatinpuut, täytteenä on lastua ja "betonihiekkaa" (liite 1)

Rakenneavauksessa oli paksu kerros täytehiekkaa ja sen alta paljastui rakolaudoitus. Avauksessa oikealla näkyy välipohjan kannatinpalkki. (Kuva 7.)

KUVA 7. Rakenneavaus 2, täytehiekkaa ja sen alla on rakolaudoitus sekä oikealla väli-pohjan kannatinpalkki (liite 1)

Alakaton kautta otettiin materiaalinäytteitä eri tiloista, jotka analysoitiin suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä. Kolmannesta kerroksesta alakatosta otettiin näytteitä kahdesta eri tilasta. Pohjakerroksessa otettiin alakaton kautta materiaalinäytteitä suoraviljely- ja qPCR-analysointia varten kolmesta tilasta. Lisäksi pohjakerroksen yhden tilan ulkoseinän alareunasta tasoitteesta otettiin näytteet molempia mikrobianalyysejä varten.

Kolmannessa kerroksessa otettiin näytteitä alakaton tarkastusluukun kautta, joista toinen analysoitiin suoraviljely- ja toinen qPCR-menetelmällä. Tilassa havaittiin katkaistu valurautaputki. Poiketen valtaosasta muita vanhoja alakattoja on kyseisessä tilassa vanhan alakaton päälle asennettu kipsilevy. Vanhan alakaton putkiläpiviennistä, putken ympärillä olevista rakenteista (kuitueriste, tikkurappauksen tikku, tervapaperi) otettiin 2 materiaalinäytettä (MN8 ja qPCR-4). (Kuva 8.)

KUVA 8. Kolmannen kerroksen alakatossa katkaistu valurautaputki (liite 1)

Toisessa tilassa 3. kerroksessa alakatossa havaittiin vuotojälkiä ja aistittiin maakellarimaista hajua. Tilan alakaton tikkurappauksesta otettiin 2 materiaalinäytteitä, jotka analysoitiin suoraviljely ja qPCR-menetelmällä. Näytteet otettiin vuotojälkien kohdalta (qPCR-5 ja MN9). (Kuva 9.)

KUVA 9. Kolmannen kerroksen alakatto, tikkurappauksessa on tummentumaa ja alakatossa on vuotojälkiä (liite 1)

Pohjakerroksen alakaton tikkurappauksesta otettiin 2 mikrobinäytteitä samasta kohdasta, jotka analysoitiin suoraviljely- ja qPCR-menetelmällä (MN10 ja qPCR-6). Tilan alakatosta aistittiin tunkkaista hajua mutta ei näkyviä vuotojälkiä. (Kuva 10.)

KUVA 10. Pohjakerroksen tilassa aistittiin tunkkaista hajua, alakatossa ei ole näkyviä vuotojälkiä (liite 1)

Pohjakerroksen alakaton levysaumasta tikkurappauksen pinnasta otettiin 2 mikrobinäytettä, joista toinen analysoitiin suoraviljelytekniikalla (MN11) ja toinen qPCR-menetelmällä (qPCR-7). (Kuva 11.) Lisäksi toisesta tilasta otettiin materiaalinäytteet alakatosta tikkurappauksen pinnasta (MN12 ja qPCR-8).

KUVA 11. Pohjakerroksen alakatto, näyte otettiin levysauman kohdalta (liite 1)

Ulkoseinille ei suoritettu rakenneavauksia näissä tutkimuksissa. Ulkoseinät ovat lähtötietojen mukaan massiivisia tiiliseiniä. Pohjakerroksen yhdestä tilasta ulkoseinän alareunasta tasoitteesta otettiin näytteet molempia mikrobianalyysejä varten (MN13 ja qPCR-9).

6.2 Tutkimukset kohteessa 2

Rakennuksen välipohjan rakennetta tarkasteltiin kahdesta rakenneavauksesta. Kolmatta rakenneavausta ei voitu tehdä loppuun asti, sillä alkuperäisen lautalattian päällä havaittiin mustaa liimaa. Rakenneavauksen kohta sijaitsee toisen kerroksen käytävällä. Musta liima on sisältänyt asbestia 1960-1980-luvuilla. Käytävän osalla olisi ollut vaarana, että asbestipöly olisi päässyt leviämään rakennuksen sisäilmaan.

Rakenneavaukset

Rakennuksen välipohjarakenne on rakenneavauksen 1 kohdalla seuraavanlainen:

- kokolattiamatto
- linoleumi
- 10 mm:n tasoite
- 15 mm:n puulevy
- 30 mm:n laudoitus
- 220 mm:n eristyskerros, jossa on rakennusaikaista jätettä, sahanpurua, sammalta ja hiekkaa
- betonilaatta.

Rakenneavauksen 1 kohdalta otettiin mikrobinäytteitä yhteensä kolme kappaletta. Kaksi mikrobinäytettä analysoitiin suoraviljelymenetelmällä ja yksi qPCR-menetelmällä. (QPCR-1) näyte otettiin rakenneavauksen ylemmän rungon kohdalta. Mikrobinäyte (MN1) otettiin rakenneavauksen puru/betonieristeestä. Mikrobinäyte (MN2) otettiin rakenneavauksen väliseinän viereisestä runkopuusta. (Kuva 12.)

KUVA 12. Rakenneavaus 1 (liite 1)

Rakennuksen välipohjarakenne on rakenneavauksen 2 kohdalla seuraavanlainen:

- kokolattiamatto
- linoleumi
- 20 mm:n raudoitettu betoni
- 30 mm:n laudoitus
- ~300 mm:n eristetila
- betonilaatta.

Rakenneavauksen 2 kohdalta otettiin kolme mikrobinäytettä, joista yksi analysoitiin qPCR-menetelmällä ja kaksi suoraviljelymenetelmällä. (QPCR-2) näyte otettiin rakenneavauksesta ulkoseinän viereisestä puusta. Mikrobinäyte (MN3) otettiin rakenneavauksesta sahanpuru/betonieristeestä. Mikrobinäyte (MN4) otettiin rakenneavauksen runkopuusta. (Kuva 13.) Aistinvaraisesti tarkasteltuna lattiassa olevien sähköjohtojen läpivientien kohdalla havaittiin ilmavirtauksia välipohjarakenteesta rakennuksen sisäilmaan.

KUVA 13. Rakenneavaus 2 (liite 1)

Rakenneavauksen 3 kohdalla rakenneavausta ei tehty loppuun asti, sillä alkuperäisen lautalattian päällä havaittiin mustaa liimaa. Havainnot viittaavat asbestia sisältävään liimaan. Asbestipölyn leviäminen rakennuksen sisäilmaan haluttiin estää, joten rakenneavaus keskeytettiin. (Kuva 14.)

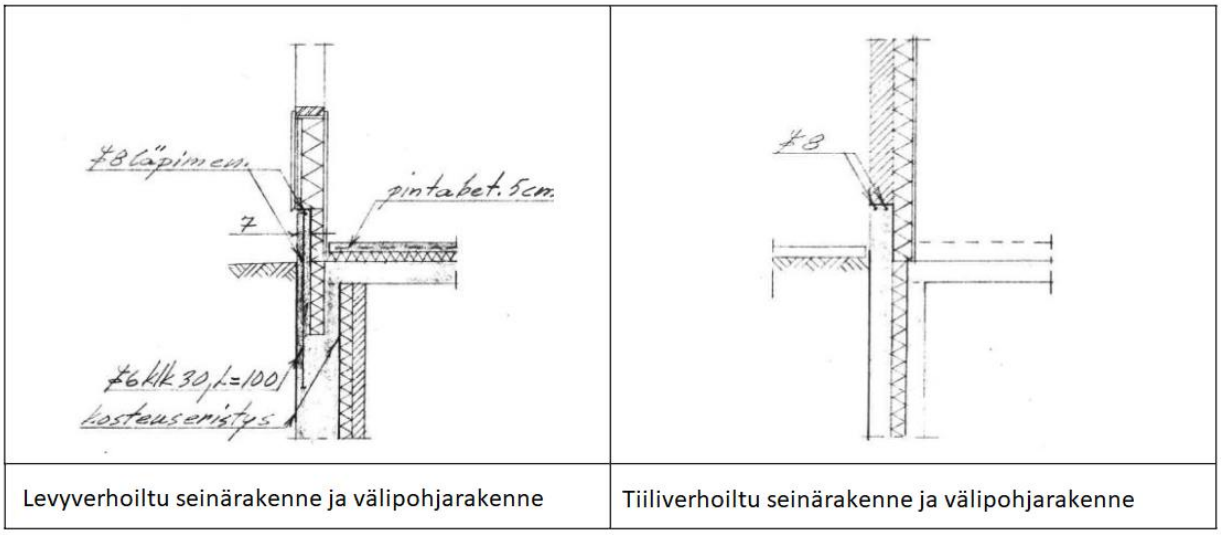
KUVA 14. Rakenneavaus 3 (liite 1)

6.3 Tutkimukset kohteessa 3

Ensimmäisten tutkimusten aikana vuonna 2016 rakennuksen liikesiipeen tehtiin yksi rakenneavaus, josta tarkasteltiin ulkoseinän- ja välipohjan rakenteita. Lisäksi seinärakennetta tarkasteltiin myös ulkokautta irrottamalla rakennuslevy toimistohuoneen ikkunan alta. Seuraavana vuonna 2017 lisätutkimuksena sokkeli- ja välipohjarakenteita tarkasteltiin toimistotilojen lattiaan ja sokkelirakenteeseen tehtyjen viiden eri rakenneavauksen kautta.

Rakenneavaukset

Liikesiiven ulkoseinärakenteet ovat maanpäällisiltä osin puurunkoisia. Julkisivut ikkunoiden alueelta ovat Minerit-levyverhoiltuja ja muilta osin tiiliverhoiltuja. Sokkelirakenteena on betonirakenteinen ns. valesokkeli. Kuvassa 15 on esitetty kohteen seinärakenne ja välipohjarakenne alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaan.



Levyverhoiltu seinärakenne ja välipohjarakenne	Tiiliverhoiltu seinärakenne ja välipohjarakenne

KUVA 15. Rakennuksen ulkoseinä- ja välipohjarakenteiden leikkaukset alkuperäisten v.1968 rakennesuunnitelmien mukaan (liite 1)

Rakenneavaus 1 tehtiin poistamalla seinärakenteen sisäkuoren levytyksiä ja piikkaamalla lattiarakennetta. Lisäksi seinärakennetta tarkasteltiin ulkokautta irrottamalla rakennuslevy toimistohuoneen ikkunan alta. Rakenneavauksesta otettiin yhteensä kolme materiaalinäytettä suoraviljelyanalyysiä varten. Näytteet otettiin välipohjarakenteen lämmöneristeestä (MN1), ulkoseinä- ja sokkelirakenteen lämmöneristeestä (MN2) ja välipohjarakenteen rakennuspahvista (MN3). (Kuva 16.)

KUVA 16. Rakenneavaus 1 (liite 1)

Rakenneavaukset 2 ja 3 tehtiin välipohjaan kauemmaksi ulkoseiniä. Molemmista avauksista otettiin yhdet näytteet välipohjarakenteen lämmöneristeestä ja rakennuspaperista, (qPCR-4 ja qPCR-5), jotka analysoitiin ainoastaan qPCR-menetelmällä.

Rakenneavaus 4 tehtiin tiilijulkisivun kohdalle ulkoseinä- ja sokkelirakenteen liittymä kohtaan poistamalla seinärakenteen sisäkuoren levytyksiä ja piikkaamalla pintalaattaa. Avauksesta otettiin yksi näyte (qPCR-6) välipohjarakenteen lämmöneristeestä ja rakennuspaperista, joka analysoitiin pelkästään qPCR-menetelmällä. (Kuva 17.)

KUVA 17. Rakenneavaus 4 (liite 1)

Rakenneavaus 5 ja 6 tehtiin ulkoseinä- ja sokkelirakenteen liittymään ikkunoiden puoleiselle seinustalle, jossa ulkoverhouksena oli Minerit-levyverhous. Rakenneavauksesta 5 otettiin yksi näyte (qPCR-7) sokkelin/välipohjan rakennuspahvista. Rakenneavauksesta 6 otettiin myös yksi näyte (qPCR-8), joka otettiin ulkoseinä- ja sokkelirakenteen lämmöneristeestä ja rakennuspahvista. Molemmista avauksista otetut näytteet analysoitiin ainoastaan qPCR-menetelmällä.

7 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuskohteiden materiaalinäytteet analysoitiin suoraviljelymenetelmällä Scanlab Oy:n ja Mikrobioni Oy:n laboratorioissa. QPCR-näytteet analysoitiin ainoastaan Mikrobioni Oy:n puolesta. QPCR-näytteissä Mikrobioni Oy oli valinnut seuraavat analyysit:

- kaikkien hiivojen ja homeiden määrää mittaava menetelmä (homeet ja hiivat)
- Penicillium- ja Aspergillus-homesukujen sekä Paecilomyces variotii-lajin edustajia mittaava menetelmä (Penicillium ja Aspergillus).
- kaikkien bakteerien määrää mittaava menetelmä (bakteerit) sekä Streptomyces- ja Mycobacterium-bakteerisukujen määrää mittaavat menetelmät (Streptomyces ja Mycobacterium).

Luvuissa 7.1 – 7.6 on käsitelty tutkimuskohteiden näytetuloksia ja niistä tehty vertailua menetelmien välillä. Näytetuloksista on tehty johtopäätöksiä tutkimuskohde kerrallaan ja kerätty yhteenvetoa näytetuloksista.

7.1 Näytetulokset kohteessa 1

Mikrobianalysointia varten materiaalinäytteitä analysoitiin tutkimuskohteessa 1 suoraviljelymenetelmällä kaiken kaikkiaan yli 50 kpl. Tähän tarkasteluun materiaalinäytteistä valittiin vain ne, joissa oli käytetty suoraviljelyn lisäksi qPCR-menetelmää. Suoraviljelytekniikalla otettuja näytteitä oli yhteensä 13 ja qPCR-näytteitä oli 9.

Rakenneavauksesta 1 otettiin yhteensä 2 qPCR-näytettä ja 3 materiaalinäytettä suoraviljelyyn. Avauksen ylemmästä rakolaudoituksesta otetussa qPCR-materiaalinäytteessä (qPCR-1) oli analyysin perusteella selvä mikrobikasvu. Mineraalivillasta otetussa näytteessä (qPCR-2) oli analyysin perusteella epäily mikrobikasvustosta. Suoraviljelyllä analysoiduissa näytteissä, jotka otettiin rakolaudoituksesta, mineraalivillasta ja puukannattajasta, ei ollut viitettä vauriosta. Rakenneavauksesta havaittiin tummentumaa rakolaudoituksessa, mutta muuten rakenteet olivat kuivia aistinvaraisesti arvioituna. Todettiin myös, että osa ylemmistä ja varsinaisista alemmista kannattajista oli uusittu.

Rakenneavauksesta 2 otettiin yhteensä 1 qPCR-materiaalinäyte ja 4 materiaalinäytettä suoraviljelyyn. Avauksen ylemmästä kannatin-/koolauspuusta otetussa qPCR-materiaa-

linäytteessä (qPCR-3) oli analyysin perusteella selvä mikrobikasvu. Suoraviljelyllä analysoiduissa mikrobinäytteissä samaisesta kannatinpuusta otetussa näytteessä (MN5) ja muissa näytteissä ei ollut viitettä vauriosta. Avauksesta havaittu ponttilaudoitus ja sen alapuoliset rakenteet olivat todennäköisesti ajalta ennen vuoden 2010 peruskorjausta. Ponttilaudoituksessa havaittiin mm. tummentumaa. Ponttilaudoituksen alapuolisessa tilassa havaittiin runsaasti vanhaa täytettä/rakennusjätettä. Täyte oli pääasiassa "betonihiekkaa", jonka seassa oli puulastuja. Hiekka oli aistinvaraisesti arvioituna kuivaa ja pölyävää. Kannatinpuissa havaittiin hieman tummentumaa ja ajan saatossa syntynyttä haalistumista.

Kolmannen kerroksessa poiketen valtaosasta muita vanhoja alakattoja oli vanhan alakaton päälle asennettu kipsilevy. Vanhan alakaton putkiläpiviennistä, putken ympärillä olevista rakenteista (kuitueriste, tikkurappauksen tikku, tervapaperi) otettiin 2 materiaalinäytettä, jotka analysoitiin suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä. Materiaalinäytteessä (qPCR-4) oli analyysin perusteella selvä mikrobikasvu. Samaisesta kohdasta suoraviljelyllä analysoidun materiaalinäytteen (MN8) perusteella ei ollut viitettä vauriosta.

Toisessa tilassa kolmannessa kerroksessa alakatossa havaittiin vuotojälkiä ja aistittiin maakellarimaista hajua. Tilan alakaton tikkurappauksesta otettiin 2 materiaalinäytettä vuotojälkien kohdalta. Ne analysoitiin suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä. Materiaalinäytteessä (qPCR-5) oli analyysin perusteella epäily mikrobikasvusta. Suoraviljelyllä analysoidun materiaalinäytteen (MN9) perusteella oli myös viite vauriosta. Näytteessä oli runsaasti mikrobeja ja kosteusvaurioindikaattorimikrobeja (Scopulariopsis) 20 pesäkettä.

Pohjakerroksen alakatosta aistittiin tunkkaista hajua tutkimusten aikana. Alakaton tikkurappauksesta otettiin 2 mikrobinäytettä samasta kohdasta, mitkä analysoitiin suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä. Suoraviljelymenetelmällä analysoidussa näytteessä (MN10) ei ollut viitettä vauriosta. QPCR-menetelmällä analysoitu (qPCR-6) näytteen perusteella materiaalissa oli selvä mikrobikasvusto.

Pohjakerroksen alakatossa havaittiin vanhan alakaton levysauman repsottavan, kuten useammassa muussakin tilassa. Levysaumasta otettiin 2 mikrobinäytettä, jotka analysoitiin suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä. Suoraviljelymenetelmällä analysoidussa näytteessä (MN11) ei ollut viitettä vauriosta. Myöskään QPCR-menetelmällä analysoidussa

(qPCR-7) näytteessä ei ollut viitettä mikrobikasvustosta. Toisesta tilasta alakaton tikkurappauksen pinnasta otetusta (qPCR-8) näytteessä ei ollut viitettä mikrobikasvustosta ja suoraviljelyllä analysoidussa näytteessä (MN12) ei myöskään ollut viitettä vauriosta.

Ulkoseinille ei suoritettu rakenneavauksia näissä tutkimuksissa. Ainoastaan pohjakerroksen yhdestä tilasta ulkoseinän alareunan tasoitteesta otettiin näytteet molempia mikrobianalyysejä varten (MN13 ja qPCR-9). Suoraviljelyllä analysoidussa näytteessä oli selvä mikrobikasvu materiaalissa, mutta qPCR-menetelmällä analysoidussa näytteessä ei ollut viitteitä vauriosta.

Taulukossa 3 ja 4 on esitetty qPCR-menetelmällä saadut materiaalinäytteiden tulokset ja tarkemmat mikrobipitoisuudet.

TAULUKKO 3. Yhteenveto qPCR-materiaalinäytteiden tuloksista

Tunnus	Näytteen sijainti	Materiaali	Tulos
qPCR-1	RA1, välipohja	ylempi rakolaudoitus	**Selvä mikrobikasvu materiaalissa**
qPCR-2	RA1, välipohja	mineraalivilla	Epäily mikrobikasvusta materiaalissa
qPCR-3	RA2, välipohja	ylempi kannatinpuu	**Selvä mikrobikasvu materiaalissa**
qPCR-4	Alakatto, putkiläpivienti	kuitueriste, tikkurappaus tervapaperi	**Selvä mikrobikasvu materiaalissa**
qPCR-5	Alakatto	tikkurappaus	Epäily mikrobikasvusta materiaalissa
qPCR-6	Alakatto	tikkurappaus	**Selvä mikrobikasvu materiaalissa**
qPCR-7	Alakatto	tikkurappauksen pinta	Ei mikrobikasvua materiaalissa
qPCR-8	Alakatto	tikkurappauksen pinta	Ei mikrobikasvua materiaalissa
qPCR-9	Ulkoseinä alareuna	tasoiterappaus	Ei mikrobikasvua materiaalissa

TAULUKKO 4. Analyysitulokset qPCR-materiaalinäytteistä (liite 2)

ANALYYSITULOKSET:

CE (cell equivalent) = soluekvivalentti; itiö, rihmaston osa, tms. solu tai solun osa, jossa on DNA:ta
< mr = alle määritysrajan
+ = pieni pitoisuus (tulos menetelmän lineaarisen mittausalueen ulkopuolella, jolloin kvantitointi ei ole luotettava).
Tulokset on ilmoitettu kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

Näyte: qPCR-1, RA1, ylempi rakolaudoitus

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	**260000**	Bakteerit	7100000
Penicillium ja Aspergillus	**400000**	Mycobacterium	140000
		Streptomyces	**49000**

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 5000 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 7000 CE/g, Bakteerit 11000 CE/g, Mycobacterium 26000 CE/g, Streptomyces 6100 CE/g.

Näyte: qPCR-2, RA1, mineraalivilla

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	21000	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	+	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 5100 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 7100 CE/g, Bakteerit 12000

Näyte: qPCR-3, RA2, ylempi kannatinpuu

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	100000	Bakteerit	1300000
Penicillium ja Aspergillus	**140000**	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 1300 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 1800 CE/g, Bakteerit 3000 CE/g, Mycobacterium 6800 CE/g, Streptomyces 1600 CE/g.

Näyte: qPCR-4, alakatto, kuitueriste, tikkurappaus, tervapaperi

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	**750000**	Bakteerit	2100000
Penicillium ja Aspergillus	**200000**	Mycobacterium	330000
		Streptomyces	**57000**

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 6000 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 8300 CE/g, Bakteerit 14000 CE/g, Mycobacterium 31000 CE/g, Streptomyces 7200 CE/g.

Näyte: qPCR-5, alakatto, tikkurappaus

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	46000	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 2200 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 3000 CE/g, Bakteerit 5000 CE/g, Mycobacterium 11000 CE/g, Streptomyces 2600 CE/g.

Näyte: qPCR-6, alakatto, tikkurappaus

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	+	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	**150000**

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 7300 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 10000 CE/g, Bakteerit 17000 CE/g, Mycobacterium 38000 CE/g, Streptomyces 8800 CE/g.

Näyte: qPCR-7, alakatto, tikkurappauksen pinta

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	< mr	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 5700 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 7800 CE/g, Bakteerit 13000 CE/g, Mycobacterium 29000 CE/g, Streptomyces 6800 CE/g.

Näyte: qPCR-8, alakatto, tikkurappauksen pinta

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	< mr	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 8600 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 12000 CE/g, Bakteerit 20000 CE/g, Mycobacterium 44000 CE/g, Streptomyces 10000 CE/g.

Näyte: qPCR-9, US alareuna, tasoiterappaus

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	< mr	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 9100 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 13000 CE/g, Bakteerit 21000 CE/g, Mycobacterium 47000 CE/g, Streptomyces 11000 CE/g.

Taulukossa 5 ja 6 on listattu suoraviljelymenetelmällä analysoitujen materiaalinäytteiden tulokset ja mikrobien pesäkkeiden määrät.

TAULUKKO 5. Yhteenveto suoraviljelymateriaalinäytteiden tuloksista

Tunnus	Näytteen sijainti	Materiaali	Tulos
MN1	RA1, välipohja	mineraalivilla	Ei mikrobikasvua materiaalissa
MN2	RA1, välipohja	alempi puukannattaja	Ei mikrobikasvua materiaalissa
MN4	RA2, välipohja	lastu/rakennusjäte	Niukasti sieniä materiaalissa
MN5	RA2, välipohja	ylempi kannatinpuu	Niukasti sieniä materiaalissa
MN6	RA2, välipohja	VP kannatinpalkki	Niukasti sieniä materiaalissa
MN7	RA2, välipohja	täyttöhiekka/betoni	Niukasti sieniä materiaalissa
MN8	Alakatto, putkiläpivienti	kuitueriste/tikkurappaus tervapaperi	Niukasti sieniä materiaalissa
MN9	Alakatto	tikkurappaus	**Selvä mikrobikasvu materiaalissa**
MN10	Alakatto	tikkurappaus	Niukasti sieniä materiaalissa
MN11	Alakatto	tikkurappauksen pinta	Niukasti sieniä materiaalissa
MN12	Alakatto	tikkurappauksen pinta	Niukasti sieniä materiaalissa
MN13	Ulkoseinä alareuna	tasoiterappaus	**Selvä mikrobikasvu materiaalissa**

TAULUKKO 6. Analyysitulokset materiaalinäytteistä suoraviljelymenetelmällä (liite 3)

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	MN1, RA1, Mineraalivilla	MN2, RA1 Ylempi kannatin-puu	MN3, RA1 Rakolaudoitus	MN4, RA2 lastu/rakennus-jäte
Aktinomykeetit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	0	0	0	0
Bakteerit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	0	0	3	0
Hiivat	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	0	0	0	0
Hiivat	Dikloran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	0	0	0	0
Homeet	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	0	0	5	7
Homeet	Dikloran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	0	0	3	5
Homeet tunnist.	Valomikroskopointi				Tunnistettu:	Tunnistettu:
Acremonium						
Alternaria						
Aspergillus						
Aspergillus ochraceus						
Aspergillus versicolor						
Cladosporium						
Paecilomyces						
Penicillium					Arv.5	Arv.7
Scopulariopsis						
Steriilejä						
Tunnistamataon						
(homelaji)						
Ulocladium						

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	MN5, RA2 Ylempi kannatin-puu	MN6, RA2 VP kannatin palkki	MN7, RA2 Eristetilan täyttöhiekka/ betoni	MN8, alakatto putkiläpivienti kuitueriste,tikku-rappaus, tervapaperi
Aktinomykeetit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	0	0	0	0
Bakteerit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	3	3	4	1
Hiivat	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	0	0	0	0
Hiivat	Dikloran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	0	0	0	
Homeet	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	5	4	16	7
Homeet	Dikloran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	3	5	19	6
Homeet tunnist.	Valomikroskopointi		Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:
Acremonium						
Alternaria						
Aspergillus						
Aspergillus ochraceus						
Aspergillus versicolor						
Cladosporium				Arv.2		
Paecilomyces						Arv.1
Penicillium			Arv.5	Arv.3	Arv.19	Arv.7
Scopulariopsis					Arv.1	
Steriilejä						
Tunnistamataon (homelaji)						
Ulocladium						

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	MN9, alakatto Tikkurappaus	MN10, alakatto Tikkurappaus	MN11, alakatto Tikkurappauksen pinta	MN12, alakatto Tikkurappauksen pinta	MN13, Us alareunan tasoiterappaus
Aktinomykeetit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	0	0	0	0	31
Bakteerit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	29	0	0	3	10
Hiivat	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	0	0	0	0	0
Hiivat	Dikloran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	0	0	0	0	0
Homeet	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	70	2	1	0	91
Homeet	Dikloran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	46	1	0	1	42
Homeet tunnist.	Valomikroskopointi		Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:
Acremonium							Arv.10
Alternaria							
Aspergillus							
Aspergillus ochraceus							
Aspergillus versicolor							Arv.80
Cladosporium							
Paecilomyces							
Penicillium			Arv.50	Arv.2	Arv.1		Arv.1
Scopulariopsis			Arv.20				
Steriilejä							
Tunnistamataon (homelaji)						Arv.1	
Ulocladium							

7.2 Johtopäätökset tutkimuskohteen 1 näytteiden tuloksista

QPCR-näytteistä saatiin viitteitä, missä rakenteissa ja miten aistinvaraisesti havaittuna on kohteen välipohjarakenteissa kosteus- tai mikrobivaurioita. Rakenteista, joista ei otettu qPCR-näytettä, arvioitiin rakenteen kunto suoraviljelynäytteiden lisäksi aistinvaraisesti. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen, osa IV Mikrobiologiset olot mukaan toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteusvauriota, vaikka mikrobikasvua ei välttämättä ole ehtinyt muodostua. Kosteusvaurio voidaan todeta näkyvänä kosteusvauriojälkenä tai pintakosteusosoittimen tai rakennekosteusmittausten avulla. Näkyvää kosteudesta johtuvaa jälkeä on siis jo pidettävä toimenpiderajan ylittävänä, joka vaati jotain toimenpiteitä, mikäli kyseisestä rakenteesta on ilmayhteys sisäilmaan.

Kolmannesta kerroksesta otetuissa suoraviljelymateriaalinäytteissä useassa näytteessä ei ollut viitettä vauriosta. Kasvatusmenetelmällä analysoiduissa näytteissä eivät näy kuolleet mikrobit, jotka voivat aiheuttaa myös sisäilmahaittaa ja oireilua rakennuksen käyttäjissä. Samasta näytteestä tehty qPCR-analyysi, jossa näkyvät myös kuolleet mikrobit, oli useassa näytteessä selvä tai epäily mikrobikasvustosta. Rakenneavauksissa todettiin useasti vuotojälkiä puuosissa, joten qPCR-näytteillä varmistuttiin mikrobikasvuston esiintymisestä rakenteissa. Todennäköisesti vuotojäljet olivat peräisin vanhoista kosteusvaurioista, koska suoraviljelymenetelmällä tehdyistä näytteistä ei löytynyt viitettä mikrobikasvustosta, jolloin kuolleiden mikrobien pitoisuudet jäävät analyysin ulkopuolelle. Myöskin alakatosta tehtyjen havaintojen ja näytteiden perusteella 3. kerroksen yläpuolinen väli- ja yläpohja on monin paikoin kosteus- ja mikrobivaurioitunut.

Toiseen ja ensimmäiseen kerrokseen tehdyistä avauksista ei ole otettu qPCR-näytteitä, joten todennäköisesti ainakin osassa olisi qPCR-näytteiden perusteella ollut viite mikrobivauriosta. Avauksissa havaittiin aistinvaraisesti puuosien pinnassa poikkeamaa väristyksessä sekä merkkejä kosteusvaurioista. Suoraviljelymenetelmällä analysoiduissa näytteistä saatiin ainoastaan heikkoja viitteitä mikrobikasvustosta.

QPCR-menetelmän käytöllä tämän kohteen kuntotutkimuksissa oli merkittävän tärkeää vaurioiden todentamisessa ja oikeiden korjaustoimenpiteiden suunnittelussa. Mikäli kohteessa olisi käytetty pelkästään viljelytekniikalla tehtyä mikrobianalyysiä, olisi suurin osa mikrobikasvustosta jäänyt tunnistamatta. QPCR-menetelmän käyttö viljelymenetelmien rinnalla tässä kohteessa oli näin ollen erittäin hyödyllistä.

Ainoastaan yhden näytteen kohdalla tulokset poikkesivat muihin näytteisiin verrattuna menetelmien välillä. Kyseinen näyte oli otettu pistokoeluonteisesti pohjakerroksesta ulkoseinän alareunan tasoiterappauksesta (MN13 ja qPCR-9). Näytetulokset olivat muihin verrattuna poikkeukselliset, jolloin suoraviljelytekniikalla näytteessä oli selvä mikrobikasvu ja qPCR-menetelmällä ei saatu viitettä mikrobikasvusta.

Näytetuloksien syitä selvitettiin Mikrobioni Oy:n puolelta ja saatiin lisätietoa qPCR-näyteanalyysistä. Näytetulokseen ensinnäkin vaikuttaa se, että samasta näytteestä oli jaettu materiaalia kahteen eri mikrobianalyysiin ja ne toimitettiin eri laboratorioiden analysoitavaksi, jolloin mikrobipitoisuudet eivät ole jakaantuneet tasaisesti. Homeet eivät kasva materiaaleissa tasaisesti vaan ihan vierekkäisissä kohdissa voi olla isot erot, jolloin toisessa näytteessä on voinut olla enemmän mikrobeja kuin toisessa. Lisäksi qPCR-9-näytettä laboratorio oli joutunut laimentamaan runsaasti, että näyte oli saatu analysoitua ja siksi kyseisen näytteen kohdalla myös määritysraja nousi korkeaksi 13 000 CE/g, mikä on ristiriidassa tulkintarajan 10 000 CE/g kanssa.

Materiaalina tasoiterappaus on myös haastava, sillä näytteessä on paljon PCR-inhibiittoreita, jotka estävät qPCR-menetelmän toimimisen osittain tai kokonaan tai DNA-eristys ei onnistu, jolloin näytettä joudutaan laimentamaan. Mikrobit ovat voineet jäädä havaitsematta, jos näytteessä on ollut alkujaan pieniä pitoisuuksia mikrobeja ja analyysissä on vielä jouduttu laimentamaan näytettä paljon, minkä vuoksi määritysrajakin nousi korkeammaksi. Tämän yksittäisen poikkeustapauksen kohdalla ei näissä tutkimuksissa ollut merkitystä ja voitiin todeta qPCR-menetelmällä olleen suuria etuja kohteen kuntotutkimuksissa. Taulukossa 7 on listattu materiaalinäytteiden tulokset suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä tehdyistä analyyseistä.

TAULUKKO 7. Materiaalinäytetulosten vertailu suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä

Tunnus	Näytteen sijainti	Materiaali	Tulos	Tunnus	Tulos
MN1	RA1, välipohja	mineraalivilla	Ei mikrobikasvua	qPCR-2	Epäily mikrobikasvusta
MN2	RA1, välipohja	alempi puukannattaja	Ei mikrobikasvua		
MN4	RA2, välipohja	lastu/rakennusjäte	Niukasti sieniä		
MN5	RA2, välipohja	ylempi kannatinpuu	Niukasti sieniä	qPCR-3	**Selvä mikrobikasvu**
MN6	RA2, välipohja	VP kannatinpalkki	Niukasti sieniä		
MN7	RA2, välipohja	täyttöhiekka/betoni	Niukasti sieniä		
MN8	Alakatto, putkiläpivienti	kuitueriste/tikkurappaus tervapaperi	Niukasti sieniä	qPCR-4	**Selvä mikrobikasvu**
MN9	Alakatto	tikkurappaus	**Selvä mikrobikasvu**	qPCR-5	Epäily mikrobikasvusta
MN10	Alakatto	tikkurappaus	Niukasti sieniä	qPCR-6	**Selvä mikrobikasvu**
MN11	Alakatto	tikkurappauksen pinta	Niukasti sieniä	qPCR-7	Ei mikrobikasvua
MN12	Alakatto	tikkurappauksen pinta	Niukasti sieniä	qPCR-8	Ei mikrobikasvua
MN13	Ulkoseinä alar.	tasoiterappaus	**Selvä mikrobikasvu**	qPCR-9	Ei mikrobikasvua

7.3 Näytetulokset tutkimuskohteessa 2

Rakenneavauksen 1 kohdalta otettiin mikrobinäytteitä yhteensä kolme kappaletta. Kaksi mikrobinäytettä analysoitiin suoraviljelymenetelmällä ja yksi qPCR-menetelmällä. QPCR-1-näyte otettiin rakenneavauksen ylemmän rungon kohdalta. Materiaalinäytteen analyysin tulos oli selvä mikrobikasvu. Näytteessä oli suuret home- ja sädesienipitoisuudet. Mikrobinäyte (MN1), joka otettiin rakenneavauksen kohdalta puru/betonieristeestä, tulos viittasi mikrobivaurioon. Näytteessä oli erittäin runsaasti sädesieniä ja sieni-itiöitä. Mikrobinäyte (MN2), joka otettiin rakenneavauksen väliseinän viereisestä runkopuusta, analyysin tulos viittasi heikosti mikrobivaurioon. Näytteessä esiintyi sädesieniä ja kosteusvaurioon viittaava (Rhizopus) mikrobilaji.

Rakenneavauksen 2 kohdalta otettiin kolme mikrobinäytettä, joista yksi analysoitiin qPCR-menetelmällä ja kaksi suoraviljelymenetelmällä. QPCR-2-näyte, joka otettiin rakenneavauksesta ulkoseinän viereisestä puusta, oli materiaalinäytteessä selvä mikrobikasvu. Näytteessä oli suuret home- ja mikrobipitoisuudet. Mikrobinäyte (MN3), joka otettiin rakenneavauksesta sahanpuru/betonieristeestä, viittasi heikosti mikrobivaurioon. Näytteessä oli kohtalaisesti mikrobeja ja kosteusvaurioon viittaava mikrobilaji. Mikrobinäyte (MN4), joka otettiin rakenneavauksen runkopuusta, tulos ei viitannut mikrobivaurioon. Tilassa tarkasteltiin aistinvaraisesti lattiassa olevia sähköjohtojen läpivientejä. Läpivientien kohdalta havaittiin ilmavirtausta välipohjarakenteesta rakennuksen sisäilmaan, jolloin mikrobit pääsevät hengitysilmaan.

Taulukossa 8 ja 9 on esitetty qPCR-materiaalinäytteiden tulokset kohteen tutkimuksissa ja tarkemmat mikrobipitoisuudet.

TAULUKKO 8. Yhteenveto qPCR-materiaalinäytteiden tuloksista (liite 2)

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte:	Tulosyhteenveto:	Johtopäätös:
	qPCR-1, välipohja ylempi runkopuu	suuret home- ja sädesienipitoisuudet	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	qPCR-2, ulkoseinän viereinen puu	suuret home- ja sädesienipitoisuudet	selvä mikrobikasvu materiaalissa

TAULUKKO 9. Analyysitulokset qPCR-materiaalinäytteistä (liite 2)

ANALYYSITULOKSET:

CE (cell equivalent) = soluekvivalentti; itiö, rihmaston osa, tms. solu tai solun osa, jossa on DNA:ta
< mr = alle määritysrajan
+ = pieni pitoisuus (tulos menetelmän lineaarisen mittausalueen ulkopuolella, jolloin kvantitointi ei ole luotettava).
Tulokset on ilmoitettu kahden merkitsevän numeron tarkkuudella.

Näyte: qPCR-1

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	35000	Bakteerit	740000
Penicillium ja Aspergillus	**99000**	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	**34000**

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 1900 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 2700 CE/g, Bakteerit 4400 CE/g, Mycobacterium 10000 CE/g, Streptomyces 2400 CE/g.

Näyte: qPCR-2

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	**580000**	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	**1700000**	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	**49000**

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 2800 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 3800 CE/g, Bakteerit 6300 CE/g, Mycobacterium 14000 CE/g, Streptomyces 3300 CE/g.

Taulukossa 10 on esitetty suoraviljelyllä saadut tulokset ja pesäkkeiden määrät.

TAULUKKO 10. Analyysitulokset materiaalinäytteistä suoraviljelymenetelmällä (liite 3)

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	MN1 Välipohja, RA1 puru/betoni -eriste	MN2 RA1, Väliseinän viereltä runkopuu	MN3 Välipohja, RA2 puru/betoni-eriste	MN4 Välipohja, RA2, runkopuu
Aktinomykeetit	Trypto-ni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	>300	7	0	0
Bakteerit	Trypto-ni-hiivauute-glukoosi -agar	cfu/malja	Arv. 4 Kasvu levinnyt	Arv. 5 Kasvu levinnyt	4	1
Hiivat	2% Mallasuuteagar,	cfu/malja	0	0	0	0
Hiivat	Diklo-ran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	0	0	0	0
Homeet	2% Mallasuuteagar	cfu/malja	>150	25	45	17
Homeet	Diklo-ran-glyseroli (DG18) -agar	cfu/malja	>150	28	42	7
Suoramikroskopointi	Valomikroskopointi		Ei todettu		Ei todettu	
Homeen tunnist.	Valomikroskopointi		Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:	Tunnistettu:
Penicillium			Arv.>150	Arv.27	Arv.42	Arv.17
Rhizopus			Arv.1	Arv.1		
Ulocladium					Arv.5	

Seuraavassa on esitetty Scanlab Oy:n lausunto kyseisistä näytteistä:

- Näytteessä (MN1) puru/betonieristeessä todettiin runsaasti (50-199) sieniä ja aktinomykeettejä. Materiaalissa voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa.
- Näytteessä (MN2) väliseinän viereisestä runkopuusta todettiin kohtalaisesti (20-49) sieniä ja niukasti (1-19) aktinomykeettiä.
- Näytteessä (MN3) puru/betonieristeessä todettiin kohtalaisesti (20-49) sieniä. Näytteessä todettiin kosteusvaurioon viittaavia (Ulocladium) mikrobeita. Voi viitata mikrobikasvustoon.
- Näytteessä (MN4) runkopuussa todettiin niukasti (1-19) sieniä.

7.4 Johtopäätökset tutkimuskohteen 2 näytteiden tuloksista

Kohteessa otettujen qPCR-näytteiden perusteella välipohjapalkkien mikrobikasvuston olemassa olosta saatiin viitteitä. Kuitenkin suoraviljelymenetelmällä välipohjan rungossa

ei ollut vahvoja viitteitä mikrobikasvustosta, joten voidaan olettaa, että mikrobikasvustot eivät ole enää elinkykyisiä. Välipohjan rungossa ei havaittu lahovaurion jälkiä rakenneavausten kohdalla, joten qPCR-näytteiden viitteet mikrobikasvustosta ei näillä otoksilla ole täysin riittäviä perusteita mikrobivaurion todentamisessa. QPCR-näytteiden viitteet mikrobikasvustosta rakenneavauksien kohdalla ei tulos yksinään riitä varmistamaan mikrobivaurion olemassa oloa. Avauksia tulisi tehdä useampia, jotta saataisiin mahdolliset vuotojäljet näkyviin ja näytteitä tulisi ottaa laajemmalla otannalla. Korjaussuunnittelua varten kohde tarvitsee vielä laajempia tutkimuksia välipohjapalkkien osalta, jotta varmistutaan mikrobikasvun aiheuttajista.

Suoraviljely materiaalinäytteet osoittivat välipohjan lämmöneristekerroksessa olevan mikrobikasvustoa. Suoraviljelymenetelmä tunnistaa vain elävät mikrobit, joten lämmöneristeen osalta korjaustarve on selvä. Tutkimusraportin mukaan lämmöneristekerrokset tulisi poistaa, sillä ilmavirtausten mukana mikrobien itiöt ja osat sekä aineenvaihduntatuotteet pääsevät rakennuksen sisäilmaan. Erityisesti sähköjohtojen läpivientien kohdalta ilmavirtauksia pääsee välipohjarakenteen sisältä leviämään sisäilmaan, mikä aiheuttaa käyttäjissä oireilua. Taulukossa 11 on listattu materiaalinäytteiden tulokset suoraviljely- ja qPCR-menetelmien analyyseistä.

TAULUKKO 11. Materiaalinäytetulosten vertailu suoraviljely- ja qPCR-menetelmillä

Tunnus	Näytteen sijainti	Materiaali	Tulos	Tunnus	Tulos
MN1	RA1, välipohja	puru/betonieriste	**Selvä mikrobikasvu**		
MN2	RA1, välipohja	runkopuu	Epäily mikrobikasvusta	qPCR-1	**Selvä mikrobikasvu**
MN3	RA2, välipohja	puru/betonieriste	Epäily mikrobikasvusta		
MN4	RA2, välipohja	runkopuu	Ei mikrobikasvua	qPCR-2	**Selvä mikrobikasvu**

7.5 Näytetulokset tutkimuskohteessa 3

Rakenneavauksen 1 kohdalta otettiin kolme materiaalinäytettä, jotka analysoitiin suoraviljelymenetelmällä. Näytteet otettiin välipohjarakenteen lämmöneristeestä (MN1), ulkoseinä- ja sokkelirakenteen lämmöneristeestä (MN2) ja välipohjarakenteen rakennuspahvista (MN3). Kaikissa kolmessa näytteessä tulos oli selvä mikrobikasvu materiaalissa.

Rakenneavaukset 2 ja 3 tehtiin välipohjaan kauemmaksi ulkoseiniä. Molemmista avauksista otettiin yhdet näytteet välipohjarakenteen lämmöneristeestä ja rakennuspaperista (qPCR-4 ja qPCR-5), jotka analysoitiin qPCR-menetelmällä. Kummassakaan näytteessä ei ollut viitettä mikrobikasvusta.

Rakenneavaus 4 tehtiin tiilijulkisivun kohdalle ulkoseinä- ja sokkelirakenteen liittymä kohtaan poistamalla seinärakenteen sisäkuoren levytyksiä ja piikkaamalla pintalaattaa. Avauksesta otettiin yksi näyte (qPCR-6) välipohjarakenteen lämmöneristeestä ja rakennuspaperista, joka analysoitiin qPCR-menetelmällä. Materiaalinäytteessä oli selvä mikrobikasvu.

Rakenneavaukset 5 ja 6 tehtiin ulkoseinä- ja sokkelirakenteen liittymään ikkunoiden puoleiselle seinustalle, jossa ulkoverhouksena oli Minerit-levyverhous. Rakenneavauksesta 5 otettiin yksi näyte (qPCR-7) sokkelin/välipohjan rakennuspahvista. Rakenneavauksesta 6 otettiin myös yksi näyte (qPCR-8) ulkoseinä- ja sokkelirakenteen lämmöneristeestä ja rakennuspahvista. Molemmista avauksista otetut näytteet analysoitiin qPCR-menetelmällä. Kummassakaan näytteessä ei ollut viitettä mikrobikasvusta.

Taulukossa 12 ja 13 on esitetty materiaalinäytteiden tulokset ja pesäkkeiden määrät suoraviljelymenetelmällä.

TAULUKKO 12. Yhteenveto materiaalinäytteistä suoraviljelymenetelmällä (liite 3)

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte:	Tulosyhteenveto:	Johtopäätös:
	MN1, Mineraalivilla, Välipohja	paljon homeita, myös indikaattorimikrobeita. Vähän bakteereita	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MN2, Mineraalivilla, Ulkoseinä. sokkeli	paljon homeita. Bakteereissa paljon sädesieniä	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MN3, Pahvi, Ulkoseinä/välipohja	paljon homeita ja bakteereita, bakteereissa myös paljon sädesieniä	selvä mikrobikasvu materiaalissa

TAULUKKO 13. Analyysitulokset materiaalinäytteistä suoraviljelymenetelmällä (liite 3)

Näyte: MN1, Mineraalivilla, Välipohja

HOMEET JA HIIVAT	M2 Pitoisuus (pmy/malja)	DG18 Pitoisuus (pmy/malja)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/malja)
Kokonaismäärä	**+++**	**+++**	Kokonaismäärä	+
***Aspergillus versicolor**		**+(5)**	muut bakteerit	+(YK)
***Chaetomium sp.**	**+(1)**	**+(1)**	***sädesienet**	**+(13)**
Cladosporium sp.	+			
Penicillium sp.	+++	+++		

Näyte: MN2, Mineraalivilla, Ulkoseinä. sokkeli

HOMEET JA HIIVAT	M2 Pitoisuus (pmy/malja)	DG18 Pitoisuus (pmy/malja)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/malja)
Kokonaismäärä	**+++**	**+++**	**Kokonaismäärä**	**+++**
Penicillium sp.	+++	+++	muut bakteerit	+(YK)
			***sädesienet**	**+++(T)**

Näyte: MN3, Pahvi, Ulkoseinä/välipohja

HOMEET JA HIIVAT	M2 Pitoisuus (pmy/malja)	DG18 Pitoisuus (pmy/malja)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/malja)
Kokonaismäärä	**+++**	**+++**	**Kokonaismäärä**	**+++**
Penicillium sp.	+++	+++	muut bakteerit	+++
			***sädesienet**	**+++(T)**

Taulukossa 14 ja 15 on listattuna qPCR-menetelmällä saadut tulokset ja mikrobipitoisuudet materiaalinäytteistä.

TAULUKKO 14. Yhteenveto qPCR-materiaalinäytteiden tuloksista (liite 2)

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte:	Tulosyhteenveto:	Johtopäätös:
	qPCR-4, Tervapaperi + eristevilla, Huone 1. välipohja	home- ja sädesienipitoisuudet alle määritysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	qPCR-5, Tervapaperi + eristevilla, Käytävä. välipohja	home- ja sädesienipitoisuudet alle määritysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	qPCR-6, Tervapaperi + eristevilla, Huone 1. välipohja	suuri homepitoisuus, sädesienipitoisuus alle määritysrajan	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	qPCR-7, Rakennuspahvi, Sokkeli / välipohja	home- ja sädesienipitoisuudet alle määritysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	qPCR-8, Eristevilla / rakennuspahvi, Sokkeli	pieni homepitoisuus, kuitenkin yli 10 000 CE/g, sädesienipitoisuus alle määritysrajan	epäily mikrobikasvusta materiaalissa

TAULUKKO 15. Analyysitulokset qPCR-materiaalinäytteistä (liite 2)

Näyte: qPCR-4, Tervapaperi + eristevilla, Huone 1. välipohja

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	< mr	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 12000 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 17000 CE/g, Bakteerit 28000 CE/g, Mycobacterium 64000 CE/g, Streptomyces 15000 CE/g.

Näyte: qPCR-5, Tervapaperi + eristevilla, Käytävä. välipohja

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	< mr	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 9100 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 13000 CE/g, Bakteerit 21000 CE/g, Mycobacterium 47000 CE/g, Streptomyces 11000 CE/g.

Näyte: qPCR-6, Tervapaperi + eristevilla, Huone 1. välipohja

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	**170000**	Bakteerit	2500000
Penicillium ja Aspergillus	**470000**	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 12000 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 17000 CE/g, Bakteerit 28000 CE/g, Mycobacterium 62000 CE/g, Streptomyces 15000 CE/g.

Näyte: qPCR-7, Rakennuspahvi, Sokkeli / välipohja

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	< mr	Bakteerit	< mr
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 4800 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 6600 CE/g, Bakteerit 11000 CE/g, Mycobacterium 25000 CE/g, Streptomyces 5800 CE/g.

Näyte: qPCR-8, Eristevilla / rakennuspahvi, Sokkeli

HOMEET	Pitoisuus (CE/g)	BAKTEERIT	Pitoisuus (CE/g)
Homeet ja hiivat	42000	Bakteerit	330000
Penicillium ja Aspergillus	< mr	Mycobacterium	< mr
		Streptomyces	< mr

Määritysrajat näytteelle ovat Homeet ja hiivat 4500 CE/g, Penicillium ja Aspergillus 6300 CE/g, Bakteerit 10000 CE/g, Mycobacterium 23000 CE/g, Streptomyces 5500 CE/g.

7.6 Johtopäätökset tutkimuskohteen 3 näytteiden tuloksista

Mikkelin kohteessa oli vesikattokorjauksien yhteydessä tapahtunut kaksi erillistä vesivahinkoa. Ne kohdistuivat liikesiiven toimistotiloihin. Rakennuksen toimistotiloista otettiin näytteitä kahdessa osassa vuosina 2016 ja 2017. Materiaalinäytteet (MN1, MN2 ja MN3) oli otettu alkuvuodesta 2016 ja ne analysoitiin suoraviljelymenetelmällä. Kaikissa kolmessa näytteessä oli selvä mikrobikasvu materiaalissa. Näytteet otettiin ulkoseinän vastaisesta avauksesta.

Lisätutkimuksia tehtiin seuraavana vuonna, jolloin näytteitä otettiin qPCR-analyysiä varten. Näytteiden tuloksilla oli kiire korjaustoimien alkaessa, joten tästä syystä valittiin qPCR-menetelmä. Kaikissa muissa näytteissä lukuun ottamatta qPCR-6-näytettä tuloksena oli epäily mikrobikasvustosta tai negatiivinen tulos. Näyte qPCR-6 otettiin ulkoseinän vastaisesta rakenneavauksesta. Samoin qPCR-8-näyte, jossa oli epäily mikrobikasvustosta, otettiin ulkoseinän viereisestä rakenneavauksesta. Ulkoseinän vierustoille tehtyjen rakenneavausten, joista ensimmäiset näytteet otettiin suoraviljelyanalyysiä varten ja edellä mainitut qPCR-näytteet, voidaan ajatella olevan vertailukelpoisia keskenään samanlaisen rakenteen ja sijainnin perusteella.

Rakennuksessa oli tapahtunut vesikattokorjauksien yhteydessä vuonna 2008 kaksi erillistä vesivahinkoa, joita oli tutkittu ja korjattu. Tuolloin oli todettu välipohjan eristetilan olevan märkä ja seinien alaosassa todettu ainakin paikallisia kosteusvaurioita. Välipohjan eristetilan ja seinärakenteiden alaosia oli kuivattu ja desinfioitu. Välipohjan toimenpiteet ja desinfiointi biosidikäsittelyllä oli suoritettu pintalaattaan porattujen reikien kautta. Nykyohjeistuksen mukaan biosideja ei suositella käytettäväksi sisätiloissa ratkaisuksi home- ja kosteusvauriokorjauksiin niihin liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira ei suosittele biosidien käyttöä korjausrakentamisessa. Ainoastaan erityistilanteissa, kuten hajunpoistona viemärivaurioiden yhteydessä sitä voidaan käyttää. Biosidikäsittely voi mahdollisesti jopa lisätä rakenteessa olevien mikrobien toksiinien tuotantoa ja muuttaa mikrobistoa haitallisemmaksi.

Näytetulokset osoittivat tässä kohteessa tehtyjen korjaustoimien olleen riittämättömiä, sillä oletetusti kosteusvauriot johtuivat vesikattokorjauksissa syntyneistä vesivahingoista. Tässä kohteessa ei kuitenkaan ole näyttöä siitä, että qPCR-menetelmän käytöllä olisi ollut merkitystä mikrobikasvuston todentamisessa. Ainoastaan analyysituloksien nopealla valmistumisella saatiin korjaustoimet nopeasti käyntiin, mikä on qPCR-menetelmän

etuja. Suoraviljelymenetelmällä olisi saatu mitä todennäköisemmin samat tulokset näytteistä kuin qPCR-menetelmällä saatiin. Rakenneavauksesta 1, josta otettiin suoraviljelyn materiaalinäytteet, oli kaikissa selvä mikrobikasvu. Sen perusteella muistakin avauksista olisi saatu mikrobivauriot selville, mikäli niitä olisi esiintynyt. Taulukossa 16 on listattu kohteessa otettujen materiaalinäytteiden tulokset.

TAULUKKO 16. Yhteenveto mikrobianalyyseistä

Tunnus	Näytteen sijainti	Materiaali	Tulos
MN1	Välipohja	eristevilla	Selvä mikrobikasvu materiaalissa
MN2	Ulkoseinä/sokkeli	eristevilla	Selvä mikrobikasvu materiaalissa
MN3	Ulkoseinä/välipohja	rakennuspahvi	Selvä mikrobikasvu materiaalissa
qPCR-4	Välipohja	eristevilla ja rakennuspaperi	Ei mikrobikasvua materiaalissa
qPCR-5	Välipohja	eristevilla ja rakennuspaperi	Ei mikrobikasvua materiaalissa
qPCR-6	Välipohja	eristevilla ja rakennuspaperi	Selvä mikrobikasvu materiaalissa
qPCR-7	Sokkeli/välipohja	rakennuspahvi	Ei mikrobikasvua materiaalissa
qPCR-8	Sokkeli	eristevilla ja rakennuspahvi	Epäily mikrobikasvusta materiaalissa

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia qPCR-menetelmän hyötyjä rakennusten kuntotutkimuksissa ja sen tuomaa lisäarvoa muihin viljelymenetelmiin verrattuna. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi suunnittelu- ja konsultointitoimisto Sitowise Oy ja aineisto opinnäytetyölle tuli heidän tekemistään kuntotutkimuksista. Työssä perehdyttiin sisäilmaongelmien aiheuttajiin ja terveyshaittoihin sekä erilaisiin kuntotutkimusmenetelmiin.

Kesällä 2017 toimin työssä esitellyn tutkimuskohteen 1 kuntotutkimuksissa ja näytteenotoissa mukana. Kohteen kuntotutkimusraportin laatimisessa toimin avustavissa tehtävissä. Pääsin näkemään kuntotutkimustyön eri vaiheita ja toimin erilaisten näytteenotto- ja mittausmenetelmien parissa. Erilaiset tutkimusmenetelmät tuli tutuiksi ja pääsin näkemään kohteen rakenneratkaisut ja rakenteiden sen hetkisen kunnon rakenneavauksista.

Tämän työn lähtötietoina toimivat kolmen eri tutkimuskohteen kuntotutkimusraportit. Työn tavoitteena oli tutkia kohteita, joissa käytettiin mikrobikasvuston todentamisessa viljelymenetelmää ja qPCR-menetelmää rinnakkain. Tutkimusten perusteella saatiin tietoa siitä, että qPCR-menetelmän käyttö oli hyödyllistä ja sen avulla saatiin mikrobikasvuston ja rakenteiden vauriot todennettua. Tulokset osoittivat, että pelkällä viljelymenetelmällä osa mikrobikasvustosta ja rakenteiden vaurioista olisi jäänyt tunnistamatta.

QPCR-menetelmän käyttö etenkin vanhojen rakennusten kuntotutkimuksissa osoittautui hyvin merkittäväksi, sillä viljelymenetelmät eivät tunnista kuolleita eikä kuivuneita mikrobeja. Vanhoissa rakennuksissa monesti kosteusvauriot ovat peräisin kauan sitten tapahtuneista vuodoista, joiden korjaukset ovat voineet olla puutteellisia tai nykykäsityksen mukaan väärin korjattuja. Tulokset osoittivat, että mikäli tiedossa olevien vanhojen kosteusvaurioiden ja vahinkojen korjaustoimet saattavat olla puutteellisia tai niistä ei ole tarkkaa tietoa, on qPCR-menetelmän käyttö viljelymenetelmän rinnalla hyödyllistä kuntotutkimuksissa.

Rakennusmateriaalilla on myös merkitystä näyteanalyysin valinnassa. Hankalia materiaaleja qPCR-analyysille ovat betoni, tasoitteet, erilaiset rappaukset ja sen tyyppiset materiaalit, sillä niitä joudutaan yleensä laimentamaan paljon laboratoriossa, jotta saadaan analyysi onnistumaan. Kyseiset materiaalit ovat haastavia, koska niissä on paljon PCR-inhibiittoreita, jotka estävät qPCR-menetelmän toimimisen osittain tai kokonaan. DNA-

eristys ei onnistu, jolloin näytettä joudutaan laimentamaan. Laimentaminen nostaa kyseisen näytteen määritysrajaa ja voi näin johtaa negatiiviseen tulokseen mikrobianalyysissä, vaikka muutoin näytteessä saattaisi olla tulkintarajan ylittävät määrät mikrobeja.

Tuoreemmissa kosteusvaurioissa materiaalinäytteet viljelymenetelmillä todennäköisesti riittävät todentamaan mikrobivauriot ja kosteusvaurioiden laajuuden. Kohteissa, joiden rakentamisesta ei ole vielä vuosikymmeniä aikaa ja niiden rakennustavat ovat selvillä, ei qPCR-menetelmä ole ensisijainen vaihtoehto materiaalinäytteiden analyysille kosteusvaurioiden todentamisessa. Tiedossa olevien tuoreiden kosteusvaurioiden tutkimisessa ja näytteenotoissa qPCR-menetelmällä ei saada lisäarvoa tutkimuksille, jos tuloksilla ei ole kiire.

Kuten kohteessa 3 käytettiin qPCR-menetelmää nopean analyysituloksen saamiseksi korjaustoimien alkaessa, toimii qPCR-menetelmä kiireisessä tilanteessa järkevänä valintana tutkimuksille. QPCR-menetelmän korkeampi hinta kompensoi korjaustoimien viivästymistä ja siitä aiheutuvien lisäkulujen mahdollisuutta.

Tilanteessa, jossa rakenteissa on havaittavissa jälkiä kosteudesta, riippumatta kohteen rakentamisvuodesta eikä viljelymenetelmällä todeta mikrobivauriota, olisi hyvä tarkastaa rakennetta laajemmin ja mahdollisesti analysoida näytteitä qPCR-menetelmällä. Rakentamisen aikana voi rakenteisiin jäädä kosteutta, joka ei pääse poistumaan. Mahdollinen rakenteellinen virhe tai rakennusaikainen kosteusvahinko aiheuttaa mikrobeille suotuisat elinolosuhteet rakenteisiin. Kaikkien eri asianhaarojen huomioon ottamisessa ovat tutkimusmenetelmien valinta ja rakennustekninen osaaminen avainasemassa rakennusten sisäilma- ja kosteusteknisissä tutkimuksissa.

LÄHTEET

Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.

Eklund, Marjut 2012. Kvantitatiivisen PCR (qPCR)- ja kasvatusmenetelmien vertailu rakennusten mineraalivillaeriste- ja puumateriaalinäytteiden mikrobimäärityksissä. Opinnäytetyö. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto, kouluttamis- ja kehittämispalvelu Aducate, rakennusterveys.

Sisäilmaopas. Hengitysliitto. Saatavissa: https://www.hengitysliitto.fi/sites/default/files/oppaat/sisailmaopas_kevyt.pdf. Hakupäivä 7.1.2019.

Hildén, Sari 2014. Julkisten rakennusten sisäilmaongelmat – paljonko on paljon. Rakennuslehti. 24.10.2014. Saatavissa: http://www.rakennuslehti.fi/blogit/julkisten-rakennusten-sisailmaongelmat-paljonko-on-paljon/. Hakupäivä 13.1.2019.

L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Finlex.fi. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132. Hakupäivä 7.1.2019.

L 19.8.1994/763. Terveydensuojelulaki. Finlex.fi. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=terveydensuojelulaki. Hakupäivä 7.1.2019.

Mikrobioni. Saatavissa: https://mikrobioni.fi/. Hakupäivä 30.10.2018.

STMa 23.4.2015/545. Asumisterveysasetus, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. Saatavissa: https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys. Hakupäivä 17.1.2019.

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Ympäristöopas. Helsinki: Ympäristöministeriö.