



Petteri Sarka

Työnjohdon ohjeistus mikrobivaurioiden tunnistamiseen ja toimenpiteiden määrittelyyn

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

20.1.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Petteri Sarka
Otsikko:	Työnjohdon ohjeistus mikrobivaurioiden tunnistamiseen ja toimenpiteiden määrittelyyn
Sivumäärä:	42 sivua
Aika:	20.1.2022
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine:	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat:	Tuotantoinsinööri Minna Kataja Lehtori Anne Pietilä

Staran työnjohdolta puuttui virallinen ohjeistus, miten havaita ja tunnistaa mikrobivaurioita, sekä mitä tulee tehdä sellaisia löytäessään

Tässä työssä käsitellään myös Staran korjaamaa Suvilahden tiilistä kaasukelloa, jossa itse työskentelin työnjohtoharjoittelijana monena kesänä, sekä opintojen ohessa. Suvilahden kaasukello oli pahoin kosteusvaurioitunut, sekä sen myötä mikrobivauriot olivat päässeet pahoiksi.

Tähän opinnäytetyöhön tehtiin kyselytutkimus, joka lähetettiin Staran työnjohtajille kartoittamaan kaupungin nykyisiä mikrobivaurioiden tunnistamisohjeita ja menettelytapoja, sekä kuinka paljon he ovat mikrobivaurioita työssään kohdanneet ja millaisissa paikoissa. Työtä apuna käyttäen laaditaan Staralle ohjeistus mikrobivaurioista.

Avainsanat: mikrobivaurio, kosteusvaurio

Abstract

Author: Petteri Sarka
Title: Guidance for Supervisors to Identify Microbial Damage and Define Procedures
Number of Pages: 42 pages
Date: 20.01.2022

Degree: Bachelor of Construction management
Degree Programme: Construction Site Manager
Professional Major: Building Construction
Supervisors: Minna Kataja, Production engineer
Anne Pietilä, Lecturer

The aim of this thesis was to create instructions for Stara's management team on how to identify previously undiscovered microbial damage and to help the supervisors identify in which situations and places further investigation might be needed. The thesis also explains how and what to do if microbes are found.

This thesis also addresses about the brick gas clock in Suvilahti, repaired by Stara. The author worked there many summers and on school vacations. The gas clock was badly damaged by moisture and therefore microbial growth had worsened.

The methods used in this project were studying written material such as books and articles, the RT Building Information File and conducting a questionnaire, which was sent to Stara's supervisors to survey the city's current microbial damage identification guidelines and procedures, and to find how much microbial damage supervisors have encountered in their work and in which places.

The result of this project is to create a separate file that contains instructions and knowledge for Stara's supervisors about microbial damage and ways to repair it if found.

Keywords: Microbial damage, moisture damage

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Yritysinfo	1
1.2	Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät	1
1.3	Rajaukset	1
2	Homeista sekä mikrobeista yleisesti	2
2.1	Kasvuun vaadittavat vaatimukset	2
2.2	Rakenteissa ja rakennuksissa esiintyvät homesienet ja mikrobisuvut	3
2.2.1	<i>Penicillium</i> eli pensselihome	3
2.2.2	<i>Aspergillus</i> eli nuijahome	4
2.2.3	Puutavarassa tyypilliset mikrobisuvut	4
2.2.4	Toksiineja tuottavat kasvustot	4
2.2.5	<i>Fusarium</i> eli punahome	5
2.2.6	Sädesienet eli aktinobakteerit	5
3	Mikrobivaurioon johtavat syyt	6
3.1	Materiaalin merkitys mikrobivaurion kehittymiseen	7
3.1.1	Puu- ja puupohjaiset materiaalit	7
3.1.2	Muovi- ja kumipohjaiset materiaalit	8
3.1.3	Tasoitteet ja laastit	8
3.1.4	Betoni ja kivi	8
3.1.5	Metalli- ja lasipinnat	9
3.2	Kosteuden kulkeutuminen rakenteeseen	10
3.3	Kosteuden lähteet	11
4	Mikrobivaurioiden havaitseminen ja tunnistaminen	12
5	Kuntotutkimus	14
6	Riskirakenteet	15
6.1	Mikä on riskirakenne	15
6.2	Märkätilat	15
6.3	Perustukset ja alapohjat	16

6.4	Seinärakenteet	17
6.5	Yläpohja ja vesikatto	17
7	Vaurioiden korjaaminen	17
7.1	Rakenteen tai rakennusosan korvaaminen	18
7.2	Mekaaninen puhdistus	18
7.3	Kuivatus	19
7.4	Desinfiointi	20
7.5	Rakenteen kapselointi ja tiiveyden parantaminen	21
7.6	Rakennusmateriaalien puhdistustapoja	21
7.6.1	Tiiviit puhdistettavat materiaalit	21
7.6.2	Kivipohjaiset materiaalit	22
7.6.3	Runsasravinteiset ja huokoiset materiaalit	22
7.6.4	Solumuovieristeet	22
8	Työnjohtajilta kysytyt kysymykset ja vastaukset	24
9	Suvilahden tiilinen kaasukello	33
9.1	Löydettyjä mikrobilajistoja	36
10	Yhteenveto	39
	Lähteet	41

Termit ja lyhenteet

Kosteusvaurio: Kosteuden aiheuttamaa vauriota rakennusmateriaaleissa

Kuntotutkimus: Perehdytään tarkemmin jonkin rakenneosan tai alueen kuntoon joko silmämääräisesti tai rakenneavauksella.

Mykotoksiini: Mikrosienistä ja mikrobeista vapautuvia myrkkykaasuja

Toksiini: Myrkky

1 Johdanto

1.1 Yritysinfo

Stara on Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos. Stara tuottaa kaupunkiympäristön rakentamisen ja hoidon sekä logistiikan palveluja vain Helsingin kaupungin tarpeisiin.

Staralla on pitkä kokemus katujen ja puistojen rakentamisesta, hoidosta ja kunnossapidosta. Stara rakentaa ja ylläpitää myös kaupungin tiloja esimerkiksi kouluja, päiväkoteja ja toimitiloja. Stara pitää myös huolta Helsingin luonnosta, kaupunkimetsistä ja rantavesistä.

Stara on monialainen toimija, ja palveluihin kuuluu myös erikoisosaamista vaativia töitä maaperätutkimuksista taideteosten valmistamiseen.

1.2 Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada Staran työnjohdolle ohjeistus, miten tunnistetaan aiemmin löytämätön mikrobivaurio eli autetaan työnjohtajaa tunnistamaan millaisissa tilanteissa ja paikoissa vaaditaan lisätutkimuksia, sekä miten toimitaan, jos mikrobeja ja haitta-aineita löytyy. Tutkimusmenetelminä on käytetty kirjallista aineistoa, RT-kortistoa, sekä työnjohtajille luotua kyselytutkimusta, jossa pyrittiin kartoittamaan nykyisiä menettelyjä mikrobivaurioita kohdattaessa. Omaa kokemusta on hyödynnetty Suvilahden kaasukellon osuudessa.

1.3 Rajaukset

Tämä opinnäytetyö rajataan koskemaan vain rakennuksessa esiintyviä home- ja mikrobivaurioita, sekä Suvilahden kaasukelloa. Rakennuksissa esiintyviä muita haitta-aineita ei tässä työssä käsitellä laajuutensa vuoksi.

2 Homeista sekä mikrobeista yleisesti

2.1 Kasvuun vaadittavat vaatimukset

Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen kosteutta, ne ei eivät viihdy kovinkaan hyvin kuivissa rakenteissa. Toinen merkittävä tekijä on oikea lämpötila. Optimaalisimmat olosuhteet, joissa kasvu on nopeinta ovat + 20–30 °C:n lämpötila ja suhteellinen ilmankosteus 75–90 %. Kuitenkin on lajeja, jotka vaativat vain + 5 °C ja alle 75 % kosteuden, mutta tällöin kasvu on hidasta. Mikrobeja esiintyy kaikkialla osana normaalia elinympäristöämme ja niitä on myös terveissä rakennuksissa. Suotuisat olosuhteet ovat merkittävä tekijä alkavatko mikrobit kasvamaan haitallisesti. Rakennuksissa niiden suurimmat lähteet ovat ihmiset, eläimet, elintarvikkeet, kasvit ja maaperä. Kasvun käynnistyminen ja nopeus riippuu siitä saavatko ne tarpeeksi ravinteita, kosteutta ja lämpöä. Tietyille mikrobi- ja homeitiöille riittää pelkkä pintojen päällä oleva pöly kasvualustaksi, sillä se sisältää riittävästi ravinteita. Tavallisesti myös normaali huoneenlämpö on omiaan mikrobikasvustolle, tärkein rajoittava tekijä on kosteus. [1; 2.]

Kaikki homeet, virukset, bakteerit, sienet ja hiivat kuuluvat mikrobeihin. Mikroblajeja on miljoonia ja vain pientä osaa niistä on vasta tutkittu. Kosteusvauriokohteissa kasvaa yleensä tunnusomainen mikrobilajisto. Näitä kutsutaan kosteusvaurioindikaattoreiksi. Tällaisissa kohteissa esiintyy runsaasti home- ja mikroblajeja, joita ei tavallisesti ole merkittävinä pitoisuuksina sisä- ja ulkoilmassa. Kuvasessa 1 esitetty ulko- ja sisäilmassa tyypillisesti esiintyviä, sekä kosteusvaurioihin viittaavia mikrobisukuja. [1.]

Ulkoilma	Sisäilma	Kosteusvauriot
<i>Cladosporium</i> , basidiomykeetit ¹⁾ , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Alternaria</i> , hiivat, <i>Geotrichum</i> , steriilit ²⁾	<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , hiivat, bakteerit	<i>Acremonium</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. penicillioides</i> / <i>A. restrictus</i> ³⁾ , <i>A. sydowii</i> , <i>A. versicolor</i> , basidiomykeetit ¹⁾ , <i>Chaetomium</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Exophiala</i> , <i>Oidiodendron</i> , <i>Geomyces</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Phialophora</i> , <i>Scopulariopsis</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Sphaeropsidales (Phoma)</i> , <i>Stachybotrys/ Memnoniella</i> ³⁾ , sädesienet (mm. <i>Streptomyces</i>), <i>Trichoderma</i> , <i>Tritirachium/ Engyodontium</i> ³⁾ , <i>Ulocladium</i> , <i>Wallemia</i>

Kuva 1. Mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä. Ympäristöopas 2016

2.2 Rakenteissa ja rakennuksissa esiintyvät homesienet ja mikrobisuvut

Kasvualustasta riippuen mikrobikasvusto kehittyy joko materiaalin pinnalle ja rakoihin tai sitä voi kehittyä runsaasti materiaalin sisälle. Huokoiset materiaalit kuten mineraalivillaeristeet, puukuitulevyt ja vettyneet kipsilevyt ovat omiaan niiden kehittymiselle materiaalin sisälle, kun taas tiiviissä ja umpisoluisissa materiaaleissa kuten betonissa, muovieristeissä ja puussa kasvusto keskittyy pinnalle sekä rakoihin ja halkeamiin. [1.]

2.2.1 *Penicillium* eli pensselihome

Sisäilmassa *Penicillium* eli pensselihomeet ovat yleisimmin esiintyvä homesienisuku. Tämä mikrobihomesieni on tutuin arkielämästä ja se näyttää ja haisee ”homeelta” kun se kasvaa leivän pinnalla. Pensselihomeen itiöitä esiintyy joka puolella ympäröivässä ilmassa, myös terveessä rakennuksessa. Yleisyytensä ansiosta tämä mikrobi kasvaa yleensä ensimmäisenä kosteusvauriossa. Tämän mikrobin havaitseminen ja kasvattaminen johti penisilliinin ja muiden antibiootien kehittämiseen. *Penicillium*-suvun homeilla on haittavaikutuksia, se on allergisoiva, tuottaa toksineja ja voi aiheuttaa infektion elimistössä. Yleisyytensä ansiosta sen terveyshaittoja yleensä vähätellään. *Penicillium* muodostaa märille pinnoille näkyvää kasvustoa jopa viikossa, jos lämpötila ja olosuhteet ovat riittävät. Kuvassa 2 näkyvää *Penicillium*-suvun hometta talon ulkoverhouksessa. [2.]



Kuva 2. *Penicillium*-hometta rakennuksen ulkoseinässä. Home ja terveys s.25

2.2.2 *Aspergillus* eli nuijahome

Nuijahomeita esiintyy kosteusvauriokohteissa erittäin yleisesti ja sen ilmaantuminen valtalajiksi rakennusmateriaaliin viittaa kosteusvaurioon. Se kuuluukin indikaattorimikrobien taulukkoon. Tämä homesuku kasvaa alle 75 % suhteellisessa kosteudessa. Laji suosii erityisesti keraamisissa tuotteissa, maaleissa ja liimoissa kasvua. *Aspergillus*-suvun homeilla on paljon alalajeja ja niillä on erilaiset haittavaikutukset, joten alalajit tulisi tunnistaa erityisen tarkasti. *Aspergillus*-suku tuottaa mykotoksiineja, jotka aiheuttavat suoran infektion herkistyneillä henkilöillä. *Aspergillus*-infektioita on todettu Suomessa jopa pieninä epidemiaina. Ne aiheuttavat myös allergiasairauksia ja yliherkkyyttä. Yli 20 % ammattitautipotilaista on herkistynyt *Aspergillus*-suvun homeille. [2.]

2.2.3 Puutavarassa tyypilliset mikrobisuvut

Trichoderma ja *Acremonium* ovat yleisimpiä puutavarassa esiintyviä sukuja ja ne kuuluvat myös kosteusvaurioindikaattoreihin. Myös muita puutavarassa kasvavia home-, sinistäjä- ja lahottajasieniä kasvaa kosteusvauriokohteissa. Lahottajasienet hajottavat puuta ja heikentävät rakenteiden lujuutta. Nämä mikrobisuvut voivat kasvaa myös muissa materiaaleissa hyvän sopeutumisen ja muuntautumiskykyä ansoista. Kosteaa puutavaraa homehtuu nopeasti ja alkaa lahoamaan, myös rakenteiltaan rikottu prosessoitu puutavara on herkkä homehtumaan. Esimerkkinä lastulevy, sahanpuru ja hake. Puualustalla mikrobien toksisuus on vähäisempää kuin epäorgaanisilla alustoilla ja materiaaleilla. Rakennusta tehdessä, jos muottilaudoitusta on jätetty paikoilleen tai rakennuksen alle on jätetty tavaraa voi rakennuksen mikrobikasvu olla erittäinkin runsasta ja terveyshaittoja aiheuttavaa. Vaurioiden korjaaminen edellyttää usein rakenteiden avaamista ja lahonneiden osien poistamista. [2.]

2.2.4 Toksiineja tuottavat kasvustot

Toksiineja tuottavia homeita on tutkittu paljon ja useissa maissa. *Chaetomium* ja *Stachybotrys* kuuluvatkin kosteusvaurioindikaattorimikrobeihin ja ne ilmestyvät

kosteusvauriokohtaan yleensä vasta pitkän ajan kuluessa vaurion alkamisesta. *Chaetomium* kasvaa mieluiten paperialustoilla, puutavarassa ja mineraalivillalla. Kasvuston puhdistaminen pinnoilta ja irtaimistosta on vaikeaa ja vaatiikin yleensä vaurioituneen materiaalin korvaamista uudella. *Chaetomium* erittää tokssiineja, joista terveyshaitat pääasiallisesti syntyvät. Suku aiheuttaa myös allergioita. *Chaetomium* ja *Stachybotrys* ovat hidaskasvuisia ja saattavat usein jäädä muiden nopeasti kasvavien sienten ja homeiden alle. [2.]

Stachybotrys tuottaa useita eri tokssiineja, joista haittavaikutukset syntyvät. Toksiinit estävät proteiinisynteesiä, häiritsee immuunipuolustusta ja luuytimen toimintaa. Se viihtyy hyvin kipsilevyn kartongilla, paperialustoilla ja esiintyy usein tapetin takapinnalla. Vähemmän tutkittu mikrobisuku *Memnoniella* erittää myös samaisia tokssiineja ja kuuluu kosteusvauriomikrobeihin. [2.]

2.2.5 *Fusarium* eli punahome

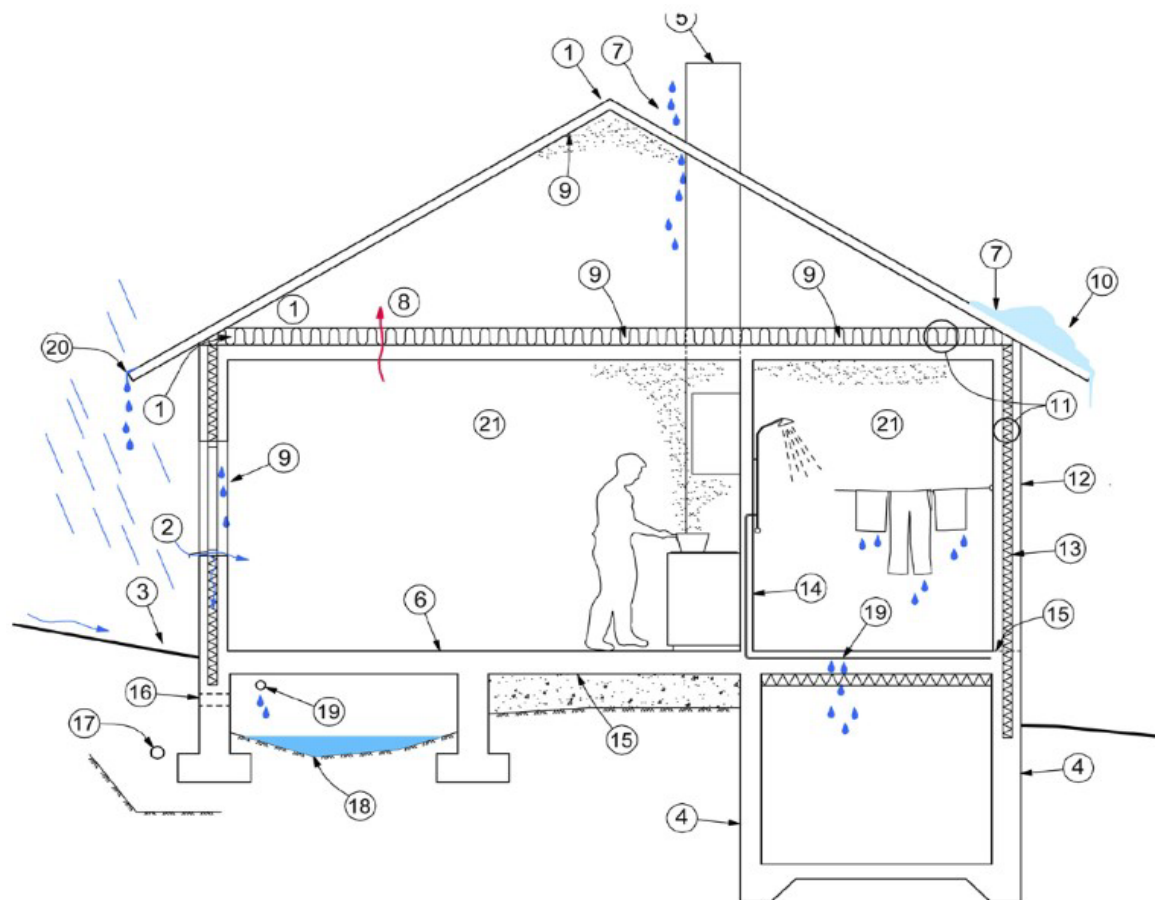
Fusarium-suvun homeet kuuluvat kosteusvaurioindikaattoreihin. Niitä esiintyy yleisesti maatalousympäristöissä mm. viljassa ja heinissä ja on yleisimpiä viljaa pilaavia mikrobeja. Punahome ei ole kovin yleinen kosteusvaurioissa, mutta jos sitä esiintyy, tilanne on jo vakava ja pitkään kestänyt, sillä sen tiedetään aiheuttavan vakavia terveyshaittoja mm. infektioita poskionteloissa ja ihossa sekä astmaa. Kuitenkin 1940–1950-luvuilla rakennetuissa taloissa käytettiin olkisirppua sisältäviä rakennuslevyjä eli vanereita, jolloin punahometta saattaa esiintyä jo aikaisessa vaiheessa. [2.]

2.2.6 Sädesienet eli aktinobakteerit

Sädesienet ovat yksi kosteusvaurion yhteydessä kasvavista mikrobeista. Aktinobakteerit tunnistettiin jo 1800-luvulla ja niiden tiedettiin aiheuttavan vaikeahoitoisia infektioita ja kasvaimien kaltaisia muutoksia kudoksissa. Nykyään on selvinnyt, että se aiheuttaa homepölykeuhkoa ja herkistymisiä. Aktinobakteerit muodostavat itiöitä ja rihmastoa ja niitä esiintyy luonnollisesti mullassa, maaperässä sekä luonnonvesissä. Tämän mikrobin kasvuun rakennuksen rakenteissa

liittyy usein maakellarimainen ja multamainen haju. Kasvuvaatimuksiltaan aktinobakteerit ovat vaatimattomia ja hyvin sopeutuvia. Ne pystyvät kasvamaan ja lisääntymään olosuhteissa, joissa ei mikään muu mikrobi pysty kasvamaan esimerkiksi pH 10, mikä tarkoittaa mm. betonia. Vaurioituneen rakennuksen purku- töitä tehdessä itiöpitoisuudet voivat nousta erittäin suuriksi. [2.]

3 Mikrobivaurioon johtavat syyt



- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | Yläpohjan puutteellinen tuuletus | 12 | Julkisivun vuodot |
| 2 | Ikkunavuodot | 13 | Julkisivun tuuletuksen puutteet |
| 3 | Virheellinen maan muotoilu | 14 | Märkätilan puutteellinen vedeneristys |
| 4 | Puutteellinen vedeneristys | 15 | Kapillaarikatkon puuttuminen |
| 5 | Suojaamaton savupiippu/horni | 16 | Ryömintätilan tuuletuspuutteet |
| 6 | Liian kostean rakenteen pinnoitus | 17 | Puutteellinen salaojitus |
| 7 | Kattovuodot | 18 | Virheellinen maan muotoilu, sorastuksen puutteet |
| 8 | Ilmavuodot | 19 | Putkivuodot |
| 9 | Kondenssi | 20 | Sadevedenohjauksen puutteet |
| 10 | Lämpövuotojen aiheuttamat jääpadot | 21 | Kosteustuottoon nähden riittämätön ilmanvaihto |
| 11 | Höyröyksen ja/tai lämmöneristeiden puutteet | | |

Kuva 3 Yleisimmät kosteusvaurion aiheuttamat rakenteiden puutteet. Ympäristöopas 2016.

Yllä olevassa kuvassa 3 on esitetty rakenteille ja pinnoille tavallisesti aiheutuva lämpö- ja kosteusrasitus, jotka pitkään jatkuessaan voivat johtaa home- ja mikrobivaurioihin. Rakennusaikaiset virheet ja puutteet ovatkin yksi suurimmista kosteusvaurioiden ja siitä johtuvien mikrobivaurioiden aiheuttajista. Kun kastuneet rakenteet väliaikaisesti kuivuvat, muuttuvat liian kylmiksi tai kuumiksi mikrobikasvusto voi olla lepotilassa jopa vuosia. Homeiden ei ole havaittu kasvavan alle 80 % suhteellisessa kosteudessa. Olosuhteiden muuttuessa taas suotuisiksi mikrobit jatkavat taas kasvuaan. Erityisen pitkään elinkelpoisina säilyvät *Penicillium*-suvun homeet sekä sädesienet. Useammat rakennuksissa viihtyvät mikrobilajit sietävät hyvin vaihtelevia olosuhteita. Kasvustojen poisto vaatii yleensä mittavia rakenteiden avaamisia ja poistamisia, sillä jotkin sienet voivat kasvaa useita metrejä ravinnoksi kelpaamattomilla rakenteilla ja siirtää kosteutta juurillaan reuna-alueille alkaen vaurioittaa uusia kohtia. [1; 3.]

3.1 Materiaalin merkitys mikrobivaurion kehittymiseen

Rakennusmateriaaleille on kehitetty homehtumisherkkyyssluokitus, jossa materiaalit on jaettu hyvin herkstä luokasta 1 kestävään luokkaan 4. Luokkaan 1 ja 2 kuuluvissa materiaaleissa näkyvää mikrobikasvustoa voi kehittyä noin 2–8 viikossa, kun taas 3 luokassa noin vuodessa ja 4 luokassa materiaaliin voi kehittyä silmin havaitsematonta kasvusta useiden vuosien kuluessa. Luokituksen on kehittänyt VTT "Homemalli" tutkimushankkeen tuloksena. [1; 3.]

3.1.1 Puu- ja puupohjaset materiaalit

Puuhun alkaa kehittyä mikrobeja hyvinkin nopeasti, jos kosteus pysyy yli 85 %. Puutuotteet luokitellaan hyvin herkästi mikrobivaurioituviin materiaaleihin. Jos puiset rakennusaineet ovat ulko-olosuhteissa ne on suojattava homehtumisen estävällä pintakäsittelyaineella. Esimerkiksi vanhemmissa taloissa yleisesti käytössä ollut linoleumi ja sen alapinnassa oleva juuttiverkko homehtuvat herkästi kosteuden ollessa oikea. Myös vanhat eristemateriaalit kuten pellavarive, korkki ja olki ovat homeherkkiä. [1; 3.]

3.1.2 Muovi- ja kumipohjaiset materiaalit

Synteettiset muovit ovat yleisesti melko kestäviä vaurioille mutta esimerkiksi luonnonkumi on herkkä vaurioitumaan. Silikonien säilyvyys riippuu sen sisältämisestä homeenestoaineista. Muovimatoissa vaurioituminen tapahtuu usein maton alapuoliseen liimakerrokseen tai joissakin matoissa olevaan tekstiilikerrokseen. Myös liiman ja päällysteen pehmittimien kemiallinen hajoaminen kosteuden johdosta aiheuttaa vaurioita. Betonilattioita päällystetään liian aikaisin eikä betonista ole ehtinyt haihtua liiallinen kosteus pois. Näin ollen kosteuden ja lämmöntuotto on suurta, kun päälle liimataan muovimatto, mikä antaa otolliset olosuhteet mikrobikasvulle. Näin tapahtuu myös maanvastaisten betonilaattojen tapauksissa, jossa kosteus nousee maasta käsin. Lattioiden saumakohtissa ja reuna-alueilla pesu- ja likavedet voivat päästä lattian alle muodostaen paikallisia mikrobipesäkkeitä. Vaikka muovieristeet kestävät hyvin kosteutta voi niiden pinnalle muodostua pitkänajan kuluessa pinnan päällistä kasvustoa riippuen ympäröivistä homeherkistä rakenteista. Polyuretaanin kestävyys riippuu sen koostumuksesta. Erityisesti 1960–70-luvuilla jälkieristämisessä käytetty urea-formaldehydivahto kestää heikosti kosteutta ja mikrobeja. Myös bitumipohjaisten materiaalien pintaan saattaa muodostua kasvustoa, jos olosuhteet ovat oikeat. [1; 3.]

3.1.3 Tasoitteet ja laastit

Useissa erilaisissa laasteissa käytetään kaseiinia ja muita orgaanisia aineita. Kaseiini on eläinperäistä sideainetta, jota lisätään laasteihin ja tasoitteisiin. Sen kastuessa alkaa runsas mikrobitoiminta ja se on erittäin herkkä vaurioitumaan. Tasoitteissa ja laasteissa mikrobivaurioherkkyys johtuu suoraan siinä käytetystä orgaanisista aineista. Suomessa viimeiset kaseiinia sisältävät tasoitukset tehtiin 1994. [1; 3.]

3.1.4 Betoni ja kivi

Uudessa betonissa on korkea pH-pitoisuus eli se on voimakkaasti alkalista, eikä se ole otollista kasvualustaa. Vanhemmiten betoni rupeaa karbonatisoitumaan

eli sen pH laskee ja vuosien kuluessa pinnalle alkaa muodostua mikrobikasvustoa. Tällöin kosteuden pitää olla pitkään korkealla, yli 90 %. Betonin sisällä ei kasva mitään vaan kasvustoa alkaa muodostumaan raoissa ja halkeamissa, kun ne keräävät epäpuhtauksia ja kosteutta. Halkeamiin alkaa tyypillisesti kasvamaan sädesieniä, että homeita. Kasvamista vauhdittaa entisestään kapillaarisesti kulkeutuvan kosteuden mukanaan tuomat ravinteet sekä pinnan likaantuminen. Puhdas betoni kestää mikrobiologisesti hyvin, kun taas esimerkiksi tasoitettu ja maalattu pinta on herkempi, johon voi kehittyä kasvustoa jo kuukausissa korkeassa kosteuspitoisuudessa. Maalattu pinta hidastaa kosteuden haihtumista ja tarjoaa mikrobeille ravintoa maalissa olevien orgaanisten aineiden ansiosta. Kasvusto voi kehittyä myös maalin ja tasoitteen väliin, jolloin se saattaa pysyä piilossa kauankin. [1; 3.]

3.1.5 Metalli- ja lasipinnat

Materiaaleista kestävimpiä ovat metalli- ja lasipinnat. Näille pinnoille muodostuvaa kasvustoa ei yleensä lueta mikrobivaurioiksi, koska sen pystyy putsamaan ja pesemään pois. Kasvusto muodostuu vain pinnalle eikä rakenteen sisään, näin esimerkiksi märkätilan laatoitukset, lasiset suihkuseinät ja ilmanvaihtokanavien pinnat pystyy pyyhkimään puhtaaksi eikä kalliita purkamisia ja materiaalin vaihtoja tarvita. Poikkeuksia kuitenkin on. Laattojen kiinnitysmassa ja saumausliikonit saattavat edellyttää vaihtoa. Poistoilmaputkistojen nuohoaminen on myös tärkeää, sillä putkeen saattaa kertyä paksujakin kerroksia likaa. Kastuessaan se tarjoaa kasvupaikan mikrobeille ja mahdollisien ilmavirtaussuuntien muuttuessa se levittää sisätiloihin saastunutta ilmaa. Kosteutta putkeen tulee asuinkosteudesta esimerkiksi kylpyhuoneesta tai putkeen voi kondensoitua kosteutta huonon eristyksen seurauksena. Painovoimaisen ilmanvaihdon talossa osittain tukkeutunut hormi voi kääntää ilmavirtauksen sisäänpäin, jolloin varsinkin vanhan rakennuksen putkessa vuosia muhineet mikrobit pölähtävät sisätilaan. [1; 3.]

3.2 Kosteuden kulkeutuminen rakenteeseen

Mikrobivaurioita syntyy, kun rakenteet eivät kestä niihin kohdistuvaa kosteusra-
situsta. Vesi voi esiintyä rakennuksessa jäänä, vetenä tai vesihöyrynä, olo-
muoto riippuu jälleen kerran lämpötilasta. Tiivistyessään vesi kondensoituu eli
muuttuu vesihöyryksi, jos rakenne tai pinta on alle ympäröivän ilman kastepiste-
lämpötilan. Näin saattaa käydä esimerkiksi huonosti eristetyissä rakennuksissa,
jossa kosteus siirtyy ilmavirran mukana kylmempään tilaan esimerkiksi ulkoil-
masta ryömintätilaan tai sisäilmasta kylmille ullakoille. Huonossa eristyksessä
myös sisätilan seinä- tai lattiarakenteet saattavat olla kylmiä, jolloin kosteus ti-
ivistyy pinnoille tai rakenteiden väliin. Rakenteiden nopeasta kuivattamisesta
lämmöllä haihtuu kosteutta ympäröivään ilmaan. Helpoiten kosteus kondensoi-
tuu tiiviille pinnoille ja märille materiaaleille ja lämmön laskiessa siitä kehittyy
ensin tasainen vesikalvo pinnalle. Tätä kutsutaan filmikondenssiksi ja siitä kehit-
tyy pisarakondenssi kosteuden lisääntyessä. Rakenteessa oleva kondenssikos-
teus jäätyy, kun lämpötila alittaa 0 °C. [1.]

Ilmassa on aina kosteutta ja tätä kutsutaan RH:ksi (relative humidity) eli ilman-
suhteelliseksi kosteusprosentiksi. Kosteus vaikuttaa suoraan mikrobien kasvu-
nopeuteen. Lämpimään ilmaan sitoutuu enemmän kosteutta kuin kylmään ja
kun vesihöyryä on ilmassa tarpeeksi se "kyllästyy" eli siihen on sitoutunut suurin
mahdollinen määrä kosteutta ilman, että se tiivistyy vedeksi. Tällöin suhteellinen
kosteus on 100 %. Siksi etelän maissa esimerkiksi lakanat saattavat tuntua aina
kosteilta, koska kosteusprosentti on suuri lämpötilasta johtuen. [1.]

Materiaalitkin sitovat kosteutta itseensä. Ympäristön lämpötila määrittää sitooko
vai luovuttaako materiaali kosteutta, kun pinta on hygroskooppisella alueella,
sen kosteuspitoisuus on lähellä samaa kuin ympäristössä. Korkeassa lämpöti-
lassa materiaalissa on vähemmän sitoutunutta vettä kuin matalassa, näin ollen
kosteusmittaukset kannattaa tehdä +15–25 °C, joka vastaa rakennuksen nor-
maalia käyttölämpötilaa. Materiaaleissa oleva kosteus ja muualta tuleva lisäkos-

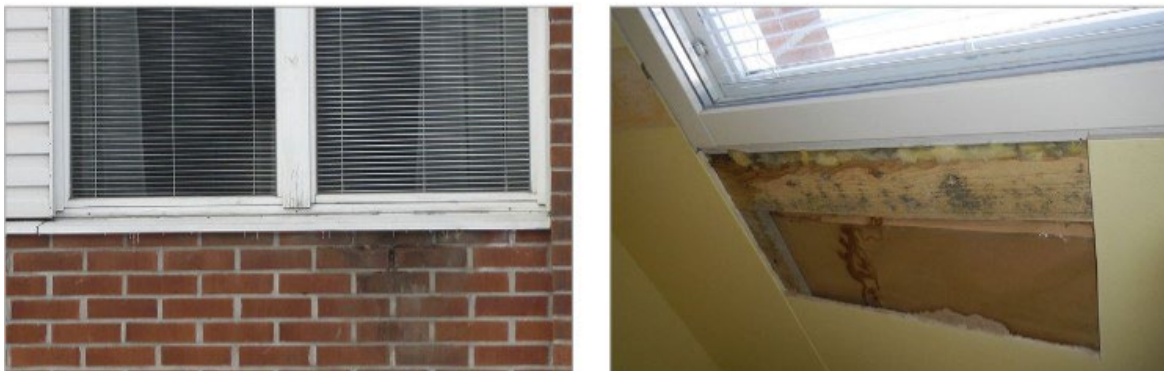
teus vaikuttaa suoraan mikrobien käytössä olevaan veden määrään. Mineraalivillat ja solueristeet sitovat kosteutta huonosti itseensä, kun taas puupohjaiset materiaalit sitovat kosteutta selvästi paremmin. [1.]

Kapillaarisella kosteudella tarkoitetaan veden imeytymistä esimerkiksi maaperästä materiaaliin huokosalipaineen vaikutuksesta ja kosteus nousee tasolle, jossa painovoima ja huokosalipaine ovat yhtä suuret. Eri materiaaleilla on erilaiset huokosrakenteet ja siitä riippuu, kuinka paljon materiaaliin imeytyy vettä kapillaarisesti. Tiileen kapillaarisesti noussut vesi on 120–420 kg/m³, kun taas savella se voi olla 800 kg/m³, mikä tarkoittaa jopa 10 metrin nousukorkeutta. Jos rakenteessa on korkeat kosteuspitoisuudet, ne eivät yleensä toimi oikein. On rakenteita, jotka on suunniteltu ottamaan vastaan korkeaa kosteusrasitusta, niitä ovat osa perustusrakenteista, julkisivut ja vedeneristysmateriaalit. [1.]

3.3 Kosteuden lähteet

Rakennuksen saamat kosteusrasitukset jaetaan sisä- ja ulkopuolisiinlähteisiin. Mikrobivaurioita tutkittaessa on huomioitava nämä molemmat. Sisältä tulevia rasituksia ovat rakennuskosteus, ihmiset, ruoanlaitto, pyykinkuivaus ja käyttövesi. Rakennuskosteudella tarkoitetaan valmistuksessa, varastoinnissa, kuljetuksessa ja rakentamisen aikana rakenteisiin päässyttä vettä. Ulkoa tulevat ovat ulkoilman kosteus, sade- ja sulamisvedet, kapillaari- ja pohjavesi. Rakennusten salaojitus on usein virheellinen. Salaojaputket saattavat olla sijoitettu väärään paikkaan tai puuttua jopa kokonaan. Ne voivat myös tukkeutua liian hienojakoisella maa-aineksella tehdyn täytön seurauksena tai kasvien juuret kasvavat salaojaan. Kallioille rakennettujen talojen maanvastaisiin rakenteisiin luo painetta kallion pinnalla ja raoissa kulkeva vesi. Myös sadevedet voivat joutua salaojiin, jos maanpinnan kallistus ei ole rakennuksesta poispäin tai vesiä ei ole ohjattu tarpeeksi pitkälle talon seinustasta. [1; 4.]

4 Mikrobivaurioiden havaitseminen ja tunnistaminen



Kuva 4. Kosteus- ja mikrobivaurioitunut rakenne. Ympäristöopas 2016 s. 44. M. Pitkäranta, Vanhanen Oy

Kuvassa 4 on kosteusvaurioitunut tiiliverhousrakenne, jossa ikkunankarmeista on vuotanut vettä rakenteen väliin. Oikealla puolella samasta kohtaa otettu kuva sisäpuolelta, jossa ulkoa tullut kosteus on käynnistänyt mikrobien kasvun pintarakenteen alla piilossa. Tässä tapauksessa ulkoverhoilussa on näkynyt merkkejä vaurioista, mutta sisältä kohta on luultavasti ollut täysin piilossa ja ehkä haju on saattanut paljastaa jotain. [1.]

Mikrobikasvusto voi kasvaa rakenteen sisällä, takana tai se voi olla näkyvissä pintakasvustona. Mikrobikasvustoa epäiltäessä voi etsiä näkyviä merkkejä kuten materiaalin pinnan värimuutoksia tai ne voivat kasvaa tummina, vaaleina tai pölymäisinä pisteinä ja isompina kasvustoina pinnoilla. Usein mikrobikasvusto on pinnan alla piilossa, tämä johtuu rakenteen ulkopuolisen osan hitaasta kuivumisesta ja usein ulkopuolelta tulevien vesivuotojen mahdollisuudesta. Tämänkaltaiset vauriot havaitaan vain rakenteenavauksilla eli usein suurilla purkutoimilla. Avauksia tehdään oletettuihin vauriopaikkoihin niin sisätiloissa, välikatoilla kuin julkisivullakin. Tämä on pääasiallinen tapa tarkastaa eri rakennekerroksia perusteellisesti. Samalla saadaan materiaalinäyte laboratoriota varten. [1.]

Puun tyypillinen mikrobivaurioituminen on lahoaminen eli se pehmenee ja menettää merkittävästi lujuuttaan edetessään syvemmälle puuhun ja saattaa aiheuttaa romahdusvaaran. Sen voi havaita kokeilemalla esimerkiksi piikillä puun

pintaa tai poraamalla pienellä terällä syvemmälle puuhun, sillä puu voi olla pinnasta kovaa, mutta syvemmältä lahoa vaurion alettua rakenteen toiselta puolelta. Lahottajasienen toteaminen näytteestä tehdään laboratoriossa ja samalla selviää mihin sukuun sieni kuuluu. Lahoaminen vaatii pitkään kosteana ollutta ympäristöä ja yleisimmin lahoa esiintyy rakenteissa kuten alapohjat, ikkunoiden puukarmit sekä myös yläpohjat. Ikkunakarmien puutteellinen maalaus ja pellitys altistavat ne sateelle ja kosteudelle. Alapohjissa ensisijaisesti huonosti tuuletuvat nurkka-alueet ja rakennusaikana paikalleen jätetyt muottilaudoitukset saavat usein kosteusrasitusta ja alkavat vaurioitumaan mikrobeista. Tästä vapautuu sisältöön mikrobeja, mikä alkaa aiheuttamaan sisäilmaongelmia. [1.]

Kaikissa materiaaleissa värimuutokset eivät tarkoita mikrobivauriota. Alaslas-kettujen kattojen tapauksessa mineraalivillassa olevat sidosaineet liukenevat ajan kuluessa ja akustointilevyt ja levytykset alkavat haalistua alapuoleltaan ja saattavat alkaa näyttää vaurioituneilta. Betonissa ja tiilessä pinnalle voi nousta härmettä, joka on kapillaarisen kosteuden nousun aikaansaamaa kalsiumkarbonaattia ja suoloja materiaalista. Nämä muutokset eivät automaattisesti tarkoita kosteus- tai mikrobivauriota, mutta asiaa on syytä tutkia. Ne saattavat olla merkki ympäröivien rakenteiden vaurioitumisesta kosteudella ja ympäröivien rakenteiden mikrobikasvusta. [1.]

Rakenteen ja rakennusaineen sisällä alkanut vaurio saa usein muhia piilossa pitkäänkin ennen kuin mitään näkyviä merkkejä tulee esille. Maakellarimainen haju rakennuksessa viittaa yleensä jonkinlaiseen vaurioon. Usein sellaiset vauriot ovat juuri piilossa rakenteen sisällä ja haju tulee esille vain välillä kosteuden vaihteluiden mukaan tai rakennuksen paineenvaihteluiden mukaan. Tämä haju on mikrobien aineenvaihdunnan tuotetta. Välillä haistaminen voi olla vaikeaa esimerkiksi talossa asuvan lemmikin ominaishajun takia. Myös asukas tottuu hajuun eikä itse välttämättä sitä huomaa. Mahdollisia vaurioita etsiessä hieman epäselvissä tapauksissa täytyy ottaa ilmanäyte, sekä pyyhkäisynäyte ja siitä tutkitaan, esiintyykö huoneilmassa poikkeavan suuria määriä itiöitä ja mikrobeja, näin saadaan luotettavin tieto vaurioista. [1.]

Mikrobivauriota voidaan alkaa epäillä, jos tiloissa asuvat henkilöt sairastelevat paljon astmaa, infektioita tai muita hengitystieoireita. Vaurioita aletaan myös epäillä, jos huomataan kosteusvaurioita aiheuttavia rakennusvirheitä tai selviä vesivuotoja. [1.]

Kosteusvaurion sattuessa mahdollisia tunnusmerkkejä ovat mm. vesivaurio ja veden valumajäljet, kosteuden tiivistyminen mm. kylmiin ikkunapintoihin ja maalin tai muovimaton irtoamien alustastaan. [1.]

5 Kuntotutkimus

Kuntotutkimuksella pyritään selvittämään jonkin tietyn rakennusosan kuntoa, jossa rikotaan rakenteita ja katsotaan pintaa syvemmältä. Tämän perusteella voidaan alkaa suunnitella korjaustoimenpiteitä ja muita mahdollisia muutoksia. Laaditussa raportissa on tutkittu kattavasti rakenteet ja niistä löytyneet mikrobit. Kuntotutkimus aloitetaan yleensä tilaajan tilaamana ja kohdekäynnillä. Tilattu yritys laatii tutkimussuunnitelman. Tämän tarkoituksena on arvioida laajuutta ja kohdetta kokonaisuudessaan. Tutkija paikallistaa vaurioituneet kohdat rakennuksessa ja luo arvion tilaajan antamien lähtötietojen perusteella. Tilaaja on antanut arviota varten tietoja kiinteistön tulevaisuuden suunnitelmista, tehdyistä korjauksista ja mahdollisista tehdyistä tilamuutoksista. Historiallisesti merkittävässä kohteissa toimitetaan myös rakennushistoriaselvitys. Tutkimussuunnitelmassa tulee esittää tutkittavat kohdat ja paikallistaa niiden tarkka sijainti pohjaita tai rakennepiirustukseen. Siihen on merkittävä avattavien kohteiden sulkutoimenpiteet ja mahdolliset ympäristön suojaukset näytettä otettaessa. Raporttiin listataan löydetyt mikrobit ja niiden haittavaikutukset. Yritys myös ehdottaa korjaustoimenpiteitä korjaukseen, sekä tiedot purkutyösuunnitelmaa varten. Valokuvia otetaan runsaasti ja näytteet lähetetään laboratorioon analysoitavaksi. Tavallisesti kuntotutkimus tehdään kerrostalojen julkisivuihin ja parvekkeisiin. Kuntotutkimuksessa käydään läpi kohteelle tyypillisiä riskirakenteita. [5.]

6 Riskirakenteet

6.1 Mikä on riskirakenne

Vanhoissa rakennuksissa rakenteet on rakennettu silloisten rakennusmääräysten mukaisesti, eikä niitä luokitella rakennusvirheiksi tai huonoksi rakennustavaksi. Vasta myöhemmin on tullut ilmi huono rakenne eli se on herkkä vaurioitumaan kosteudella esimerkiksi huonon veden ohjaamisen tai maaperästä nousevan kapillaarikosteuden vuoksi. Tätä kutsutaan riskirakenteeksi. Riskirakenne ei automaattisesti tarkoita, että se vaurioituu, mutta ajan kuluessa on huomattu näin käyvän vastaavissa kohteissa. Kuten aikaisemmin on mainittu, pidempi kosteus johtaa aina home- ja mikrobivaurioihin. [6.]

6.2 Märkätilat

Ennen 1999-lukua vedeneristyksestä ei ollut mitään kunnollista määräystä vaan on käytetty kosteussivelyä laatan kanssa. Tämän tekniikan käyttöikä on vain 10–15 vuotta. Lisäksi silikonisaumaukset kuluvat yllättävän nopeasti, niitä pitäisi alkaa uusimaan jo 3–5 vuotta asennuksesta. Ennen vedeneriste tai sively asennettiin vain puoleen seinään saakka. Märkätiloissa tulee olla myös riittävän hyvä ilmanvaihto. [7.]

1980-luvun taloissa käytettiin kipsilevystä tehtyjä suihkuseiniä. Kipsilevyt imevät kosteuden itseensä ja ovat todella herkkiä vaurioitumaan märkätiloissa. Silloin käytetyt vedeneristysratkaisut ovat myöskin osoittautuneet huonoiksi. Homevaurioituneessa märkätilassa vaurion voi tunnistaa esimerkiksi tummentuneista ja irtoilevista silikonisaumauksista. Vaurioista ei välttämättä ole mitään näkyviä merkkejä, sillä se kasvaa usein levyjen takapinnassa. Kivirakenteisissa märkätiloissa kosteusvauriot johtuvat pääasiassa huonoista vedeneristeistä. Vesi pääsee imeytymään laattojen saumojen kautta kivirakenteeseen ja siitä ympäröiviin muihin rakenteisiin. [8.]

6.3 Perustukset ja alapohjat

Salaojien puuttumien ja niiden virheellinen rakentaminen ovat usein syynä alhaaltapäin tulevaan kosteuteen. Perustusten täyttökerroksissa mikrobin esiintyminen on erittäin yleistä. Alapohjalaatan alapuolella sijaitseva eristekerros on suoraan kosketuksissa täyttökerrokseen ja on näin ollen otollinen kasvupaikka mikrobeille. Laattojen alla vallitsee ympärivuoden kosteat ja lämpimät olot salaojitus- ja täyttökerroksissa. Lämmitetty rakennus lämmittää myös pohjamaata. Korkea kosteusprosentti ei aina merkitse mikrobivaurioita, sillä rakenneosat on suunniteltu kestäämään kosteutta ja mikrobeita tietyissä määrin. Tutkimusten perusteella olot luokiteltu normaaleiksi ja yleisiksi olosuhteiksi alapohjissa ja täyttökerroksissa. Julkisissa rakennuksissa maanvastainen alapohja on yleinen perustustapa. Yksi mikrobivaurioitumista vauhdittava tekijä voi olla kapillaarinen vedennousu, jos kapillaarikatkoa ei ole tehty kunnolla tai se on jätetty kokonaan pois. Maanvastainen alapohja on yleisesti käytetty perustamistapa julkisissa rakennuksissa [9.]

Kriittisiä kohtia ovat ulkoseinän ja perusmuurin liitoskohdat sekä maaperän kosteusrasitus ja sadevedet. [3.]

Valesokkeli lasketaan riskirakenteeksi ja niitä löytyy 1970–80-luvuilla rakennetuista taloista. Kyseisessä rakenteessa alajuoksupuu sijaitsee maanpinnan tasolla tai jopa sen alapuolella. Tämä alapuu on jatkuvasti altis kosteusrasituksille ja siten mikrobeille, usein myös tämän ajan taloissa salaojitus on puutteellinen ja vedenohjaus on taloon päin. Märkä alapuu johtaa kosteutta ympäröiviin seinä ja lattiarakenteisiin vaurioittaen niitä. Valesokkelin tunnistaa, kun ulko-oven alakarmi on alempana kuin perustusten näkyvä yläreuna ja talon lattia ovat samalla tasolla maanpinnan kanssa eikä porrasmousuja ole. [10.]

6.4 Seinärakenteet

Tyypillisimmät seinärakenteiden vauriokohtat ovat ikkunoiden tiivistykset, sekä rakennuksen pellitykset. Pellitysten kaadot voivat olla liian loivat tai jopa väärään suuntaan. Ikkunoiden tiivisteet voivat olla kovettuneet tai kokonaan irti. Räystäät voi olla asennettu väärin ja vuotaa, sekä räystäät voi olla jätetty liian ylös maanpinnasta ja vesi roiskuu julkisivulle. Betonisien sandwich elementtien kriittisiä kohtia ovat vioittuneet elementtisaumaukset, tuuletukset ja tiivistykset, väärin säädetty ilmanvaihto ja vesien ohjaus. Usein muissakin seinärakennetyypeissä juuri ilmanvaihdon väärät painesuhteet aiheuttavat haittoja, sillä ilmavirtaukset kuljettavat vesihöyryä ja mikrobien itiöitä. Jos sisätiloissa on kova alipaine, korvausilma tulee rakenteiden läpi ja maaperästä tuoden sisään mahdollisesti mikrobiperäisiä hajuja. Edellä mainitut syyt pätevät kaikkiin rakennuksiin ja rakennetyyppeihin. [3.]

6.5 Yläpohja ja vesikatto

Kaupungilla on paljon tasakattoisia rakennuksia. Tasa- ja loivakatto luokitellaan riskirakenteeksi ja se oli kovassa käytössä 1960–80-luvuilla. Tasakattoisilla rakennuksilla lämmin ilma tiivistyy yläpohjan rakenteisiin, jos riittävästä yläpohjan tuuletuksesta on tingitty. Saumakohtat ja läpiviennit kattopinnalla ovat myös erittäin riskialttiita ja niitä tulisikin tarkastaa suhteellisen usein. Tasakattoisessa rakennuksessa huollon merkitys on suuri, sillä lehdet tukkivat vedenpoistot nopeasti ja vesi jää lammikoitumaan katolle. Myös suuret lumikuormat aiheuttavat kattoon painaumia, joihin vesi alkaa keräytyä. Yksi ongelmista on liian matala katon korkeus, sillä tämä aiheuttaa ongelmia yläpohjatuuletukselle, mikä lisää mikrobi- ja homehtumisriskiä. [11.]

7 Vaurioiden korjaaminen

Korjauksista laaditaan aina purku- korjaussuunnitelmapöytäkirja. Tätä ennen on tehty kattavia rakennetutkimuksia, rakenneavauksia ja mikrobinäytteenottoja.

Eri rakennusmateriaaleille ja rakennusosille on laadittu omat toisistaan eroavat puhdistusmenetelmänsä ja se pitää ottaa huomioon purkaessa. [12.]

7.1 Rakenteen tai rakennusosan korvaaminen

Paras lopputulos saavutetaan poistamalla saastunut materiaali kokonaan ja korvaamalla se uudella vastaavalla, rakennetta kumminkaan heikentämättä. Poistaminen ei aina ole mahdollista romahdusvaaran vuoksi, tai haluttua kohteen arvokkuuden vuoksi, silloin käytetään eri puhdistustapoja. Mikrobivaurioituneita rakenteita purettaessa kohde tai tila osastoidaan eli eristetään muusta tilasta ja alipaineistetaan etteivät itiöt pääse leviämään muualle rakennukseen. Mahdollisuuksien mukaan luodun osastoinnin sisällä voi käyttää kohdepoistomureita tehostamaan purkutöissä vapautuvien pölyjen leviämisen estämiseen. Purkujätteet tulee pakata muovipusseihin tai suljettaviin jätteenkuljetus kärryihin ja suoraan suljetulle jätelavalle, jotta mikrobit eivät leviä ympäristöön. Mahdolliset kosteat rakenteet kuivatetaan vasta vaurioituneen materiaalin poiston jälkeen, koska ilmankierrätys levittää mikrobeja. Rakenteita puretaan samalla vakavuudella kuin asbestiakin eli sovelletaan asbestipurku- ja suojaustekniikoita. [12.]

7.2 Mekaaninen puhdistus

Menetelmiä on monia poistaa vaurioitunutta rakennetta. Mekaanisesti poistaminen on niistä tehokkain, koko rakennusosan poistamisen ja korvaamisen jälkeen. Jos vain pinta on vaurioitunut paksusta rakenteesta, siitä voidaan poistaa vain pintakerros. Rakennuksen kantavia osia on hankala ja kallista korvata kokonaan uusilla ja niihin voidaan käyttää mekaanista poistomenetelmää korvaamisen sijasta. Materiaalista poistetaan homeen- ja mikrobeiden kasvustoa niin paljon, että vastaan tulee tervettä pintaa. Tästä menetelmästä aiheutuu usein runsaasti pölyä ja se on työlästä. Tilan eristys pitää siis olla kunnossa ja kohdepoistomurit ehkäisevät suurimman pölyn leviämistä koko tilaan. Poistoa pitää jatkaa puhtaassakin pinnassa riittävän pitkälle, sillä reuna-alueilla kasvustoa ei

usein silmin havaitse. Ympäröivät rakenteet hankaloittavat poistamista ja estävät pääsyn puhdistustarvetta vaativiin rakenteisiin. Poiston laajuuden määrittelee siihen erikoistunut asiantuntevan yrityksen määrittelemä henkilö. [13.]

Mekaanisessa puhdistuksessa syntyvä pöly tulee putsata huolellisesti koko tilasta niin, että purun jälkeen alkavat korjaustyöt voi suorittaa vaarattomasti. Kaikki osastoinnin sisäpuolella olevat rakenteet ja pinnat tulee imuroida harja-suulakkeella ja sen jälkeen pyyhkiä vielä kostealla mikrokuituliinalla. Laatoitukset voidaan myös pestä runsaammalla vedellä, mutta veden poisto pitää olla silloin kunnossa. Puhdistus- ja pesuaineita voi käyttää ja niillä saadaan parempi likaa irrottava vaikutus ja puhdistusteho, jotkut aineet myös desinfioivat pintoja eli tappavat bakteereja. Mikrobien aineenvaihdunta tuotteina syntyvät hajut ja kaasut saadaan rakenteista pois tuulettamalla ja lämmittämällä tilaa 2–3 viikon ajan ja erikoistapauksissa käytetään kemiallisia aineita. Kaikkia hajuja ei välttämättä saada pois vaan ne muuttuvat lievemmiksi eikä niin helposti aistittaviksi. [13.]

7.3 Kuivatus

Jos vesivauriosta on kulunut vasta vähän aikaa eikä se ole vakava, voidaan miettiä pelkkää koneellista kuivatusta. Tällöin home- ja mikrobivauriota ei ole vielä ehtinyt syntyä, vaan korjaukseksi riittää rakenteiden kunnollinen avaus ja kuivatus. Pitää kuitenkin olla varmaa, ettei home- ja mikrobivaurioita ole vielä syntynyt. Tämä on nopeampaa ja halvempaa, kuin esimerkiksi alkaa vaihtamaan kantavia rakenteita ja osastoimaan tiloja. [4.]

Koneellisia kuivaustapoja ovat imemällä ilmaa rakenteiden läpi, lämmittämällä rakenteiden läpi kulkevaa ilmaa, rakenteen paikallinen lämmittäminen ja suhteellisen ilmankosteuden vähentäminen kastuneesta rakenteesta. Kuivattaminen on kuitenkin hankaa kerroksellisessa rakenteessa. Tilakuivausta käytetään yleisesti mikä tarkoittaa sitä, että on rakennettu osastoitu tila, josta imetään kostea ilmaa adsorptiokuivaimilla tai kondenssikuivaimilla. Kondenssikuivaimella vesi kerätään astiaan tai johdetaan letkulla ulos ja adsorptiokuivaimella kostea

ilmaa vain puhalletaan ulos. Eristetilan kuivausmenetelmiä ovat imukuivaus, puhalluskuivaus ja niiden yhdistelmä. Eristeeseen porataan reikiä ja reikien kautta puhalletaan tai imetään ilmaa siihen suunnitellulla laitteistolla. [4.]

Yhdistelmämenetelmässä puhalletaan kuivaa ilmaa ja imetään kosteaa pois samanaikaisesti. Lämpökuivauksella höyrystetään kosteus pois rakenteista ja imetään puhaltimilla pois rakenteen läheltä. Lämpömenetelmää käytetään massiivirakenteille, kuten tiili- ja betoniseinille. Massiivirakenteiden kuivatus tulee suorittaa jaksottaisena, koska lämmön ansiosta kosteus siirtyy syvemmälle rakenteeseen. Jo syntynyt mikrobivaurio ei kuitenkaan poistu kuivaamalla. Kosteusmitauksilla varmistetaan kuivatuksen onnistuminen. [4.]

7.4 Desinfiointi

Rakenteita voi myös puhdistaa desinfiointiaineilla, jotka tappavat homeet ja muut mikrobit. Niitä kutsutaan biosideiksi. Pinta pitää kuitenkin olla imuroitu tai pyyhitty puhtaaksi, sillä liat ja pölyt heikentävät desinfiointiaineen tehoa. Sitä voi käyttää yksin tai mekaanisen puhdistuksen kanssa yhdessä varmistamaan, että kaikki saastuneet osat on joko poistettu ja pienet mikrobijäämät ovat kuolleet. Kuolleet mikrobit jäävät kuitenkin materiaaliin ja voivat alkaa itää uudestaan olosuhteiden muuttuessa taas suosiollisiksi. Biosideja käytettäessä tila tulee tuulettaa huolellisesti päiviä, jopa viikkoja, jotta niiden aiheuttamat kemialliset reaktiot ehtivät tapahtua ennen pintojen jatkokäsittelyä esimerkiksi maalaamista. Desinfiointiaineita käytettäessä tulee varmistua, ettei niistä jää rakenteisiin haitallisia yhdisteitä tai jopa mikrobeja ruokkivia ravinteita. Huokoisten materiaalien puhdistaminen on miltei mahdotonta, koska mikrobien juuret ulottuvat syvälle materiaaliin. Niistä pintakerroksen poisto vain heikentäisi materiaalin ominaisuuksia. Näitä materiaaleja ovat mm. mineraalivillat, lastu- ja kipsilevyt sekä rappaukset ja maalipinnat. [13.]

7.5 Rakenteen kapselointi ja tiiveyden parantaminen

Kapseloinnin tarkoituksena on erottaa sisä- ja ulkoilma toisistaan. Menetelmällä eristetään home- ja mikrobivaurioita sisältävä rakenne, mutta se ei poista ongelmia. Voidaan puhua myös "rakennus rakennuksen sisällä" termillä. Tällöin uusi rakenne rakennetaan vanhan sisäpuolelle ja väliin jäävää tuuletusväliä tuuletaan koneellisesti. Näin estetään home- ja mikrobi-itiöiden pääsy sisäilmaan. Kapselointikerroksen on ulotuttava koko rakenteen alalle, tämä kuitenkin saattaa heikentää rakennekerroksen tuuletusta ja ilmanvaihtuvuutta ja voi jopa pahentaa mikrobivauriota. Rakenne ei pääse esimerkiksi kuivumaan kapselointimassan ollessa päällä. Kapseloinnissa rakenne pinnoitetaan erilaisilla materiaaleilla ja kalvoilla. Pinnoitemateriaaleja ovat epoksihartsi, akryylihartsi, yksikomponenttinen polymeeripohjainen pinnoite ja kasviöljypohjainen elastinen pinnoite. Kalvoja voivat olla alumiinilaminoitu muovi ja bitumi. [13.]

Kapseloinnissa rakenteita saatetaan joutua avaamaan paljon, kun taas rakenteen tiivistämisessä ei suuria avaamisia tarvita. Ilmatiiveyden parantamisen ideana on rajoittaa hallitsemattomia ilmavirtauksia ja niiden mukana kulkeutuvien home- ja mikrobi-itiöiden kulkeutumista sisäilmaan. Ilmavuodot tulee korjata huolellisesti ja varmistua, että menetelmä soveltuu vaurioihin. Tiivistämisestä käytetään tavallisesti betoniin ja tiileen, eli siis valmiiksi tiiviisiin rakennesiiniin. Ehjässä betoniseinässä riittää pelkkä liitoskohtien tiivistys sekä kiinnikkeiden kohdat ja läpiviennit, sillä betoni on tiivistä materiaalia. Tiilipintaan valellaan vedeneristystä ja halkeilleihin kohtiin laitetaan vahvistusmattoa. Tiivistys pitää jatkua yhtenäisenä koko rakenteen alalta. [13.]

7.6 Rakennusmateriaalien puhdistustapoja

7.6.1 Tiiviit puhdistettavat materiaalit

Tiiviissä materiaaleissa kuten lasissa, metallissa, ja erilaisissa kovissa muoveissa ei ole mikrobeille ravinteita, vaan ne kasvavat pintakasvustona pinnalla.

Pinnalla olevat pölyt ja muut epäpuhtaudet ruokkivat niitä. Tämänkaltaiset materiaalit puhdistetaan pyyhkimällä pinnat puhtaiksi liinalla, kaapimalla ja hionnalla. Kemikaaleja voi käyttää, kunhan välttää esimerkiksi hapettavia aineita metallia puhdistettaessa. Materiaaleihin kuten muoviin saattaa jäädä hajuhaittoja, vaikka itse pinta lähtisikin puhtaaksi. [13.]

7.6.2 Kivipohjaiset materiaalit

Kivipohjaisiin materiaaleihin lukeutuu mm. betoni, kevyt betoni ja erilaiset tiilet. Kiviaines itsessään on niukkaravinteista. Ravinteet kulkeutuvat ulkoisista lähteistä pintakerroksen rakoihin ja halkeamiin. Usein poistoon riittää pintakerroksen poistaminen terveeseen pintaan saakka, yleensä noin 3–5 mm. Poisto suoritetaan piikkaamalla ja hiomalla ja pölyn leviämisen estämiseksi on hyvä käyttää kohdepoistoimureita. [13.]

7.6.3 Runsasravinteiset ja huokoiset materiaalit

Puu ja puupohjaiset materiaalit ovat orgaanisia ja sisältävät runsaasti ravinteita mikrobeille. Puuosat on helppo uusia kokonaan ja näin välttyä korjauksen epäonnistumiselta, sillä silloin ei mitään mikrobijäämiä jää. Massiivirakenteissa ja kantavissa osissa vauriokohtaa yritetään poistaa niin syvältä kuin mahdollista, rakennetta kuitenkin heikentämättä. Poistaminen tapahtuu esimerkiksi hiomalla, vuolemalla, harjaamalla teräsharjalla tai jyrsimällä. Myös tässä käytetään kohdepoistoimureita. [13.]

7.6.4 Solumuovieristeet

Solumuovisiin tuotteisiin kuuluvat mm. polyuretaani ja polyuretaanista valmistetut eristeet. Vaurioituneen kohdan poistaminen onnistuu vain pieneltä alueelta, sillä muuten eristysominaisuudet kärsivät ja korjausmenetelmä on hankala suorittaa. Suuremman vaurion poistaminen vaatii koko eristeen vaihtamista. Huokoisen rakenteensa ansiosta kohtaa pitää poistaa syvemmältä, ainakin noin 5

mm näkyvän vauriokohdan alapuolelta. Eristeitä voi leikata kuumalankaleikkurilla, sahaamalla ja vuoleamalla. Irti saadut palat imuroidaan huolellisesti. [13.]

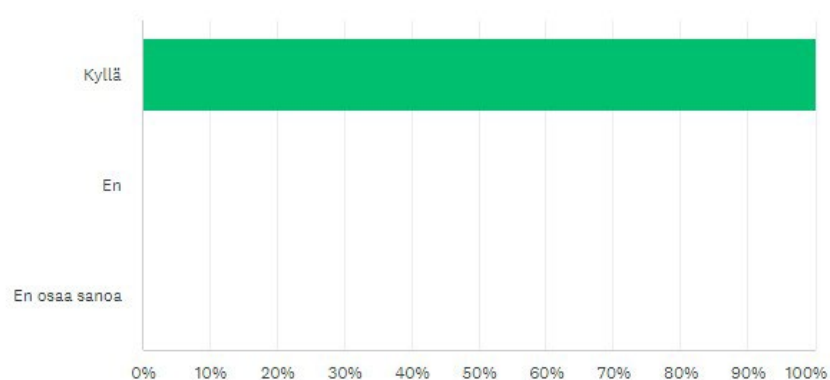
8 Työnjohtajilta kysytyt kysymykset ja vastaukset

Tähän työhön laadittiin kysely Staran työnjohdolle, jossa kysyttiin mikrobivaurioiden yleisyydestä, sekä missä paikoissa mikrobivaurioita on esiintynyt. Kyselyllä kartoitettiin myös Staran nykyisiä ohjeita mikrobivaurioihin ja niihin liittyviin menettelyihin. Kysely tehtiin verkkosivustolla ja linkit lähetettiin työnjohtajien sähköposteihin. Kyselyyn vastasi 15 ihmistä, vastaamisaikaa oli viisi työpäivää ma–pe. Kysymyksiä oli kymmenen ja osassa kysymyksistä oli vastausvaihtoehtoja. Kysymyksissä oli myös ”muu” kohta, mihin vastaaja sai itse kirjoittaa halutessaan vastauksen.

1.

Oletko kohdannut työssäsi home- ja mikrobivaurioita rakenteissa tai rakennusosissa?

Vastattu: 15 Ohitettu: 0



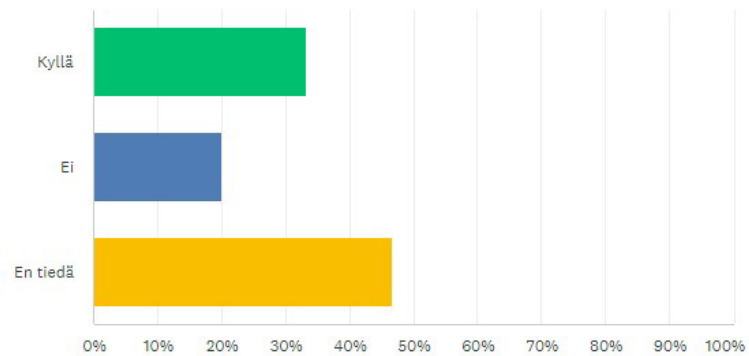
Kuva 5. Kysymys 1 vastaukset

Kuvan 5 vastauksista selviää, että kaikki vastaajat ovat kohdanneet mikrobivaurioita työssään. Tämä merkitsee, että kaupungin rakennuksissa mikrobit ovat suhteellisen yleinen ongelma. Luultavasti rakennuskannan ollessa jo vanhaa ja edelleen vanhetessaan mikrobivaurioita tulee aina lisää.

2.

Onko Staralla ohjeistusta home- ja mikrobivaurioiden tunnistamiseen ja miten niiden kanssa tulee toimia?

Vastattu: 15 Ohitettu: 0



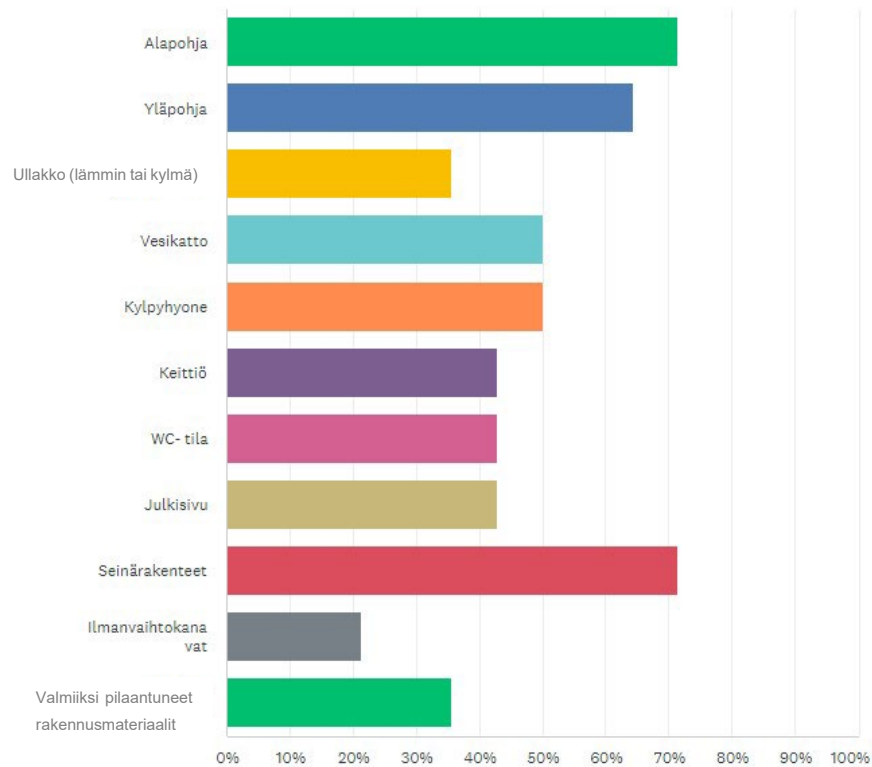
Kuva 6. Kysymys 2 vastaukset

Kuvasta 6 selviää että, kaikki työnjohtajat eivät olleet tietoisia löytyykö Staralta jo olemassa olevaa ohjeistusta mikrobivaurioihin. Yksi vastaus oli, että otetaan alan erikoisliikkeeseen yhteyttä ja keskustellaan heidän kanssaan, miten nyt tulee toimia.

3.

Millaisissa rakenteissa tai tiloissa home- ja mikrobivaurioita on esiintynyt?

Vastattu: 14 Ohitettu: 1



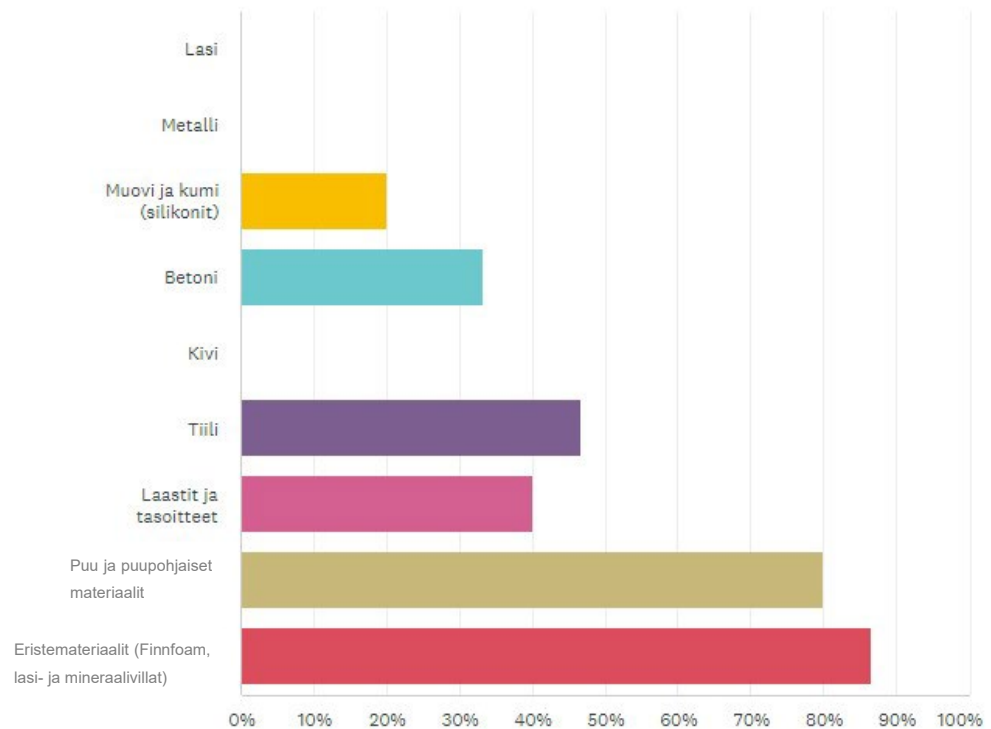
Kuva 7. Kysymys 3 vastaukset

Kuvasta 7 selviää että, ala- ja yläpohjarakenteissa on löytynyt eniten mikrobivaurioita, sekä seinärakenteissa. Kommentointiosuudessa kirjoitettiin, että vanhoissa purku- tai korjauskohteissa voi home- ja mikrobivaurioita löytyä mistä vain.

4.

Millaiset rakennusmateriaalit tai pinnat ovat olleet home- ja mikrobivauriotuneet?

Vastattu: 15 Ohitettu: 0



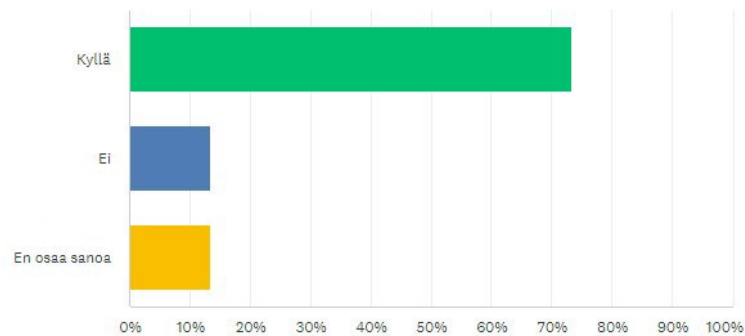
Kuva 8. Kysymys 4 vastaukset

Kuvasta 8 selviää että, selvästi eniten vaurioita on ollut puu- ja puupohjaisissa materiaaleissa, sekä eristemateriaaleissa. Myös muissa orgaanisia aineita sisältävissä materiaaleissa on ollut vaurioita. Epäorgaanisissa pinnoissa, kuten lasi, metalli ja kivi ei kyselyn mukaan ole ollut mikrobeja. Luultavasti näissäkin on ollut kasvustoa, mutta sen on pystytty pyyhkimään pois, sillä kyseisissä materiaaleissa kasvu tapahtuu vain pinnalla, eikä materiaalin sisällä.

5.

Onko kohteessa tehty kuntotutkimus tai vastaava ennen töiden aloittamista?

Vastattu: 15 Ohitettu: 0



Kuva 9. Kysymys 5 vastaukset

Kuvasta 9 selviää että, melkein kaikissa kohteissa oli tehty kuntotutkimus tai vastaava selvitys. Vapaaseen kirjoitusosuuteen oli kirjoitettu, että pääsäännöllisesti kuntotutkimus oli tehty, mutta molempia tapauksia on esiintynyt paljon. Valtaosassa kohteista oli tehty vain pintapuolinen tarkastus.

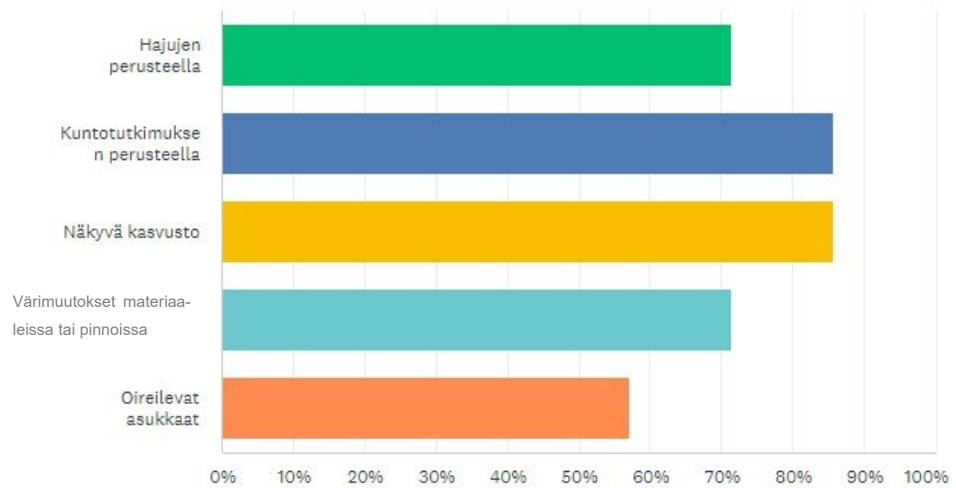
6. Mitä teet, jos epäilet tai löydät työmaaltasi aiemmin havaitsemattoman home- ja mikrobivaurion? Tähän kysymykseen annettiin kirjallinen vastaus.

Vastauksia tuli monenlaisia, sillä mitään suoraa toimintatapaa ei ole määritetty, tärkeintä kumminkin on, että asialle tehtiin jotain eikä vain annettu olla. Osa kirjoitti ottavansa näytteen itse ja toimittavansa laboratorioon tutkittavaksi. Toiset soittivat alan asiantuntijoille ja pyysivät tutkimaan asiaa. Yksi vastaajista kirjoitti suorittavansa työn aina haitta-ainepurkuna, jolloin mikrobeja ei pääse leviämään ilmatilaan suojaustoimien ansiosta. Osa otti rakennuttajaan tai tilaajaan yhteyttä ja kysyi heiltä jatkotoimenpiteitä. Myös valvojiin, konsulttiin ja rakennesuunnittelijoihin oltiin yhteydessä. Pienissä vaurioissa rakenteet korjattiin, tehtiin asianmukaiset dokumentit ja tietenkin tiedotettiin rakennuttajaa.

7.

Miten home- ja mikrobivauriota alettiin epäillä?

Vastattu: 14 Ohitettu: 1



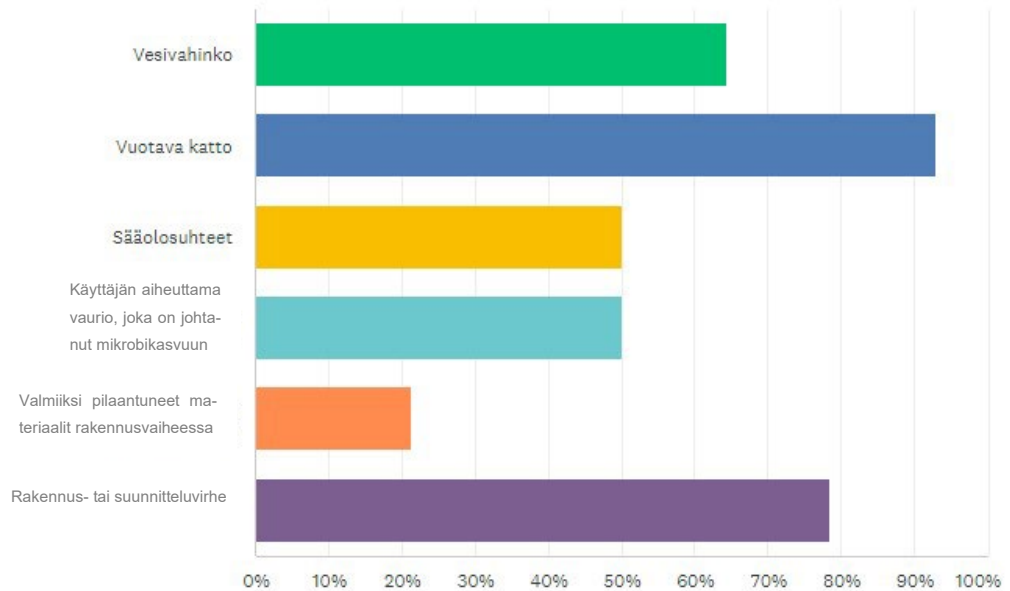
Kuva 10. Kysymys 7 vastaukset

Kuvasta 10 selviää että, kyselyyn vastanneiden mukaan usein oli teetetty kuntotutkimus rakennukseen. Näkyvän mikrobikasvuston ja aineenvaihduntatuotteiden tuottama haju ovat paljastaneet myös mikrobivaurioita. Yksi vastaajista kirjoitti vaurioin löytyneen remontin yhteydessä. Tässä tapauksessa mitään näkyvää kasvua ei luultavasti ole ollut vaan ne ovat olleet rakenteiden alla piilossa.

8.

Mistä home- ja mikrobivaurio oli aiheutunut?

Vastattu: 14 Ohitettu: 1



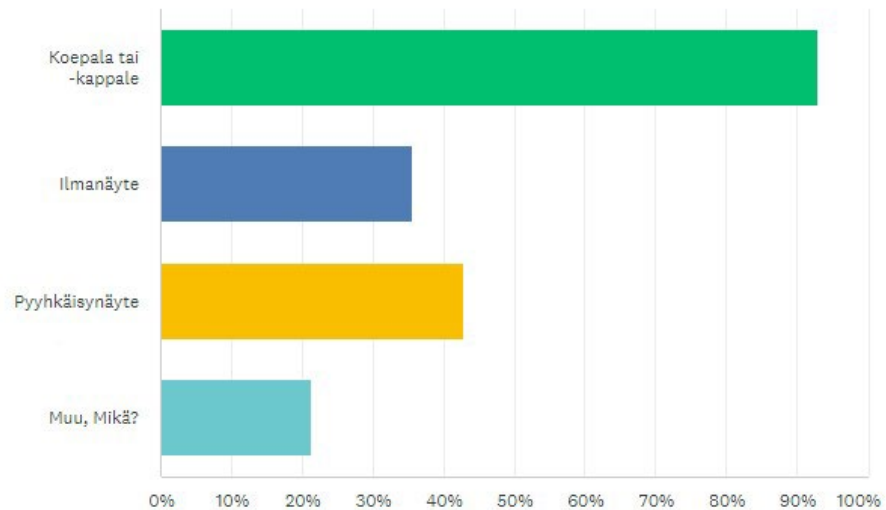
Kuva 11. Kysymys 8 vastaukset

Kuvasta 11 selviää että, vuotava katto osoittautui suurimmaksi mikrobivaurion aiheuttajaksi. Rakennus- ja suunnitteluvirheet olivat myös korkealla tuloksissa. Kirjoitusosuuteen oli laitettu, että vanhojen rakennusten ilmanvaihtoa on tehostettu liikaa, jolloin korvausilma tulee rakenteiden ja maaperän läpi. Toinen oli rakennukset ajalta ennen kuin vedeneristeitä tai kunnollisia suihkuseinärakenteita käytettiin, joka ei ole virhe vaan silloisten rakennusmääräysten mukainen. Nykyisin ne luokitellaan riskirakenteeksi.

9.

Millainen näyte kohteesta otettiin?

Vastattu: 14 Ohitettu: 1



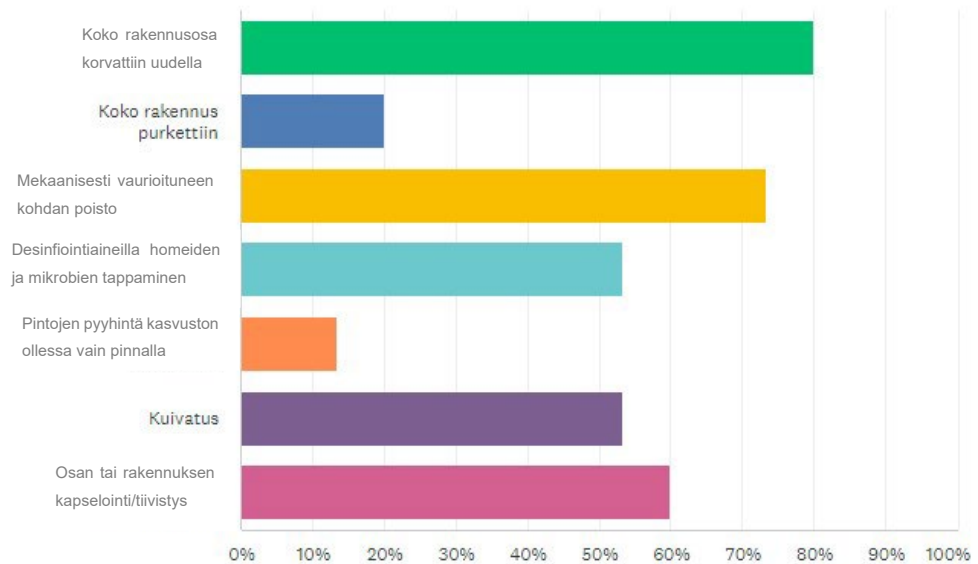
Kuva 12. Kysymys 9 vastaukset

Kuvasta 12 selviää että, 90 % vastanneista kertoi otetun näytteen olevan koepala tai -pala. Muitakin näytteitä otettiin ja yleensä otetaan usealla eri tavalla näyte yhdestä kohteesta. Myös maljaviljely oli yksi käytetty keino. Vastauksissa kirjoitettiin koko seinän poistamisesta, sillä silloin ei välttämättä näytteitä tarvita.

10.

Mitä toimenpiteitä tehtiin mikrobivaurion löydyttyä?

Vastattu: 15 Ohitettu: 0



Kuva 13. Kysymys 10 vastaukset

Kuvasta 13 selviää että, 80 % tapauksista koko olemassa oleva rakenne korvattiin uudella ja noin 70 % tapauksista vauriokohta poistettiin mekaanisesti. Näitä tekniikoita käytettiin myös ristiin eli useita tapoja käytettiin yhdessä kohteessa. Kohteesta riippuen käytetään eri tekniikoita mikä soveltuu siihen parhaiten. Useassa paikassa pelkkä kuivatus tai kapselointi tehtiin.

9 Suvilahden tiilinen kaasukello



Kuva 14. Keskellä tiilinen kaasukello ja vasemmalla metallinen. Kuva Sakari Kiuru

Suvilahden tiilinen kaasukello valmistui vuonna 1910 ja toimi kivihiilen poltosta syntyvän kaasun varastointirakennuksena. Se poistui käytöstä vuonna 1980. Viereen rakennettiin teräksinen kaasukello, joka valmistui 1931. Kaasuntuotanto loppui alueella kokonaan vasta vuonna 1994. Toiminnan loppuessa rakennukset jäivät vaille käyttöä ja oman onnensa nojaan. Vuosien saatossa tiilisen kaasukellon katto alkoi vuotamaan, sekä sisäpuolelta toteutettu vesikaton vedenohjausjärjestelmä vuosi ja tiiliset seinät alkoivat rapistumaan. Kaasuntuotannossa syntyviä sivutuotteita oli päässyt vuotamaan ja imeytymään tiilisiin ja betonisiin seiniin ja tasoihin, maaperään ja vesikaton puurakenteisiin. Nämä toimivat mikrobeille ravinteina. Home- ja mikrobi kasvustot saivat kasvaa rakenteissa vuosia saaden koko ajan lisää kosteutta ja kuluttaen ravinteita seinistä. Rakennusvalvontavirasto päätti kesällä 2016 tiilisen kaasukellon kunnostamisesta. Vuonna 2018 keväällä Stara ryhtyi kunnostamaan tiilistä kelloa. Kunnostamiseen kuuluu julkisivun korjaus ja uudelleen rappaus perinteisellä kalkkimaalilla, paalutusten

ja perustusten teko, katon uusiminen ja rakennustöiden aikana yllätyksenä tullut uusi teräskehikko katolle. Alustavasti kelloon on suunnitteilla kulttuuritoimintaa ja baari.

Haitta-aine ja mikrobitutkimuksia tutkimuksia suoritti Vahanen-yhtiöt. Vahanen teki sisäpintojen tutkimuksia alkukesästä 2019 ja keskittyi betoni ja tiilirakenteisiin. Tutkimuksissa havaittiin laajoja kosteusvaurioita, sekä mikrobien aineenvaihduntatuotteena syntyviä hajuja. Seinät ja pilasterit ovat tiilimuurattuja ja ne on muurattu kalkkipitoisella laastilla. Sisäseiniin on tehty ohut vaalea kalkkipitoinen slammaus. Kelloa kiertää neljässä eri kerroksessa huoltotasoja, jotka on valettu betonista. Nekin ovat mikrobivaurioituneet. Pilasterien välissä keskellä seinää kulkee lasitiili-ikkuna nauhat. Osa lasitiilistä on mennyt rikki ja niitä on paikkailtu tavallisilla tiilillä ja laastilla. Lasitiilet on kiinnitetty toisiinsa laastilla. Seinäpintaa kellossa on noin 3500 m². Yläosassa laajat vesivuodot ovat aiheuttaneet tuhoja katon puuosien ja tiiliseinän osalta. Yläpuolen tasoilla oli myös runsaasti lintujen pesiä, raatoja ja ulostetta.

Näytteitä otettiin timanttiporaamalla ympäri kelloa 0–90 mm syvyydeltä eri rakenteista mm. näkyvistä vaurio kohdista. Näytteitä analysoitiin 225 kappaletta. Näytteet otettiin pääasiassa piikkaamalla. Joistakin kohdista piikkauksen alapuolelta paljastui jo valmiiksi reikäinen ja rapautunut betoni. Näytteet laitettiin heti suljettavaan muovipussiin ja jääkaappiin. Kosteusvauriot jaettiin kolmeen kategoriaan, ei vauriota, lievä kosteusvaurio ja vakava kosteusvaurio. Mikrobisuvusto ja pitoisuuden määritettiin laboratorioissa suoraviljelytekniikalla ja analyysi tehtiin Valviran 2016 soveltamisohjeella asumisterveysasetuksen mukaisesti. Tutkimuksien perusteella rakenteisiin on kohdistunut suurta ja pitkäaikaista kosteusrasitetta. Maaperästä noussut kosteus on kastellut kellon alaosa ja jossain vaiheessa uusittu sadevesiputkisto on vuotanut runsaasti ja kastellut betonisia huoltotasoja ja seiniä. Betonissa olevat raudoitteet ovat tulleet näkyviin rapautumisen johdosta ja pilastereissa olevat jäykiste metallikiskot ovat ruosteessa. Vesikatko on vuotanut pahasti ja kastellut seinät melkein kauttaaltaan, joissakin kohdissa lähes alas asti. Ylhäällä ollut lintujen uloste on ruokki-

nut mikrobeja entisestään ja ylimmällä huoltotasolla oli paljon myös katosta irronnutta lahoa puuta. Rakennus on melkein 40 metriä korkea. Ulkopuolen rappautunut julkisivurappaus oli pahasti vaurioitunut ja ulkoa tullut sade on päässyt imeytymään tiiliin voimistaen kosteusrasitusta. Rappaus on myös pudonnut kosteuden vaikutuksesta ja joissakin kohdissa on ulkoa ja sisällä samankaltaiset vauriot. Seuraavassa kuvassa 15 esitetään näytteiden yhteenveto.

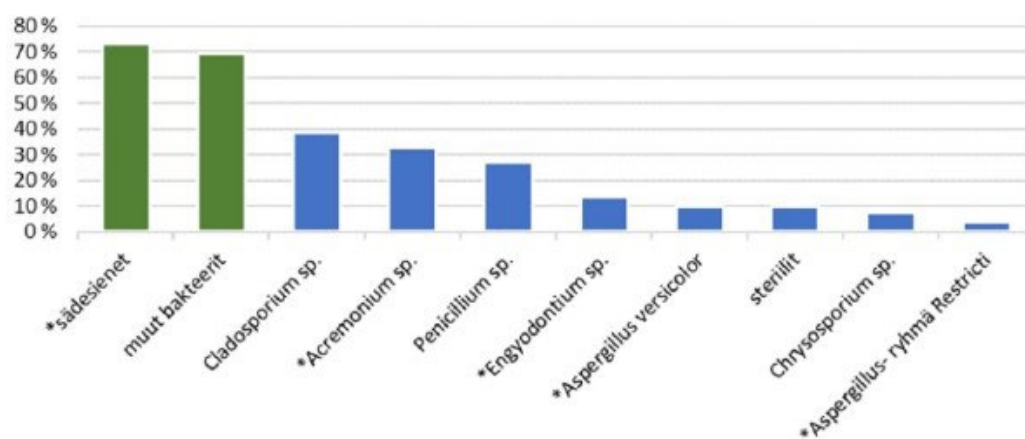


Kuva 15. Mikrobianalyysien tulokset eriteltyinä rakenneosiin. Vahanen rakennusfysiikka Oy.

Kappalenäytteet otettiin näkö- ja hajuaistin perusteella rakenteista, joissa epäiltiin kosteus- ja mikrobivaurioita. Kuvaajasta ilmenee, että muuratut rakenteet eli seinät ja pilasterit ovat mikrobivaurioituneet kohdissa, joissa on lievä tai vakava kosteusvaurio ja vähemmän kohdissa, joissa ei ole havaittu kosteusvaurioita. Kohdat, joissa kosteutta ei ilmennyt esiintyi myöskin mikrobeja, mutta vähemmän. Muurauksessa käytetty laasti oli myöskin vaurioitunutta kosteissa kohdissa ja kasvustojen yleisyys kasvoi syvemmälle mentäessä. Huoltotasolla tarkoitetaan betonista tasoa. Yläosastaan tasot olivat vain vähän vaurioituneet, mutta alaosassa mikrobikasvua oli paljon kaikissa tutkituissa kohdissa. Yläpuolella olevat lintujen jätökset, raadot ja lahonnut puuaines aiheuttivat korkeita bakteeripitoisuuksia huoltotasoissa monin paikoin ja näin ollen näkyivät tuloksissa. Tasojen alaosissa, joissa ei kosteutta ollut kasvoi myös runsasta mikrobikasvustoa. Alhaalla ikkunan yläpuolella oleva betoninen ikkunanylityspalkki oli vaurioitunut mikrobeista kohdissa, joissa oli näkyviä kosteusvaurioita. Kaikki lasitiili-ikkunoiden saumoista otetut näytteet olivat pahoin vaurioituneet riippumatta kosteuden määrästä.

Kohdissa, joissa ulkopuolinen rappaus on pudonnut ja tiilet rapautuneet on kosteus päässyt myös ulkopuolelta imeytymään sisemmälle rakenteen sisälle ja näin ollen mikrobit kasvavat runsaasti syvemmillä seinässä.

9.1 Löydettyjä mikrobilajistoja



Kuva 16. Löytyneet home- ja mikrobikasvustot. Vahanen rakennusfysiikka Oy

Näytteitä otettiin kohdista, joissa oli ulkoisia kosteusvaurion merkkejä ja kohdissa, joissa ei ollut silmin huomattavaa vaurioita. Kuvassa 16 on esitetty silminnähten kosteusvaurioituneista kohdista tutkitut näytteet ja niistä löytyneet lajistot. Kuvaajasta nähdään, että sädesienet ja bakteerit ovat yleisimmin esiintyneet näytteissä. Mikrobikasvua sisältävissä näytteissä havaittiin 2–4 eri mikrobilajia per yksi näytekappale. Tämä on paljon, sillä betoni, tiili ja laasti ovat epäorgaanisia materiaaleja. Tosin laasti saattaa sisältää eläinpohjaisia tuotteita. Muita paljon todettuja lajeja ovat *Cladosporium*, *Acremonium*, *Penicillium* ja *Aspergillus* -ryhmien kasvustoja. Ylimmällä huoltotasolla todettiin eniten mikrobilajeja orgaanisten jätteiden vuoksi. Lajeista ainakin *Acremonium* ja *Aspergillus* -suvut tuottavat haitallisia ja haisevia aineenvaihduntatuotteita. Joitakin näytteitä säilytettiin vain viikon verran huoneenlämmössä suljetussa pussissa ja niihin alkoi kasvaa mikrobikasvustoa, joka on epätavanomaista.

Rakenteissa on havaittu niin laajoja ja syvälle jatkuvia mikrobikasvustoja, että poistosityvyyttä ei pystytä määrittelemään niin, että pinnasta tulee puhdas ja turvallinen. Myös hyväkuntoisen näköisistä ei kosteusvaurioituneista kohdista oteuissa näytepaloissa 30–50 % tapauksista löytyi mikrobeja. Sädesienten juuret ovat kasvaneet kuivalle alueelle jopa metrin matkalta ja näin vaurioittaneet ympäröiviäkin rakenteita kosteutta suuremmalta alueelta.

Tavoiteltu käyttötapa ja vaihtoehtoiset korjausperiaatteet
Pysyvä oleskelu (asunto tai työpaikka)
Periaateratkaisu 1. "Rakennus rakennuksen sisällä", vaurioituneimpien kohtien uusiminen
Periaateratkaisu 2. Kaikkien rapautuneiden, haitta-ainepilaantuneiden sekä kosteus- ja mikrobivaurioituneiden materiaalien poisto.
Väliaikainen oleskelu (ei asunto- tai työpaikka)
Periaateratkaisu 3. Vaurioituneimpien kohtien uusiminen, muiden alueiden kohdistettu puhdistus ja tiivistys/kapselointi, tilan käytön mukaan.
Varasto- tmv. ei-käyttötila
Periaateratkaisu 4. Vaurioituneimpien kohtien uusiminen, muiden kohtien puhdistus

Kuvassa 17 on Vahasen esittämiä korjausehdotuksia eri käyttötarkoituksiin. Tuleva käyttö määrää puhdistusten laajuuden. Periaateratkaisussa 1 rakennuksen

sisälle rakennetaan uusi rakennus, joka on erotettu ilmanvaihdon avulla vanhasta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuuletetaan rakennusten väliin jäävää tilaa. Ulkokuorta ei voi enää käyttää. Periaateratkaisussa 2 poistetaan kaikki rapautuneet tiilet ja betonit, joissa on korkeita mikrobipitoisuuksia. Koska vaurioita on paljon kantavissa rakenteissa tämä tarkoittaa todella mittavia ja kalliita purkutoimia. Hyvinä puolina tästä ei jää rakenteisiin enää epäpuhtauksia.

Väliaikaiseen oleskeluun riittää kaikkein pahimpien vauriokohtien uusiminen sekä rakenteiden tiivistys tai kapselointi tilan käytön mukaan. Käytännössä tällä tekniikalla sisäpuolen seiniin ja pilastereihin levitetään Weberin tiivistyslaastia paksult ja tämän on tarkoitus estää mikrobien ja muiden haitta-aineiden pääsyn sisäpuolelle. Tiivistyslaasti kuitenkin muuttaa ulkonäköä tiilipintaisesta betonin harmaaseen pintaan. Tämä ei kuitenkaan poista mikrobeja vaan ne jäävät rakenteeseen. Tiivistettyä pintaa ei saa rikkoa esimerkiksi kiinnityksissä ja asennuksissa. Tässä myös kosteustekninen toiminta muuttuu ja menetelmä lisää uusien vesivaurioiden vakavuutta. Jos tilaa ei käytetä käyttötilana vaan varastona tai muuna sellaisena, voidaan vain hyvin heikot ja rapautuneet rakenteet korvata ja huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta ja lämmityksestä.

Yksi puhdistustapa oli tiilien kuumentaminen yli 1000 °C, jotta mikrobit kuolevat ja huonosti poltetut tiilet kovettuvat kunnolla. Tähän päädyttiinkin mutta vain pilastereiden tiilet vaihdettiin. Vanhasta piikattiin tiilen verran pois, tilalle vaihdettiin paistettu vanha tiili, sekä pilarin ja uuden tiilen väliin jätettiin tila, joka valettiin betonilla täyteen kantavuuden ja tiiveyden varmistamiseksi. [14.]

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli kertoa home- ja mikrobivaurioista ja niiden esiintymisestä rakennuksissa, erityisesti tilaajayrityksen eli Helsingin kaupungin Staran kannalta. Työn pohjalta laaditaan erillinen ohjeistus Staran työnjohdolle mikrobivaurioiden tunnistamisesta ja toimenpiteistä niitä löydettyäessä. Työtä tehdessä kävi ilmi, että homeita ja mikrobeita esiintyy jokaisessa rakennuksessa, myös terveissäkin rakennuksissa. Vaurioon johtaminen tarvitsee oikeat olosuhteet, kuten ravinteita, kosteutta ja lämpöä. Ravinteena mikrobit käyttävät käytössä olleita rakennusmateriaaleja ja lämpöä tulee normaalista sisäilmasta. Kosteus tulee esimerkiksi vesivahingon seurauksena tai vaikkapa maaperästä nousevan kosteuden johdosta. Vanhemmissa rakennuksissa käytetyt riskirakenteet lisäävät vaurioiden riskiä entisestään.

Työnjohtajille lähetetyn kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ovatko he kohdanneet työssään mikrobivauriota, sekä miten on ennen toimittu mikrobivaurioita kohdattaessa, sekä millaisissa paikoissa niitä on esiintynyt. Vastauksista selviää, että mikrobivauriot ovat melko yleisiä ja kaikki työnjohtajat ovat kohdanneet niitä. Vastausten perusteella kaikilla tuntuu kuitenkin olevan jonkinlaiset toimintatavat ja näyttää siltä, että ovat hyviä ja oikeita.

Monet Helsingin kaupungin julkiset rakennukset ovat jo iäkkäitä ja rakenteissa on tiettyjä erikoispiirteitä sekä monia eri aikakausille tyypillisiä riskirakenteita on ollut käytössä. Työnjohtajan on hyvä perehtyä kohteeseensa ja tietää miltä vuosikymmeneltä rakennus tai rakenne on. Tiedon perusteella hän voi selvittää vuosikymmenelle tyypillisiä riskirakenteita ja rakennustapoja. Lisäksi kaupungin rakennuksissa on runsaasti esimerkiksi isoja ikkunapintoja sekä kattoikkunoita. Näiden tiivistykset sekä karmit ja muut läpiviennit ovat käyttöikänsä loppupäässä ja on hyvä tarkastaa aika-ajoin. Lisäksi liitoksia ja tiivistyksiä ei ole suunniteltu kestävään jään ja veden painetta kymmeniä vuosia ja ne voivat aiheuttaa kosteusvaurioita ja näin ollen johtaa mikrobivaurioon.

Ennen opinnäytetyön aloittamista tiedot mikrobeista tai niiden esiintymisestä rakennuksissa olivat heikot. Varsinkin kasvuvaatimukset ja kosteuden suuri merkitys tulivat yllätyksinä. Suvilahden kaasukellolla työskentely toki valaisi asiaa jo ennen opinnäytetyön aloittamista, mutta laajuus ja yleisyys varsinkin korjauskentämiskohteissa yllätti. Tämän työn tekeminen vaati paljon perehtymistä asiaan ja antaa varmasti hyvän pohjan tuleviin työnkuviin.

Lähteet

1. Pitkäranta, Miia. Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.
2. Putus, Tuula. Home ja terveys 3. uudistettu painos 2017, Kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesienten esiintyminen sekä terveyshaitat.
3. Ril 250–2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2011, Suomen Rakennusinsinöörin liitto Ril ry.
4. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:18, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus.
5. Ratu kortisto, RT 18-11245 Haitta-ainetutkimus, Rakennustuotteet ja rakenteet. Verkkoaineisto. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/resource/juha/content/1965>. Luettu 13.12.2021
6. Verkkosivusto. <https://www.kuntotarkastus.info/kuntotarkastustieto/vaurioherkka-rakenne/>. Luettu 25.11.2021
7. Verkkosivusto. <https://raksystems.fi/ajankohtaista/mitka-ovat-yleisimmat-markatilojen-virheet/>. Luettu 1.12.2021
8. Kärki Jukka-Pekka, Öhman Heikki Homevaurioiden korjausopas 2007. Verkkoaineisto. http://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi/downloads/Muut%20julkaisut/Homevaurioiden_korjausopas_UKU.pdf. Luettu 3.12.2021
9. Leivo, V; Rantala, J, Maanvastaisten rakenteiden mikrobiologinen toimivuus 2006. Verkkojulkaisu. <https://trepo.tuni.fi//handle/10024/116704>. Luettu 16.12.2021

10. Verkkosivusto <https://www.kuntotarkastus.info/valesokkeli-riskirakenne/>.
Luettu 5.12.2021
11. Opinnäytetyö, Tommi Talvitie 2016, Tasakaton korjausrakentaminen.
Verkkoaineisto. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108671/Talvitie_Tommi.pdf?sequence=1. Luettu 15.12.2021
12. Ratu 82–0383, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku.
Verkkoaineisto. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/kortit/RatuTT%2009-00939>. Luettu 16.12.2021
13. RT 18–11238, Homevaurioituneen rakenneosan puhdistusohje. Verkkoaineisto. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/kortit/RT%2018-11238>. Luettu 16.12.2021
14. Wuokko, Paula, Vahanan rakennusfysiikka, 2019. Suvilahden kaasukellon tutkimusselostus.