

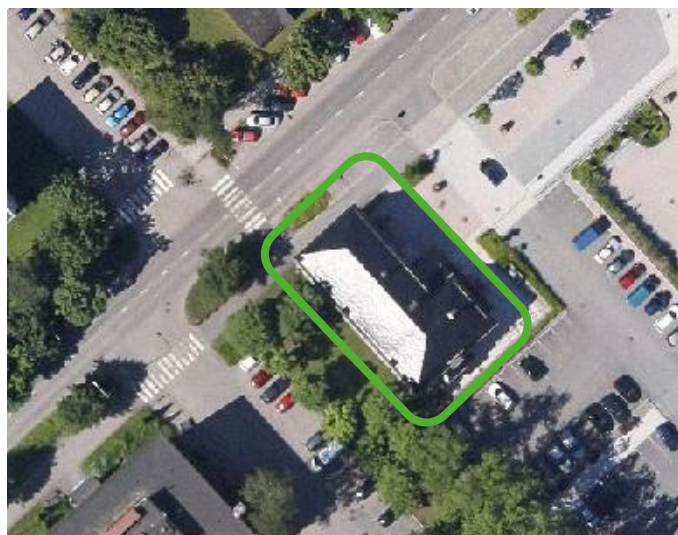
Tutkimusraportti

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Salon Tappiskoulu

Tehdaskatu 4

24100 SALO



17.12.2021

Projektinnumero: 7135

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	4
1 Lähtötiedot	5
1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite	5
1.2 Perustiedot	6
1.3 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset	6
1.4 Käytössä olleet asiakirjatiedot	6
1.5 Arviointikäynti	6
2 Tutkimusmenetelmät	10
2.1 Rakenne- ja kosteustekniset tutkimukset	10
2.1.1 Kosteusmittaukset	10
2.1.2 Rakenneavaukset	10
2.1.3 Mikrobinäytteet materiaaleista	10
2.1.4 Ilmavuototutkimukset merkkiaineella	11
2.1.5 Lämpökuvaus	11
2.2 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset	12
2.2.1 Painesuhteet	12
2.2.2 Sisäilman olosuhdeseurannat	12
2.2.3 Teolliset mineraalikuidut	13
2.2.4 Kloorianisolit sisäilmasta	14
3 Rakennetekniset tutkimukset	15
3.1 Alapohjat	15
3.1.1 Kellari- ja ryömintätilat	15
3.1.2 Alapohjarakenteet	17
3.2 Ulkoseinät	19
3.3 Väliseinät	22
3.4 Välipohjat	23
3.5 Yläpohjat	25
3.6 Yhteenvedo mikrobituloksista	26
4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset	28
4.1 Painesuhteet	28
4.2 Sisäilman olosuhteet	29
4.2.1 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus	29
4.2.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	31

4.3 Teolliset mineraalikuidut	31
4.4 Kloorianisolit sisäilmasta	32
5 Altistumisolosuhteiden arviointi	33
5.1 Altistumistodennäköisyyden arviointi mikrobiepäpuhtauksille	33
5.2 Altistumistodennäköisyyden arviointi teollisille mineraalikuiduille	34
6 Johtopäätökset	36
7 Toimenpidesuositukset	37
Allekirjoitus	37
Liitteet	38
Kirjallisuus	38

Tiivistelmä

Salon kaupungintalon vieressä sijaitsevan punaisen talon, ”Tappiskoulun”, käyttäjillä on esiintynyt oireilua, jonka on epäilty liittyvän rakennuksen sisäilmaan. Yläkerran tiloissa kerrotaan esiintyvän yleisesti tunkkaista hajua. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennuksen olemassa olevat rakenteet ja niiden kunto sekä arvioida näiden vaikutusta sisäilman laatuun.

Rakennuksen sisäilman laadun kannalta merkittävimmät kosteus- ja mikrobivauriot keskittyvät materiaalinäytteiden ja kosteusmittausten perusteella rakennuksen alaosiin. Kellaritilat ovat pahoin kosteusvaurioituneet, alapohjan orgaanisissa täyttömateriaaleissa sekä ulkoseinien alaosissa esiintyy vähintään paikallisia kosteus-, laho- ja mikrobivaurioita. Vaurioalueilta on lämpökuvauksen ja merkkiainetutkimusten perusteella merkittäviä ilmapuotoja sisätiloihin, jotka olivat alipaineiset vaurioalueisiin nähden. Ulkoseinien yläosissa sekä väli- ja yläpohjarakenteissa esiintyy materiaalinäytteiden perusteella enintään paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakenteissa on kuitenkin merkittäviä ilmavuotoreittejä sisätiloihin sekä lämpökuvauksen perusteella laajoja jäähtyneitä alueita, joihin voi tiivistyä kosteutta lämpimästä sisäilmasta. Ilmavuodot etenkin yläpohjasta selittävät myös toisen kerroksen tiloissa koettua hajuhaittaa. Tutkimusten perusteella arviotiin, että tavanomaisesta poikkeava altistuminen mikrobiepäpuhtauksille on todennäköistä koko rakennuksessa.

Rakennuksen 1. kerroksessa sisäilman laatuun vaikuttaa myös pölyn laskeumanäyttein havaittu teollisten mineraalikuittujen esiintyminen. Rakenteissa ja niiden sisäpintamateriaaleissa ei ole merkittäviä kuitulähteitä eikä rakennuksessa ole koneellista tuloilmaa, joten todennäköisimmin kuidut ovat peräisin yöaikaan poissa käytöstä olevasta poistoilmajärjestelmästä. Paine-eroseurantojen perusteella 1. kerros on yöaikaan ali- ja 2. kerros ylipaineinen ulkoilmaan, mikä selittäisi sen, että kuituja havaittiin lähinnä 1. kerroksesta. Tulosten perusteella arvioidaan, että tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde teollisten mineraalikuittujen osalta on mahdollista 1. kerroksessa ja epätodennäköistä 2. kerroksessa.

Rakennuksessa tehtyjen olosuhdeseurantojen perusteella etenkin 1. kerroksen tiloissa sekä huoneessa 210 huone- ja lämpötilat ovat matalia ja lähes jatkuvasti alle työsuojeluhallinnon kevyeen toimistotyöhön suositettaman 21...25 °C. Huoneessa 106 lämpötila oli koko seurantajakson alle 20 °C. Myös yöaikaan käytössä olevissa kotitilain ja yöhoidon tilassa 205 lämpötila oli puolestaan poikkeavan korkea, hetkittäin jopa yli 28 °C. Yöaikaan ilmanvaihdon ollessa poissa päältä myös hiilidioksidipitoisuudet nousevat ko. tilassa yli Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan.

Tehtyjen tutkimusten perusteella suosittelemme seuraavia toimenpiteitä:

1. Toimenpiteet mikrobiepäpuhtauksille altistumisen vähentämiseksi tulee aloittaa nopealla aikataululla
 - a. Korjaussuunnittelun ajaksi suositamme ilmanpuhdistimien käyttöä, siivouksen tehostamista sekä ilmanvaihdon jatkuvaa ympärivuorokautista käyttöä täydellä teholla
 - b. Suunnittelu alapohjarakenteiden korjaamiseksi tulee aloittaa nopealla aikataululla. Ensisijainen korjaustapa on vaurioituneiden materiaalien uusiminen. Samassa yhteydessä tarkastetaan alimpien hirsikertojen ja alapohjan kantavien puurakenteiden kunto.
 - c. Mahdollisuudet kellaritilojen kosteusrasituksen pienentämiseksi tulee selvittää. Joka tapauksessa ilmavuodot kellaritiloista tulee estää alapohjarakenteiden korjausten yhteydessä
2. Ilmavuodot yläpohjasta sisätiloihin tulee estää. Rakenteeseen tulee asentaa höyrynsulku, minkä yhteydessä on suositeltavaa uusien alkuperäiset orgaaniset, osin vaurioituneet eristemateriaalit.
3. Ilmanvaihto tulee pitää käytössä myös yöaikaan ainakin ympäri vuorokauden käytössä olevissa yöhoidon tiloissa.
4. Ilman kulkeutumista poistokanavista sisätiloihin koneen ollessa poissa päältä tulee selvittää esim. merkisavulla. Poistoilmavaihdon kuitulähteet tulee kartoittaa ja tarvittaessa poistaa.
5. Lämpökuvauksessa havaitut ilmavuodot mm. välipohjarakenteisiin tulee estää ja eristepuutteet korjata.

1 Lähtötiedot

Tutkimuskohde

Salon Tappiskoulu
Tehdaskatu 4, 24100 SALO

Rakennusvuosi: 1920-luku
Kerrosala: n. 640 m²

Tilaaja

Janne Lehto, kiinteistöpäällikkö
janne.lehto@salo.fi

Salon kaupunki, Kaupunkikehityspalvelut
PL77, 24101 SALO

Muut yhteyshenkilöt

Tommi Kaarto

Tutkimusten vastuuhenkilö

Vesa Koskinen, projektijohtaja, FM
rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15

Sirate Group Oy, Kutterintie 5, 20900 TURKU
vesa.koskinen@sirategroup.fi, p. 040 648 2244

Tutkimushenkilöt

Vesa Koskinen, Timo Murtoniemi, Ville Norri, Sirate Group Oy

Laboratoriot

Turun yliopisto, Aerobiologian yksikkö (mikrobit, teolliset mineraalikuidut)
Labroc Oy (kloorianisolit)

Tutkimuksen ajankohta

Tutkimukset kohteessa tehtiin aikavälillä 5.10. - 30.11.2021

- Arviointikäynti 5.10.2021
- Olosuhde- ja paine-eroseurannat 5. - 19.10.2021
- Rakenneavaukset, materiaalinäytteet ja merkkiainetutkimukset 16. - 22.11. ja 30.11.2021
- Ilmanäytteet, kloorianisoli 16.11.2021
- Lämpökuvaus 16.11.2021

1.1 Tutkimuksen lähtökohta ja tavoite

Salon kaupungintalon vieressä sijaitsevan punaisen talon, ”Tappiskoulun”, käyttäjillä on esiintynyt oireilua, jonka on epäilty liittyvän rakennuksen sisäilmaan. Yläkerran tiloissa kerrotaan esiintyvän yleisesti tunkkaista hajua. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää rakennuksen olemassa olevat rakenteet ja niiden kunto sekä arvioida näiden vaikutusta sisäilman laatuun.

1.2 Perustiedot

Tiedot rakennuksesta perustuvat käytettävissä olleisiin piirustuksiin sekä arviointikäynnillä paikalla olleiden henkilöiden antamiin tietoihin.

Tutkimuskohteena on arviolta 1920-luvulla valmistunut hirsirunkoinen, kaksikerroksinen rakennus, joka toimii nykyään virastokäytössä (Kuvat 1 ja 2). Rakennus on pääosin ryömintätilainen, yksittäisten huoneiden alla on kellaritilaa sekä rakennuksen kaakkoispäädyssä että keskiosissa. Ala-, väli- ja yläpohjat ovat pääosin puurakenteiset. Mansardikattoisen rakennuksen peltivesikatteen runko on puuta. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, jossa korvausilmaventtiilit on asennettu huoneiden seinille. Rakennuksen ikkunat ja vesikate ovat hiljattain uusittuja.



Kuva 1. Salon "Tappiskoulu" Tehdaskadulta (koillisesta) kuvattuna.



Kuva 2. Rakennuksen lounaan puoleinen julkisivu.

Käyttäjiltä kerätyn tiedon mukaan oireilua esiintyy rakennuksen molemmissa kerroksissa. Huolta on myös aiheuttanut rakennuksen keskiosan kellaritilaan tulva-aikana päässyt vesi, jota on jouduttu poistamaan imuaukolla.

1.3 Tutkimuskohteessa aiemmin tehdyt selvitykset

Saadun tiedon mukaan rakennuksessa ei ole tehty kunto- ja/tai sisäilmatutkimuksia.

1.4 Käytössä olleet asiakirjatiedot

- Pohjakuvat 1. ja 2. krs (Ajantasakuvat 27.2.2021)

1.5 Arviointikäynti

Rakennuksessa tehtiin arviointikatselmus 5.10.2021 (Sirate, Koskinen). Arviointikäynnin havaintoja on käytetty tätä suunnitelmaa laadittaessa tutkimusten kohdentamiseen.

Rakennus sijaitsee tasamaalla, piha-alueet rakennuksen ympärillä ovat pääosin laatoitettuja tai asfalttia, lounaan puolella nurmialue ulottuu luonnonkivisokkeliin (Kuvat 3 ja 4). Maanpinnan kallistuksen ovat riittämättömät ja paikoin kohti rakennusta. Kattovedet ohjataan syöksyin seinustalle ja ne pääsevät paikoin kastelemaan sokkeliä (Kuva 5). Kellarin sisäänkäynnin luona sokkelin päällä olevissa puurakenteissa on lahovaurioita (Kuva 6).



Kuva 3. Piha-alueet ovat pääosin laatoitettuja tai asfaltoituja.



Kuva 4. Lounaan puolella nurmi ulottuu rakennuksen luonnonkivisokkeliin.



Kuva 5. Kattovedet ohjataan syöksyin rakennuksen seinustoille, jossa ne lisäävät sokkeli- ja seinärakenteiden kosteusrasitusta.



Kuva 6. Kellaritilan sisäänkäynnin luona sokkelin päällä olevissa puurakenteissa on lahovaurioita.

Rakennuksen julkisivun maalipinta on uudehko, maali on kuitenkin monin paikoin kupruillut irti pinnasta, mahdollisesti virheellisen maalivalinnan tai maalausolosuhteiden vuoksi (Kuvat 7 ja 8). Peltivesikate on uudehko ja visuaalisesti arvioituna erittäin hyväkuntoinen.



Kuva 7. Uudehkon näköisessä maalipinnassa on kupruilua etenkin rakennuksen koillisen puoleisella seinällä.



Kuva 8. Maalin kupruilua rakennuksen pohjoisnurkassa.

Rakennuksen huonetilat ovat käytäviä lukuun ottamatta korkeita. Seinäpinnat ovat pääosin levytettyjä tai paneeloituja (Kuva 9). Lattiat olivat osittain vanhoja lankkulattioita, osin päällystettyjä laminaatilla tai muovimatolla ja niissä oli monin paikoin tasoeroja/korotettuja lattioita (Kuva 10). Kattopintoina oli pääosin puupaneeli, jossa useassa toisen kerroksen tilassa havaittiin jälkiä käyttäjienkin ilmoittamasta pisaroinnista (Kuvat 11 ja 12). Jälkien perusteella syynä voi olla yläpohjan riittämättömän lämmöneristyksen vuoksi kylmään kattopintaan tiivistynyt sisäilman kosteus. Erityisesti tilassa 210 havaittiin voimakasta hajua, joka aistinvaraisesti arvioituna viittaisi ullakon ja ulkoseinien puurakenteista haihtuviin kloorianisoleihin.



Kuva 9. Huoneet ovat korkeita, seinäpinnat pääosin levytettyjä tai paneeloituja.



Kuva 10. Toisen kerroksen tilassa oli puulattia, kattopintana oli puupaneeli.



Kuva 11. Kattopaneeleissa oli useassa huoneessa jälkiä katon "pisaroinnin" jälkeen.



Kuva 12. Jälkien perusteella kyseessä voi olla sisäilman kosteuden tiivistyminen kattopinnalle yläpohjan riittämättömän lämmöneristyksen vuoksi.

Ullakkotilaan on käynti porrashuoneesta P1 siten, että varasto 201 on jo kylmää ullakkotilaa. Vesikaton puurakenteet olivat aistinvaraisesti hyväkuntoiset (Kuva 13) ja yläpohjatila tuulettuu kohtuullisesti räystäillä olevin venttiilien kautta (Kuva 14). Vesikatteenä oli pelti, jonka alla ei ollut aluskatetta (Kuva 15). Ainakin savupiipun seinämällä havaittiin vuotojälkiä, jotka ovat todennäköisesti tapahtuneet ennen vesikaton uusimista (Kuva 16).



Kuva 13. Vesikaton puurakenteet olivat aistinvaraisesti arvioituna hyväkuntoiset.



Kuva 14. Yläpohjatila tuulettuu räystäällä olevien venttiilien kautta.



Kuva 15. Vesikatteena oli aluskatteeton pelti.



Kuva 16. Vuotojälkiä savupiipussa.

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Rakenne- ja kosteustekniset tutkimukset

2.1.1 Kosteusmittaukset

Pääosin puuaineisessa rakennuksessa pintakosteuskartoitusta ei voida tehdä luotettavasti. Ulkoseinien alimpien hirsien kuntoa selvitetiin aistinvaraisen arvion lisäksi puun kosteusmittauksin, joiden tulokset raportoidaan ulkoseinärakenteiden muiden tutkimusten yhteydessä. Kosteusmittaukset tehtiin RT 103333 -ohjekortin mukaisesti sertifioitujen rakenteiden kosteudenmittaajan (Eurofins) toimesta.

Puun piikkikosteusmittaukset

Puun piikkikosteusmittaukset tehtiin GANN Hydrotest LG3 -mittalaitteella (mittausanturi M16 / M18). Mittaus perustuu puun sähkönjohtavuuden mittaamiseen ja mittaustulokset luetaan suoraan mittalaitteen näytöltä.

Tavoite-, ohje- ja viitearvot

Puun kosteuden ollessa 20 paino-% voi puun lahoaminen alkaa (lämpötilan ollessa yli 0 °C). Esimerkiksi sisälämpötilan ollessa 22 °C ja suhteellisen kosteus 50 % on puun tasapainokosteus n. 9,5 paino-%.

2.1.2 Rakenneavaukset

Rakennetutkimuksissa tutkittavaan rakennukseen tehtiin rakenneavauksia, joista aistinvaraisesti todettiin päärakennetyyppien toteutus ja kunto. Lisäksi otettiin tarvittaessa materiaalinäytteitä mikrobiutkimuksiin. Pölyn leviäminen rakenneavauksia tehtäessä estettiin kohdepoistoa käyttämällä (H-luokan imuri). Rakenneavauksiin tehtiin ainoastaan väliaikaiset, ilmatiiviit paikkaukset. Rakenneavaukset ja materiaalinäytteet on merkitty liitteen 1 pohjakuviin ja tekstissä olevat tilanumeroinnit viittaavat ko. pohjakuvan numerointiin. Materiaalinäytteiden tulokset on merkitty tekstin joukkoon ja kuviin kolmiportaisella värikoodilla: **vihreä** – ei poikkeavaa mikrobikasvua, **oranssi** – ei aktiivista kasvua, näyte on lajistoltaan poikkeava ja **punainen** – aktiivista mikrobikasvua. Vastaavaa värikoodausta ongelman/vaurion asteesta on sovellettu myös muihin näytteisiin.

2.1.3 Mikrobinäytteet materiaaleista

Näytteenottopaikat perustuivat lähtötietoihin ja kohteessa tehtyihin havaintoihin. Näytteet pyrittiin ottamaan vaurioituneimmasta kohdasta tai sellaisesta kohdasta rakennetta, jossa vaurioitumisen todennäköisyys on suurin. Näytteenottopaikat on merkitty liitteen 1 pohjakuviin.

Suoraviljelymenetelmä

Materiaalinäytteet kerättiin puhtailla välineillä puhtaaseen muovipussiin ja toimitettiin viimeistään kolmen päivän sisällä analysoitavaksi laboratorioon. Näytteet analysoitiin suoraviljelymenetelmällä akkreditoidussa ja Ruokaviraston hyväksymässä laboratoriossa (Turun yliopisto, Aerobiologia).

Mikrobinäytteiden viitearvot – suoraviljelymenetelmä

Suoraviljelymenetelmän tulokset ilmoitetaan käyttäen + -asteikkoa seuraavasti:

Taulukko 1. Suoraviljelymenetelmän tulosasteikko (1).

Tulos	Merkitys
-	Ei mikrobeja
+	1 - 19 pesäkettä (niukasti mikrobeja)
++	20 - 49 pesäkettä (kohtalaisesti mikrobeja)
+++	50 - 199 pesäkettä (runsaasti mikrobeja)
++++	≥ 200 pesäkettä (erittäin runsaasti mikrobeja)

Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua (2). Lämmöneristeiden osalta rajataan pois lämmöneristeet, jotka ovat suoraan kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, ellei rakenteesta ole vahvistettua ilmayhteyttä sisätiloihin (1).

Rakennusmateriaalissa **voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa**, kun suoraviljelyllä materiaalinäytteessä havaitaan elinkykyisiä sieni-itiöitä ja/tai aktinomykeettejä runsaasti (+++/++++). Suoraviljelyn tulokset **voivat viitata mikrobikasvustoon** silloin, kun mikrobeja on kohtalaisesti tai niukasti, mutta lajistossa on kosteusvaurioindikaattoreita. (1)

Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteusvauriota, vaikka mikrobikasvua ei välttämättä ole ehtinyt muodostua. Kosteusvaurio voidaan todeta näkyvänä kosteusvauriojälkenä tai pintakosteusosoittimen tai rakennekosteusmittausten avulla. Pintakosteusosoittimen antama positiivinen tulos (osoittimen näytämä mittaustulos on kostealla/märällä alueella) tulee varmentaa rakennekosteusmittauksen avulla ennen kuin toimenpiderajan katsotaan ylittyneen. (1)

Toimenpiderajan ylittävä lahovaurio voidaan todeta puurakenteen näkyvänä muutoksena tai mekaanisena lujuuden menetyksenä. Aistinvaraisen arvion perusteella todettuna toimenpiderajan ylittymisenä pidetään kosteusvauriojäljen lisäksi sekä homeen hajua että näkyvää mikrobikasvustoa. (1)

Kuivan näytteen viljely suositellaan tehtäväksi viimeistään viiden päivän sisällä näytteenotosta. Kosteä näyte suositellaan viljeltävän näytteenottoa seuraavana päivänä, koska kosteuden voidaan ajatella vaikuttavan mikrobipitoisuuteen säilytyksen aikana. Näytteet säilytetään kylmässä (+4 - +8 °C) ennen viljelyä sekä mahdollisen suoramikroskopointitarpeen ja/tai uudelleenviljelytarpeen varalta. (1; 3)

2.1.4 Ilmavuototutkimukset merkkiaineella

Merkkiainetutkimuksella selvitettiin RT 14-11197 -ohjekortin (4) mukaisesti rakenteiden tiiveyttä sekä ilmavuoja alueilta, jotka voivat heikentää sisäilman laatua. Merkkiainetta (viisiprosenttista vedyn ja typen seosta) laskettiin tutkittavaan tilaan tai rakenteeseen ja sen kulkeutumista sisäilmaan havainnoitiin vetyilmaisimella (Adixen 9012 XRS Hydrogen Leak Detector). Merkkiainetutkimuksen edellyttämä paine-ero (n. 10 Pa) tutkittavan rakenteen yli saatiin aikaiseksi rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän avulla. Paine-eroa tutkittavan rakenteen yli seurattiin paine-eroantureilla. Havaitut ilmavuotopaikat on esitetty pohjakuvaliitteessä (liite 2). Tutkimusten apuna käytettiin merkkitäplää.

Tulosten tulkinta

Ilmavuotohavainnot luokiteltiin soveltaen RT 14-11197 -ohjekorttia: "Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein" pistemäisiksi, vähäisiksi tai merkittäviksi.

2.1.5 Lämpökuvaus

Sisävaipan erityyppisten liitosrakenteiden (seinä- ja lattialiitokset, ikkuna-seinäliitokset, seinä-kattoliitokset, läpiviennit) tiiveyttä tarkasteltiin lämpökameralla. Kuvat tehtiin RT 14-11239 Rakennuksen lämpökuvaus -ohjekorttia (5) soveltaen ja kuvausraportti on liitteenä 3.

Kuvausaikana ulkoilman lämpötila oli +6 °C. Ulkona oli puolipilvistä, tuulen nopeus oli n. 5 m/s pohjoisesta. Sisäilman lämpötila oli 20 - 22 °C ja suhteellinen kosteus 20 - 30 %. Rakennuksen paine-ero ulkoilmaan nähden oli -5 Pa ... -2 Pa.

2.2 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

2.2.1 Painesuhteet

Ilman kulkusuuntien sekä ilmanvaihdon yleisen toiminnan selvittämiseksi rakennuksessa suoritettiin n. 2 viikon mittaisia paine-eroseurantamittauksia rakennuksen ulkovaipan yli sekä eri tilojen välillä. Mittauksissa käytettiin etäluettavia paine-eroantureita (lotsu L2 DP01, Sensirion SDP800, mittausalue ± 50 Pa, mittaustarkkuus ± 1 %) ja tulokset tallennettiin 2,5 minuutin välein LoraWAN yhteyden kautta pilvipalvelimelle (AWS, Amazon Web Services). Mittausten aikana ilmanvaihtojärjestelmä oli tavanomaisissa käyttöasetuksissaan. Mittauspaikat on esitetty liitteen 2 pohjakuvissa.

Painesuhteiden ohjearvot

Rakennus, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, suunnitellaan ulkoilmaan nähden alipaineiseksi. Rakennuksen ali- tai ylipaineisuus vaikuttaa mm. rakenteiden läpi kulkevan vuotoilmavirran suuntaan ja huoneilman kosteuden tiivistymisriskiin pinnoilla tai rakenteissa. Jos rakennus on ylipaineinen ulkoilmaan nähden ilmanvaihdon toiminnasta johtuen, tulee ylipaineen syy selvittää ja ilmanvaihtoa tasapainottaa. Rakennuksen alipaine ulkoilmaan nähden ei saa olla yli 30 Pa. Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta (6). Jos rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pa, tulee sen syy selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuksien mukaan tasapainottaa. (1)

Rakennuksen käyttöajan ulkopuolisen ilmanvaihdon tulee olla sellainen, että rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan ei aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa. Tämän lisäksi käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihto ei saa aiheuttaa epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin esimerkiksi korvausilman puutteesta syntyneen liiallisen alipaineisuuden vuoksi. (1)

2.2.2 Sisäilman olosuhdeseurannat

Tiloissa tehtiin sisäilman olosuhteiden (lämpötila, suhteellinen kosteus, hiilidioksidipitoisuus) seuranta jatkuvatoimisilla loggereilla (Tinytag) n. kahden viikon ajan. Tulokset tallennettiin mittalaitteeseen 5 minuutin välein.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on $2\ 100\ \text{mg/m}^3$ (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (2). Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on n. 400 ppm.

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta voidaan pitää ihmisistä peräisin olevien epäpuhtauksien esiintymisen indikaattorina ja sen perusteella voidaan arvioida ilmanvaihdon riittävyttä tilojen käyttöön nähden. Tilanteissa, joissa ilmanvaihto on todettu tämän asetuksen mukaiseksi, mutta ilmanvaihto on riittämätön suhteessa tilojen epätaivomaiseen käyttöön, on terveyshaitan ehkäisemiseksi ensisijaisesti tehtävä muutoksia tilojen käyttötapaan. Hiilidioksidi itsessään ei aiheuta kyseisissä pitoisuuksissa terveyshaittaa. (1)

Sisäilmastoluokitus 2018 (7) mukaiset tavoitearvot sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle (suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus) ovat:

- < 350 ppm; luokka S1, yksilöllinen sisäilmasto
- < 550 ppm; luokka S2, hyvä sisäilmasto
- < 800 ppm; luokka S3, tyydyttävä sisäilmasto.

Sisäilmastoluokitus 2018 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden apuna, kun tavoitteena on rakentaa entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisen lisäksi soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa

Huoneilman lämpötilan toimenpideraja

Toimenpideraja huoneilman lämpötilalle palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa on lämmityskaudella 20 - 26 °C (1).

Toimistoympäristöissä ei työntajaa sitovia lämpöoloja ole määritelty. Työsuojeluhallinnon lämpötilasuositus kevyessä istumatyössä on 21 - 25 °C. Työnantajan on ryhdyttävä työolojen parantamiseen erityisesti, kun työpaikan ilman lämpötila ylittää 28 °C tai alittaa kevyessä istumatyössä lämpötilan 20 °C. (8)

Sisäilmastoluokitus 2018 (7) mukaiset tavoitearvot sisäilman lämpötiloille lämmityskaudella ovat:

- 21 - 22 °C; luokka S1, yksilöllinen sisäilmasto
- 20 - 22 °C; luokka S2, hyvä sisäilmasto
- 20 - 23 °C; luokka S3, tyydyttävä sisäilmasto.

Huoneilman suhteellinen kosteus

Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä (2). Asetuksessa ei säädetä tarkkoja suhteellisen kosteuden rajoja, joiden välillä ilman suhteellinen kosteus (RH %) voi vaihdella. Huoneilman suhteellisen kosteuden suosituksena on aiemmin ollut 20 - 60 %. Tämän lisäksi on todettu, että sen saavuttaminen ei ole aina mahdollista muun muassa ilmastolisistä syistä, eikä näistä arvoista poikkeamista voida pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät. Toisaalta kylminä pakkasjaksoina huoneilman 60 % suhteellinen kosteus aiheuttaa jo suuren mikrobikasvun riskin rakenteiden sisäpintojen kylmimmissä kohdissa. (1)

Työsuojeluhallinnon suosituksen mukaan ilman suhteellinen kosteus tulisi työpaikoilla olla noin 30 - 50 prosenttia (8).

2.2.3 Teolliset mineraalikuidut

Teollisten mineraalikuitujen määrää sisäilmassa arvioitiin geeliteippinäytteiden avulla vuonna 2021 päivitetyn Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (1) osan III mukaisesti. Tutkittavasta tilasta otettiin vähintään kolme näytettä. Näytteet kerättiin geeliteipeillä kahden viikon aikana laskeutuneesta pölystä suoraan huonepinnoilta, jotka mittausjakson alkaessa oli puhdistettu. Kuitujen lukumäärä laskettiin valomikroskoopin avulla Turun yliopiston Aerobiologian akkreditoidussa laboratoriossa.

Teollisten mineraalikuitujen viitearvot

Teollisten mineraalikuitujen toimenpiderajana on kahden viikon pölylaskeumasta määritettynä 0,2 kuitua/cm² (2).

Tuloksena ilmoitetaan tutkittavasta tilasta otettujen näytetulosten keskiarvo, jota verrataan toimenpiderajaan mittausepävarmuus huomioon ottaen. (1)

Teollisia mineraalikuituja ovat mm. keraamiset kuidut, eristevilla- ja lasikuidut. Keraamisia kuituja tavataan pääasiassa teollisuudessa (metalliteollisuus, energiantuotanto), joten niiden esiintyminen toimistoympäristössä on epätodennäköistä. Eristevillojen pääkäyttötarkoitus on lämmön tai äänen eristys. Kuidut ovat epäsäännöllisen muotoisia ja kokoisia. Niitä valmistetaan keräyslasista (lasivilla), kiviaineksesta (vuorivilla eli kivivilla) ja kuonasta (kuonavilla). Villatuotteet myydään levyinä, mattoina tai kouruina. Eristevillakuitujen poistumisaika elimestöstä on muutamia viikkoja tai kuukausia; ne eivät todennäköisesti aiheuta pitkäaikaisia terveysvaikutuksia. Eristevillakuidut aiheuttavat ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä, ja ne saattavat altistaa ylähengitysteiden tulehduksille. Eristevillakuiduissa sideaineena käytetty fenoliformaldehydihartsia voi herkistää ihoa ja limakalvoja. (9)

Teollisten mineraalikuitujen lähteitä sisäympäristössä ovat esimerkiksi ilmanvaihtolaitteistojen rikkoutuneet äänenvaimentimet, vanhentuneet tai rikkoutuneet mineraalikuituiset akustiikkalevyt huonetoiloissa sekä avonaiset mineraalivillaaeristeet tai lämmöneristekerroksen kautta kulkevat ilmavuodot. (1)

2.2.4 Kloorianisolit sisäilmasta

Kloorianisolit ovat haihtuvia yhdisteitä, joita syntyy mikrobien hajottaessa kloorifenoleilla kyllästettyä puumateriaalia. Kloorifenoleita on käytetty pääosin 1930 - 1980 -luvulla estämään puun lahoamista, sinistymistä ja homeen muodostumista. Kloorianisoliin hajukynnys on hyvin matala, minkä vuoksi jo pienetkin pitoisuudet havaitaan tunkkaisena, ns. mummon mökin hajuna, joka tarttuu vaatteisiin, hiuksiin ja irtaimistoon.

Sisäilman 10 yleisimmän kloorianisolin pitoisuudet määritettiin sisäilmasta kerättävillä näytteillä. Näytteet kerättiin pumpun avulla Tenax-TA-absorbenttiin ja analysoitiin Labroc Oy:n akkreditoidussa laboratoriossa CG/MS-laitteistolla.

Tulosten tulkinta

Kloorianisoleille sisäilmassa ei ole toimenpiderajoja tai viitearvoa, eivätkä ne nykytiedon mukaan aiheuta terveyshaittaa havaittuna pitoisuuksina. Hajua pidetään kuitenkin epämiellyttävänä. Analyysiä voidaan pitää poisulkevana tunkkaisen hajun syytä selvitetessä. (10)

3 Rakennetekniset tutkimukset

3.1 Alapohjat

3.1.1 Kellari- ja ryömintätilat

Kellaritiloissa alapohja- ja seinärakenteet ovat jatkuvan poikkeavan kosteusrasituksen alla ja tiloista havaittiin merkittävää ilmavuotoa rakennuksen sisälle. Kohtuullisesti tuulettuvaan ryömintätilaan ei ole kulkuyhteyttä. Tuuletusaukkojen kautta tehtyjen havaintojen perusteella alapohjan puurakenteet ovat pääosin hyväkuntoiset, puurunko on tuettu maaperästä luonnonkivin. Tilassa kulkee asbestieristeisiä putkia ja tilan pohjalla on jonkin verran herkästi kosteusvaurioituvaa orgaanista materiaalia. Ryömintätilasta on systemaattisia, merkittäviä ilmavuotoja sisätiloihin.

Rakennuksen puurakenteinen alapohja on lähtötietojen mukaisesti pääosin ryömintätilainen. Ainoastaan tilojen 106 ja 116 alla on osin kellaritilaa. Lähtötietojen perusteella kellaritiloihin on toistuvasti päässyt ainakin tulvien yhteydessä vettä. Tutkimusten aikana tilan 106 alla olevan kellarin lattialla oli vettä, ja seinien alaosat olivat monin paikoin rapautuneet (Kuva 17). Kellaritilan yläpuolinen välipohja on puurakenteinen (Kuva 18). Kellaritilan seinissä oli luokkuja ympäröivään ryömintätilaan, joissa kulkevien putkien eristeet sisältävät todennäköisesti asbestia (Kuva 19). Kellarin idän puoleisella seinällä muottilaudat oli jätetty ryömintätilaan (kuva 20). Arviointikäynnin havaintojen perusteella myös tilan 116 alla oleva kellaritila on vastaavassa kunnossa.



Kuva 17. Huoneen 106 alapuolisen kellarin lattialla oli vettä ja tilan seinärakenteet olivat paikoin pahoin rapautuneet.



Kuva 18. Kellaritilan yläpuolinen välipohja on puurakenteinen.



Kuva 19. Kellaritilan seinässä oli luokkuja ryömintätilaan, jossa kulkevien putkien eristeet sisältävät todennäköisesti asbestia.



Kuva 20. Kellaritilan itäseinällä ryömintätilaan oli jätetty muotti-/tukilautoitusta.

Ryömintätilaan ei ollut käyntiluukkua ja tilaa tarkasteltiin sokkelin tuuletusaukkojen kautta. Kellarin lännen puoleisilla seinillä ei ryömintätilan puolella ollut muottilaudoitusta (Kuva 21). Alapohjan puurunko ja ryömintätilan vastainen laudoitus oli tarkastuskohdissa aistinvaraisesti hyväkuntoista, runko on tuettu luonnonkivin (Kuva 22). Ryömintätilan pohjalle on jätetty jonkin verran orgaanista materiaalia, mm. puutavaraa.



Kuva 21. Kellarin lännen puoleisella seinällä ei ryömintätilan puolella ollut laudoitusta. Kuvassa myös kellarin tuuletusluukku.



Kuva 22. Alapohjan runko on tuettu luonnonkivin. Ryömintätilan pohjalle on jätetty jonkin verran orgaanista materiaalia, mm. puutavaraa.

Pistokoemaisesti tehdyin merkkiainetutkimuksin havaittiin kellarista ja ryömintätilasta merkittävää ilmavuotoa yläpuolisiin tiloihin. Laskettaessa merkkiainetta huoneen 106 alapuoliseen kellaritilaan (MA1, liite 1), havaittiin merkittävää ilmavuotoa tuulikaappiin sekä vähäistä vuotoa huoneeseen 106 tuulikaappiin johtavan oven kynnyksen juuresta. Kellarin viereen ryömintätilaan laskettua merkkiainetta (MA2, liite 1) vuosi huoneeseen 106 ulkoseinustalta: patteriputkien alapohjan läpiviennin kautta todettiin merkittävä ilmavuoto ja alapohjan ja ulkoseinän liitoksesta vähäinen ilmavuoto (kuvat 23 ja 24).



Kuva 23. Ryömintätilasta havaittiin merkittävää ilmavuotoa (punainen korostus) patteriputkien läpiviennin kautta.



Kuva 24. Ulkoseinän ja alapohjan liitoksesta havaittiin vähäistä ilmavuotoa (keltainen) ryömintätilasta tilaan 106.

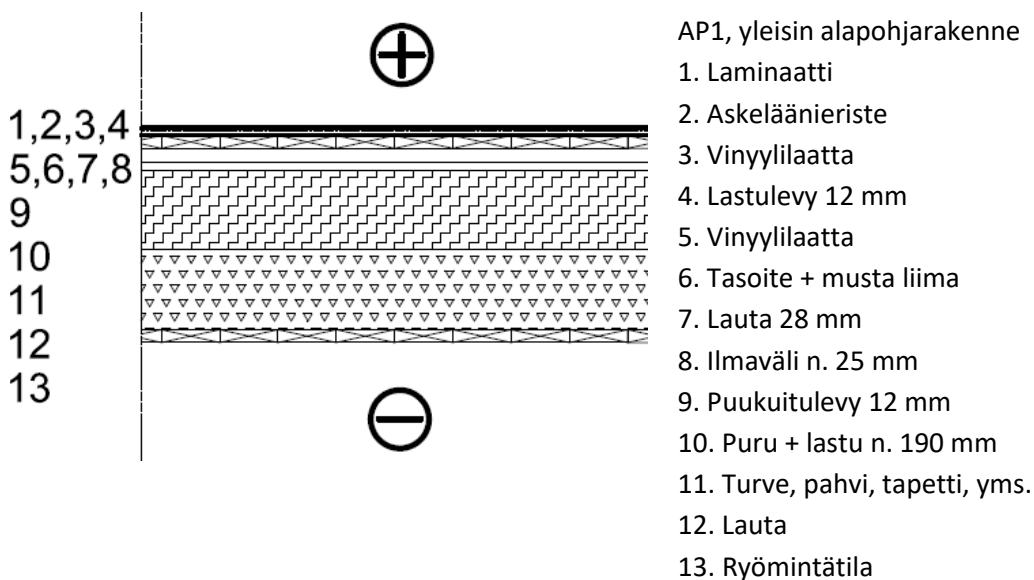
Laskettaessa merkkiainetta ryömintätilaan rakennuksen pohjoispäädyssä (MA3, liite 1) havaittiin merkittävää ilmavuotoa huoneiden 111 ja 112 väliseinän kohdalta ulkoseinän ja alapohjan liittymästä.

Erikseen tehdyssä lämpökuvauksessa (liite 3) havaittiin systemaattisia merkittäviä ilmavuotoja alapohjasta sekä ulko- että väliseinien liittymistä.

3.1.2 Alapohjarakenteet

Rakennuksen puurakenteisesta alapohjaa on avausten havaintojen perusteella korjattu ja uusittu useaan kertaan ja rakenteeseen on jätetty mm. useita pintamateriaalikerroksia, joista osa todennäköisesti sisältää asbestia. Rakenteen yläosan lastu- ja puukuitulevyissä esiintyy seinien läheisyydessä todennäköisesti liiallisesta pesuvesien käytöstä aiheutuneita kosteusvaurioita ja -jälkiä. Lisäksi rakenteessa on useita orgaanisia täyttömateriaaleja, jotka ovat vähintään paikallisesti kosteus- ja mikrobivaurioituneita. Alapohjista on merkittäviä ilmavuotoja sisälle. Lattian painumisten syytä on todennäköisesti kellariperustuksen ja pistemäisen kuorman aiheuttavien luonnonkiviperustusten erilainen painuminen maaperään.

Rakennuksen alapohja on lähtötietojen mukaisesti puurakenteinen. Rakenneavausten R2, R3, R7 ja R22 perusteella määritetty alapohjarakenne on esitetty kuvassa 25. Perusrakenne oli sama koko rakennuksessa pintamateriaaleja ja eristekerroksen materiaalivehteluja lukuun ottamatta.



Kuva 25. Rakenneavausten perusteella määritetty alapohjarakenne AP1 oli eristekerroksen vaihteluja lukuun ottamatta sama koko rakennuksessa.

Tilan 106 puolelta tilan 107 vastaisen väliseinän vierestä tehtiin avaus R2 kohtaan, jossa lattia on selvästi painunut. Lattian pintamateriaalina oli askeläänieristeen päälle asennettu laminaatti. Näiden alla oli lastulevyllä toisistaan erotetut kaksi aiempaa vinyylilaattapäällystettä, joista alemman kiinnityksessä oli käytetty mustaa liimaa, joka sisältää todennäköisesti asbestia (kuva 26). Lattiapäällysteiden alla rakenteessa oli 28 mm laudoitus, jonka alla oli ohut ilmaväli, puukuitulevy ja sekalainen eristemateriaalitäyttö sisältäen mm. purua, lastua, pahvia, tapettia ja sanomalehtipaperia (kuvat 27 ja 28). Sanomalehden päiväyksen (1947) perusteella rakennetta on uusittu lähtötietojen perusteella 1920-luvulle sijoittuneen rakennusvaiheen jälkeen. Rakenteen lastulevy oli selvästi kosteusvaurioitunut väliseinän vierestä ja myös puukuitulevyssä oli selviä kosteuden aiheuttamia jälkiä. Jälkien perusteella kosteus on todennäköisesti tullut rakenteeseen yläkautta esim. liiallisen pesuveden käytön takia. Purutäytöstä otetussa näytteessä **M1** oli vain niukasti elinkykyisiä mikrobeja ja lajistossa esiintyi kosteusvaurioindikaattoreita vain yksittäisiä pesäkkeitä (Taulukko 2).

Huoneen 106 ulkonurkasta tehdyssä avauksessa R3 havaittiin myös voimakkaita kosteuden aiheuttamia jälkiä puukuitulevyssä (kuva 29). Sekä puru- ja lastueristeestä että näiden alla olleesta turvepehkusta otetuissa näytteissä (**M2** ja **M3**) esiintyi poikkeavaa mikrobikasvua. Huoneen 106 lattiarakenteen painumisten syyt eivät

kuitenkaan suoraan selittyneet avausten kautta havaittujen puurakenteiden kunnolla. Lattian painuminen alkaa kuitenkin jo alapuolisen kellaritilan ulkoseinien linjalta. Kellarin kivirakenteiset seinät tukeutuvat kellarin alapohjan betonilaattaan, jota maa-aines ilmeisesti kannattaa paremmin kuin pistemäisen kuorman tuottavia luonnonkiviperustuksia tai väliseinien alla olevia kapeita kiviaineisia perustuksia.



Kuva 26. Alapohjarakenteeseen on jätetty useita aiempia pintamateriaaleja, joista osa todennäköisesti sisältää asbestia (mm. kuvan musta liima).



Kuva 27. Purutäytön yläpuolisessa puukuitulevyssä on kosteuden aiheuttamia jälkiä väliseinälinjan lähellä.



Kuva 28. Purutäytön joukossa havaittiin myös mm. lastuja, pahvia, tapettia, turvetta ja sanomalehtipaperia.



Kuva 29. Myös huoneen 106 ulkonurkassa puukuitulevy on kastunut jossain vaiheessa.



Kuva 30. Huoneen 106 ulkonurkassa ulkoseinän hirsien vieressä puru- ja turvetäytöt olivat mikrobivaurioituneet.



Kuva 31. Alapohjaan oli mahdollisesti eristekerroksen painumisen vuoksi lisätty myös ns. ureavaahtoa.

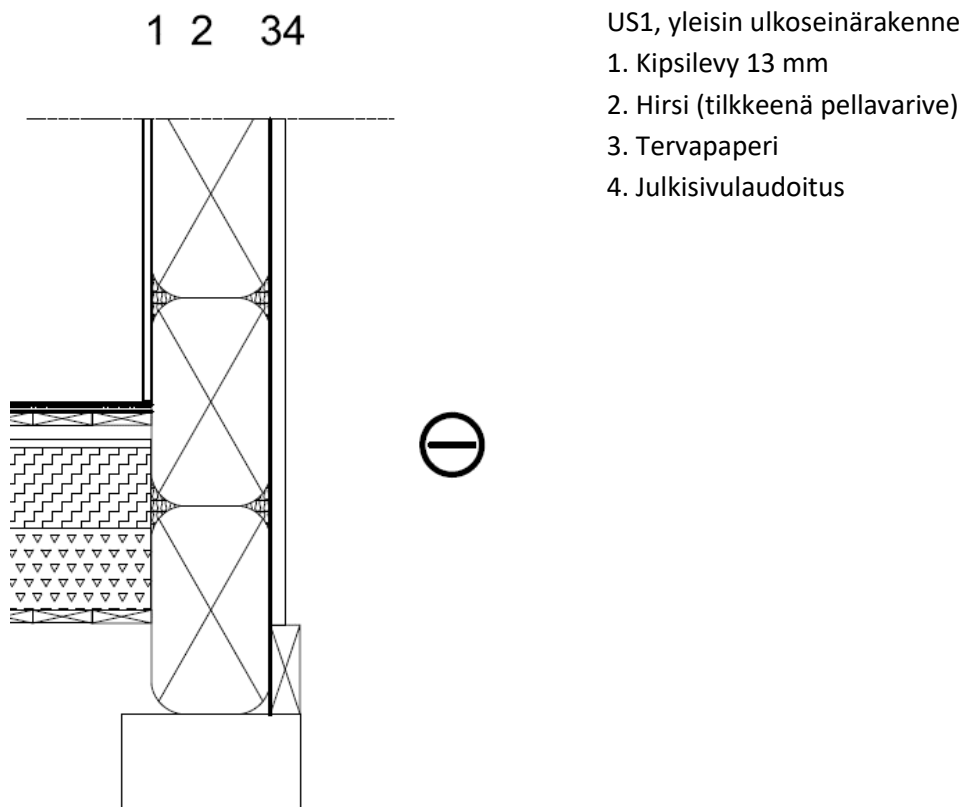
Huoneen 106 alapohjaan/kellarin vastaiseen välipohjaan sekä huoneen 101 alapohjaan tehdyissä avauksissa (R22 ja R7) rakenne vastasi edellä kuvattuja. Huoneen 106 puru- ja turve-eristetäyttöä oli täydennetty ureaformaldehydivaahdolla ("ureavaahto, hölynpöly"). Täytöstä otetussa näytteessä (M21) oli vain kohtalaisesti

elinkykyisiä mikrobeja, mutta valtalajistona oli kohtalaisena pitoisuutena (++) esiintynyt kosteusvaurioon viittaava *Aspergillus restricti* -lajiryhmä, mitä voidaan pitää poikkeavana. Huoneen 101 alapohjan turvetäytöstä otetussa materiaalinäytteessä **M6** ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa.

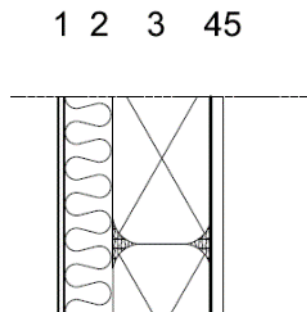
3.2 Ulkoseinät

Rakennuksen ulkoseinät ovat toisen kerroksen alaosiin asti hirsirunkoiset ja rakennuksen päätyseinissä sisäpuolelta lisälämmöneristetyt. Hirsiseinän alaosissa on paikallisia kosteus- ja lahovauriota etenkin rakennuksen itäseinustalla ja alimpien hirsien välissä olevassa pellavariveessä. Toisen kerroksen seinät ovat vesikatto-muodon vuoksi ikkunaulokkeita lukuun ottamatta tuotu kevytrakenteisena sisäänpäin. Näiden seinien puru- ja turvetäytöissä todettiin enintään yksittäisiä, paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Ulkoseinistä havaittiin systemaattisia, merkittäviä ilmavuotoja sisätiloihin.

Rakennuksen ulkoseinät ovat lähtötietojen perusteella hirsirakenteiset, yksittäisissä huoneissa lähinnä rakennuksen päätyseinä on lisälämmöneristetty sisäpuolelta mineraalivillaeristein. Ulkoseinien ja yläpohjan liittymässä rakenne vaihtelee enemmän. Rakenneavausten perusteella määritetyt ulkoseinärakenteet on esitetty kuvissa 32 ja 33.



Kuva 32. Yleisin ulkoseinärakenne US1.



US2. Sisäpuolelta lämmöneristetty ulkoseinä

1. Kipsilevy 13 mm
2. Mineraalivilla
3. Hirsi (tilkkeenä pellavarive)
4. Tervapaperi
5. Julkisivulaudoitus

Kuva 33. Sisäpuolelta lisälämmöneristetty ulkoseinärakenne US2.

Rakennuksen länsipuolella ulkoseinän alin hirsikerros lähtee suoraan luonnonkivisokkelin päältä. Sokkelin ja hirren välissä ei ole mitään erotuskaistaa, paikoin alin hirsi on irti sokkelista kuten luoteisnurkasta otetussa kuvassa 34. Alimman hirsikerran kuntoa arvioitiin pistokoemaisesti ulkoa puun kosteusmittauksin ja näitä varten tehtyjen porausten perusteella (Kuva 35). Idän puoleista seinustaa lukuun ottamatta hirret olivat kovia ja puun kosteudet matalia 8 - 13 p-%. Idän puoleisella seinustalla sokkeli on betonia. Kellariin johtavan portaikon vieressä porrashuoneen P1 kohdalla seinän alaosan laudoitus ja alin hirsi olivat pahoin lahovaurioituneet (kuvat 36 ja 37). Mittauksessa alimman hirren kosteudeksi saatiin erittäin märkä tulos, 37 p-%, joskin lahovaurioiden takia mittaukseen liittyy tavanomaista enemmän epävarmuutta. Myös varaston 113 tehdyssä tarkastuksessa seinän alaosan vaakalauta oli lahovaurioinen (Kuva 38), alimman hirren kosteus oli kuitenkin matala (Kuva 39).



Kuva 34. Rakennuksen luoteisnurkassa alin hirsi oli irti luonnonkivisokkelista.



Kuva 35. Alimman hirsikerran kuntoa arvioitiin puun kosteusmittauksin sekä tätä varten laudoituksen läpi hirteen poratuin rei'in.



Kuva 36. Kellariin johtavan portaikon kohdalla seinän alaosassa kulkeva vaakalauta oli pahoin lahovaurioitunut.



Kuva 37. Myös alin hirsi oli pehmeää ja kosteusmittauksen perusteella märkä.



Kuva 38. Varaston 113 kohdalla ulkoseinän vaakalaudoitus oli lahovaurioitunut...



Kuva 39. ...mutta alimman hirren kosteus oli kuitenkin matala.

Alinta hirsikertaa tarkasteltiin myös sisäkautta huoneen 106 ulkonurkasta (Kuvat 40 ja 41). Hirressä näkyvistä kosteusjäljistä huolimatta hirren puuaines oli kovaa ja alimman hirren kosteus oli n. 17 p-%. Alimpien hirsien välisestä pellavariveestä otetussa materiaalinäytteessä (**M4**) esiintyi aktiivista mikrobikasvua. Toisen kerroksen huoneen 214 seinän riveestä otetussa näytteessä (**M10**) ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa.



Kuva 40. Ulkoseinän alimpien hirsien kuntoa arvioitiin huoneen 106 ulkonurkkaan tehdyn rakenneavauksen kautta.



Kuva 41. Hirren sisäpinnassa havaittiin kosteuden aiheuttamaa tummentumaa, mutta puuaines oli kovaa. Hirsien välissä oleva pellavarive oli mikrobivaurioitunutta.

Huoneen 106 päätyseinää oli lisälämmöneristetty 100 mm kerroksella mineraalivillaa. Villasta otetussa materiaalinäytteessä (**M5**) ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Myös 2. kerroksen päätyseinässä huoneessa 210 oli lisälämmöneristetty. Avauksen **R20** perusteella sisäpinnan kipsilevyn takana 50 mm mineraalivillaa ja 450 mm ilmatila. Mineraalivillasta otetussa näytteessä M20 ei esiintynyt poikkeavaa mikrobistoa. Myöskään parvekkeen oven vieressä olevan kevytrakenteisen seinän mineraalivillanäytteessä **M12** ei ollut mikrobikasvua.

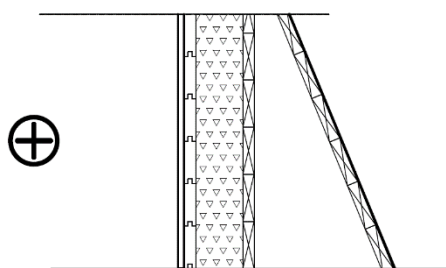
Rakennuksen hirsiseinä ulottuu suunnilleen 2. kerroksen lattiapinnan korkeuteen, suunnilleen räystäään tasolle (ks. myös kuva 13). Lisäksi länsipuolen ikkunoiden välit ovat hirsirakenteiset (kuvat 42 ja 43). Muualla kuin ikkunoiden kohdalla huoneiden seinäpintoja on tuotu mansardikaton muotoilujen vuoksi sisälle päin kevytrakenteisina. Ulkoseinän ja yläpohjan liittymässä huonetilojen seinä on kevytrakenteinen ja avausten R9, R10, R17 ja R18 perusteella, joko turve- tai purueristeinen. Eristeen ulkopinnassa on pahvi, laudoitus, mansardikaton jyrkän osan

mukaan vaihtelevan paksuinen ilmatila, harva laudoitus ja peltikate (kuvat 44 ja 46). Turve- ja purutäytöistä otetuista 6 materiaalinäytteestä yksi (M8) oli lajistoltaan poikkeava (Taulukko 2).



Kuva 42. Hirsiseinä ulottuu 2. kerroksen ikkunoiden alareunan tasolle, ikkunaväleissä ylemmäs.

1234567



Kuva 44. Ulkoseinän ja yläpohjan liittymä.



Kuva 45. Ikkunoiden vieressä toisen kerroksen ulkoseinä on tuotu sisälle kevytrakenteisena mansardikaton muotoiluun vuoksi.



Kuva 43. Huoneen 210 ulkonurkka on koteloitu mansardikaton muodon vuoksi.

Ulkoseinän ja yläpohjan liittymä

1. Kipsilevy 13 mm
2. Paneeli
3. Turve
4. Pahvi
5. Lauta
6. Ilmaväli
7. Lauta
8. Peltikate



Kuva 46. Hirsiseinän yläpuolinen rakenne kotelioimattomana ullakkotilana olevassa varastossa 201.

Vesikaton muotoiluun vuoksi eristepaksuudet jäävät etenkin katon jyrkimmän osan yläosassa vähäisiksi, mikä näkyy etenkin porrashuoneen P2 yläosien lämpökuvissa (Liitteen 3 kuvat 31 ja 32).

3.3 Väliseinät

Rakennuksen väliseiniä tutkittiin 1. kerroksesta avauksin R1 ja R23, joiden perusteella kantavat väliseinät ovat joko tiili- tai hirsirunkoiset. Huoneiden 106 ja 107 välisen seinän tiilimuuraus lähtee alapohjan sisältä betoniprustusten päältä (Kuvat 47 - 49). Muurauksen molemmiin puolin on huonekorkeudella 30 mm ilmatila,

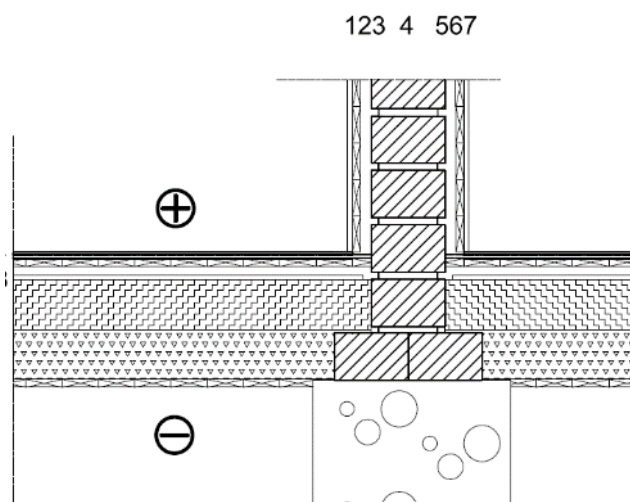
vaakalaudoitus ja kipsilevy sisäpintana. Väliseinän ja alapohjan liitoksen toteutus selittää lämpökuvauksessa havaitut ilmavuodot. Huoneen 116 ja käytävän 100 väliseinä on hirttä, jonka molemmin puolin on ohut ilmaväli ja kipsilevytys.



Kuva 47. Huoneiden 106 ja 107 välisen kantavan väliseinän tiilimuuraus lähtee alapohjan sisältä betoniperustuksen päältä.



Kuva 48. Väliseinän tiilimuurauksen molemmin puolin on 30 mm ilmaväli, laudoitus ja kipsilevy sisäpintana.



Kuva 49. Kantava tiiliväliseinä, tarkastettu huoneiden 106 ja 107 välistä.

VS1, kantava tiiliväliseinä

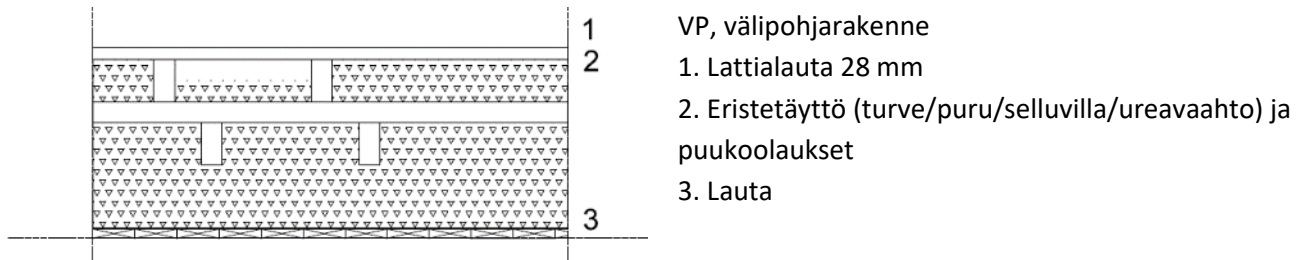
1. Kipsilevy 13 mm
2. Lauta 22 mm
3. Ilmaväli 30 mm
4. Tiili + tasoite
5. Ilmaväli
6. Lauta
7. Kipsilevy

3.4 Välipohjat

Rakennuksen välipohjat ovat puurakenteisia ja niiden täyttönä on orgaanisia materiaaleja, mm. purua ja turvetta. Materiaalinäytteiden perusteella täytöissä esiintyy kuitenkin vain yksittäisiä, paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Välipohjissa on lämpökuvauksen perusteella tavanomaisesta poiketen useita jäähtyneitä

alueita jopa rakennuksen keskiosissa. Välipohjia jäähdyttää ilmavuodot kylmästä porrashuoneesta sekä mm. räystästuuletuksen ohjautumisesta ulkoseinien ilmavuotoreittien kautta välipohjatäytön ja lattialautojen väliin. Ilmavuotojen kautta välipohjista voi kulkeutua epäpuhtauksia ja hajuja sisäilmaan.

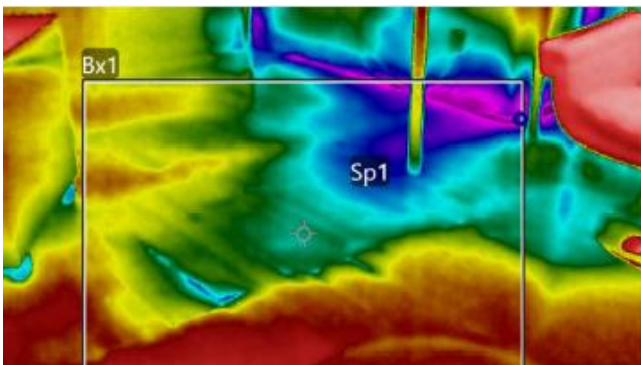
Avauksin varmistettu puurakenteisten välipohjien perusrakenne on esitetty kuvassa 50. Rakenteen päälle on osassa huoneita asennettu jälkikäteen uusia lattiapäällysteitä tai korotuksia. Täyttökerroksen eristemateriaaleina havaittiin turvetta, purua, selluvillaa sekä ureavaahtoa. Näistä otetuista viidestä materiaalinäytteestä yhdessä (M14) esiintyi aktiivista mikrobikasvua (Taulukko 2).



Kuva 50. Rakennuksen välipohjien (VP) perusrakenne.

Lämpökuvauksessa havaittiin välipohjarakenteissa tavanomaisesta poiketen laajoja kylmiä alueita ja ilmavuotoja jopa rakennuksen keskiosissa. Kylmiä alueita havaittiin ainakin tiloissa 101, 104, 105, 106, 117, 200, 202, 209, 214. Osa kylmistä alueista selittyy porrashuoneen P1 lämpötilalla, joka lämpökuvauksen aikana oli ulkoilmaa kylmempi. Kylmä porrashuone ja sieltä mm. tiivistämättömien läpivientien kautta viereisiin tiloihin leviävä kylmä ilma selittää ainakin lämpökuvien 13,14,16,17, 24, 27, 45 ja 46 (liite 3) havainnot.

Huoneen 214 lattian jäähtyneelle alueelle tehdyn rakenneavauksen R8 perusteella lattiaautoituksen ja turveristeen välissä muutaman sentin paksuinen ilmatila (kuvat 51 ja 52). Myös välipohjan tasolla olevan ylimmän seinähirren päällä on n. 5 cm rako, jonka läpi yläpohjan räystästuuletus ohjautuu välipohjaan.



Kuva 51. Lämpökuva huoneen 214 lattian jäähtyneestä alueesta.



Kuva 52. Rakenneavaus R8 huoneen 214 jäähtyneelle alueelle.

Huoneeseen 202 tehdyn välipohja-avauksen R16 kautta todettiin tuulikaapin 102 päällä olevan n. metrin korkeisen, ulkoseinään rajoittuvan koteloidun ilmatilan. Huoneessa 204 välipohjaa on korotettu parvekkeen edustalla, jolloin alkuperäisen purueristuksen päälle on lisätty selluvillaa. Materiaalinäytteiden perusteella purueriste on kosteus- ja mikrobivaurioitunutta (M14), selluvillassa ei havaittu poikkeavaa mikrobistoa (M13).

3.5 Yläpohjat

Puurakenteisen yläpohjan puru- ja turvetäytöissä esiintyy materiaalinäytteiden perusteella yksittäisiä paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakenteesta puuttuu höyrynsulku ja vesikaton muotoilusta johtuen lämmöneristekerrokset jäävät paikoin ohuiksi. Näiden vuoksi lämpökuvauksessa todettiin massiivisia ilmapuotoja ja jäähtyneitä alueita yläpohjarakenteissa.

Rakennuksen yläpohjat ovat puurakenteisia ja alkujaan turve- ja purueristettyjä (Kuvat 53 ja 54). Alkuperäisten eristeiden päälle on lisätty puhallusvillaa. Rakenteessa ei ole höyrynsulkua ja lämpökuvauksissa yläpohjasta havaittiin massiivisia ilmapuotoja sisätiloihin, jotka suurelta osin selittävät 2. kerroksen huonetiloissa koetut hajuhaitat. Periaatekuva yläpohjarakenteesta on esitetty kuvassa 55 ja mansardikaton jyrkimmän osan kohdalta rakennuksen ulkoseinustoilla kuvassa 44.



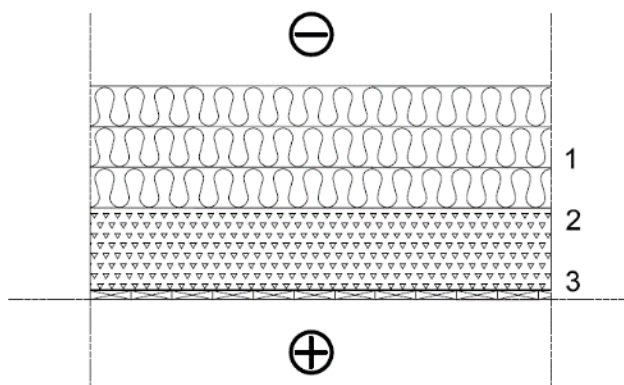
Kuva 53. Yläpohjaa on lisälämmöneristetty puhallusvillalla, joka osin tukkii räystästuuletuksen ullakotilaan.



Kuva 54. Puhallusvillan alle on jätetty alkuperäiset puru- ja turve-eristeet.

YP, yläpohjarakenne

1. Puhallusvilla 200 - 300 mm
2. Turve/puru 200 - 300 mm
3. Lautta



Kuva 55. Periaatekuva rakennuksen yläpohjarakenteesta.

Yläpohjan puru- ja turvetäytöistä otetuista neljästä materiaalinäytteestä yhdessä (**M23**) esiintyi aktiivista mikrobikasvua (Taulukko 2). Vesikaton puurakenteet olivat hyväkuntoiset ja peltivesikate hiljattain uusittu (kuvat 56 ja 57). Mansardikaton muotoilun vuoksi sen jyrkimmän lappeen yläosissa eristekerros jää melko ohueksi ja räystästuuletus ohjautuu tuuletusraon paikoin tukkivan puhallusvillan ja ulkoseinäliitoksen ilmapuotoreittien

kautta osin ulkoseinä- ja välipohjarakenteisiin. Eristepuutteet, ilmavuodot ja höyrynsulun puuttuminen selittävät lämpökuvauksissa havaitut kylmenneet alueet ja ilmavuodot.



Kuva 56. Vesikaton puurakenteet olivat hyväkuntoiset.



Kuva 57. Peltivesikate on uusi ja hyväkuntoinen.

3.6 Yhteenveto mikrobituloista

Rakenneausten yhteydessä otettujen materiaalinäytteiden analyysitulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 2 ja analyysivastaus liitteenä 4. Tulosten perusteella alapohjarakenteen orgaanisissa eristemateriaaleissa esiintyy vähintään paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Lisäksi alimmissa hirsissä on paikallisia lahovaurioita. Ulkoseinärakenteissa sekä ylä- ja välipohjarakenteissa esiintyy materiaalinäytteiden perusteella enintään yksittäisiä paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita.

Taulukko 2. Yhteenveto Tappiskoulun materiaalinäytteiden mikrobianalyysin tuloksista.

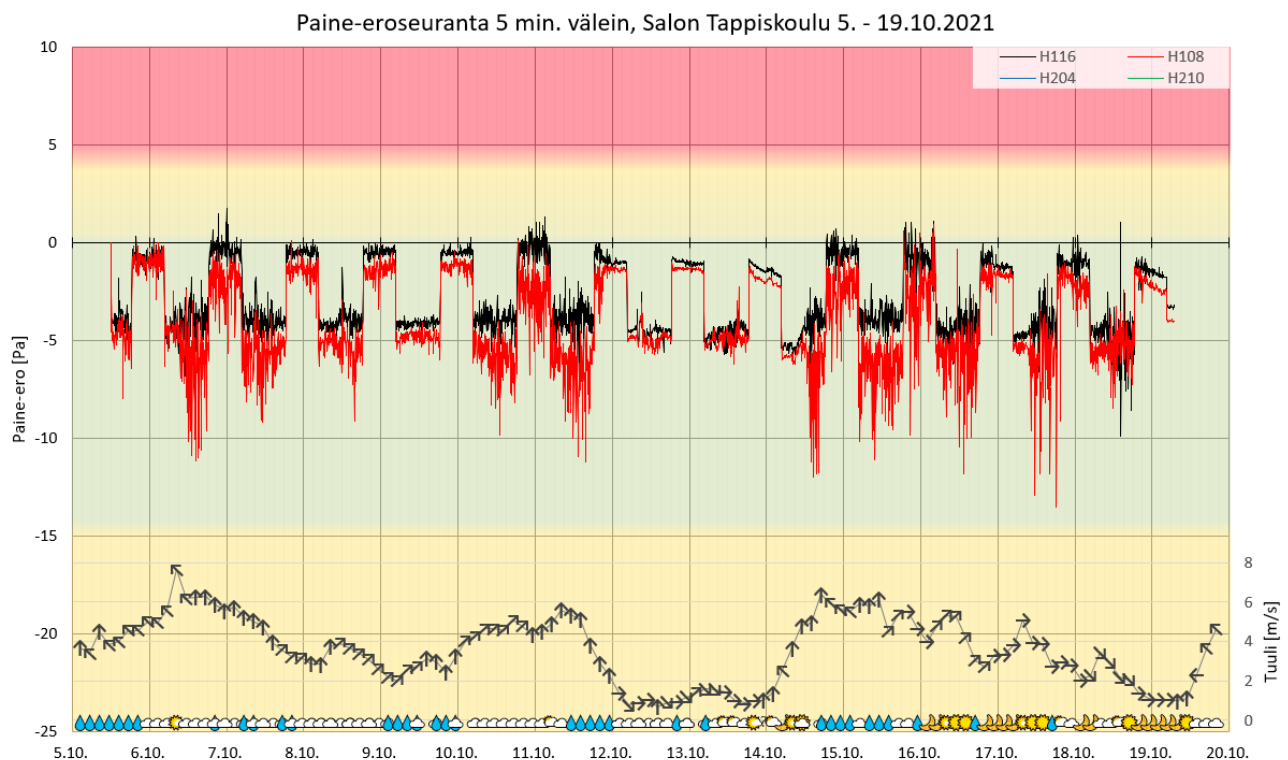
Näyte	Tila	Rakenneosa	Materiaali	Tuloksen tulkinta
M1	H106	AP	puru	ei kasvua
M2	H106	AP	puru	mikrobikasvu
M21	H116	AP	turve	poikkeava lajisto
M3	H106	AP	turve	mikrobikasvu
M6	H101	AP	turve	ei kasvua
M12	H204	US	mineraalivilla	ei kasvua
M20	H210	US	mineraalivilla	ei kasvua
M5	H106	US	mineraalivilla	ei kasvua
M10	H214	US	pellavarive	ei kasvua
M4	H106	US	pellavarive	mikrobikasvu
M11	H204	US	puru	ei kasvua
M17	H202	US	puru	ei kasvua
M16	H202	US	turve	ei kasvua
M18	H210	US	turve	ei kasvua
M8	H214	US	turve	poikkeava lajisto
M9	H214	US	turve	ei kasvua
M14	H204	VP	puru	mikrobikasvu
M15	H202	VP	puru	ei kasvua
M13	H204	VP	selluvilla	ei kasvua
M7	H214	VP	turve	ei kasvua
M19	H210	VP	turve+ureavaahto	ei kasvua
M25	H200	YP	puru	ei kasvua
M22	P2	YP	turve	ei kasvua
M24	H200	YP	turve	ei kasvua
M23	H214	YP	turve + puru	mikrobikasvu

4 Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset

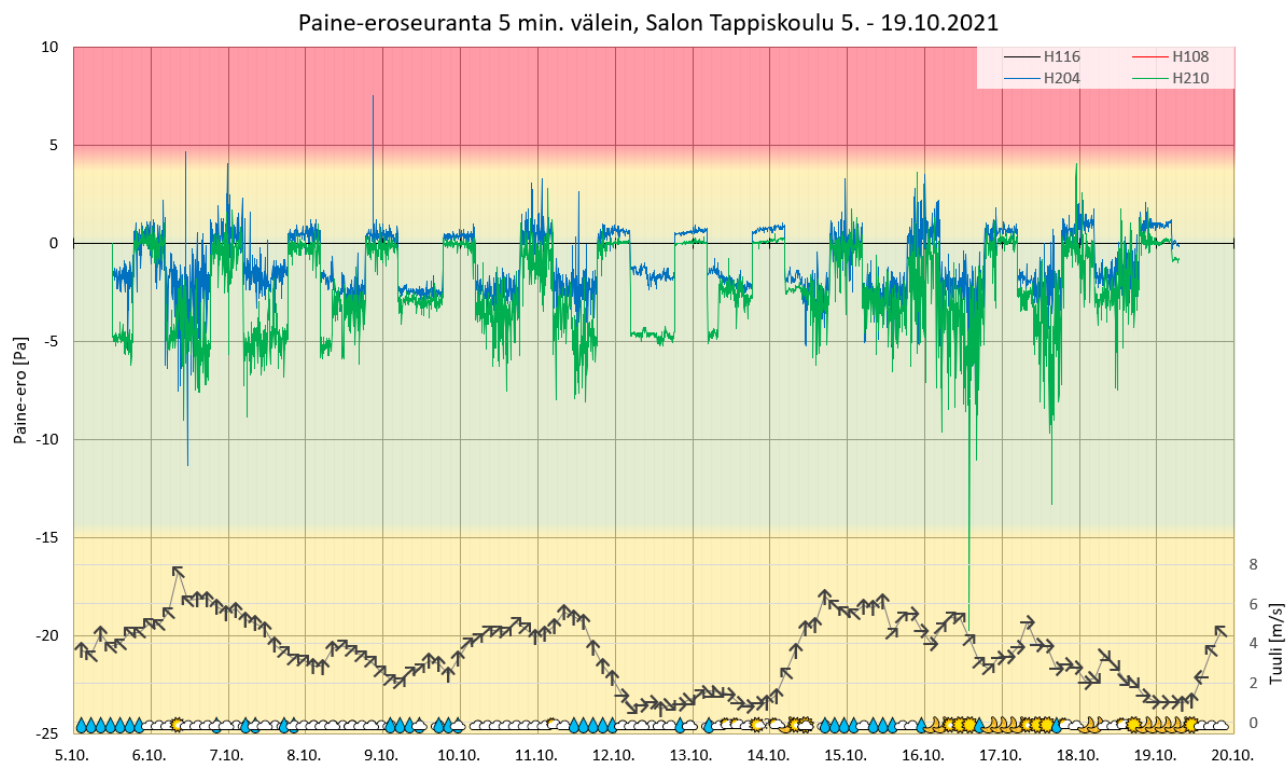
4.1 Painesuhteet

Rakennuksen paine-eroa ulkoilmaan seurattiin 2 viikon ajan kahdesta mittapistestä kummassakin kerroksessa. Seurannan perusteella rakennuksen 1. kerros on suositusten mukaisesti jatkuvasti lievästi alipaineinen ulkoilmaan nähden (Kuva 58). Yöaikaan koneellinen poistoilmanvaihto kytkeytyy pois päältä tai siirtyy osateholle, jolloin rakennuksen alipaineisuus vähenee. Lämpökuvauksessa ja merkkiainetutkimuksissa todetun rakennuksen poikkeavan heikon ilmatiiveyden vuoksi ilmamäärät rakenteiden ilmapuotoreittien kautta voivat pienestä mitattusta alipaineisuudesta huolimatta olla erittäin suuria. Voimakkaimmat piikit kuvaajissa selittyvät tuulen vaikutuksella eri puolilla rakennusta oleviin mittauspisteisiin (tuulen suunta ja voimakkuus esitetty nuolikuvin).

Rakennuksen toinen kerros on odotetusti n. 2 Pa vähemmän alipaineinen ulkoilmaan kuin alempi kerros. Yöaikaan 2. kerros ylipaineistuu lievästi ulkoilmaan nähden (kuva 59).



Kuva 58. Paine-eroseurantojen tulokuvaajat rakennuksen 1. kerroksessa.



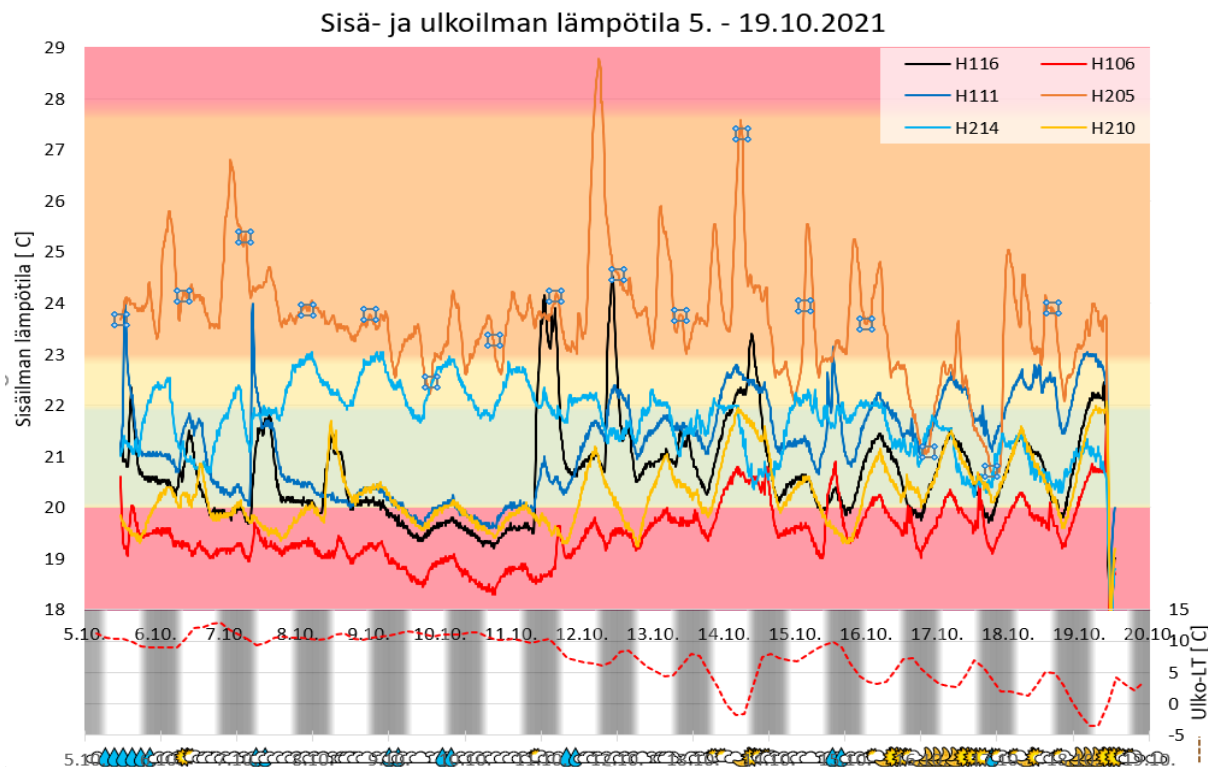
Kuva 59. Paine-eroseurantojen tulostulokset rakennuksen 2. kerroksessa.

4.2 Sisäilman olosuhteet

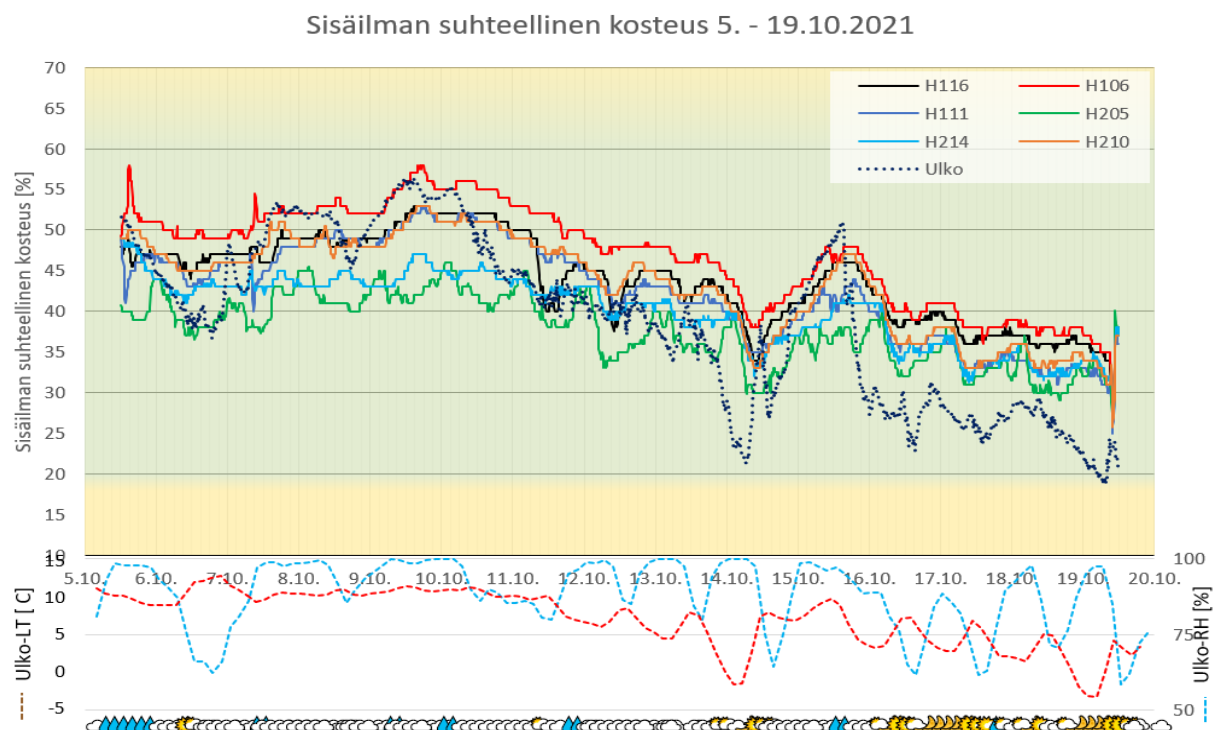
Sisäilman olosuhteita (lämpötila, suhteellinen kosteus ja hiilidioksidipitoisuus) mitattiin kolmesta huoneesta rakennuksen kummassakin kerroksessa. Mittaustulosten katsotaan edustavan yhtä huonetta laajempaa tilaa.

4.2.1 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisäilman lämpötilat vaihtelevat merkittävästi eri mittapisteiden välillä. Huoneissa 106, 116 ja 210 lämpötilat ovat pitkiä aikoja alle 20 °C. Huoneessa 205 lämpötila puolesta kohoaa ajoittain yli 28 °C:een (Kuva 60). Sisäilman suhteellinen kosteus on vuodenaikalle tyypillisesti matalahko ja seuraa tarkasti ulkoilman olosuhteita (Kuva 61). Kuvassa on katkoviivalla esitettyä ulkoilman olosuhteita vastaava ilman suhteellinen kosteus sisäilman lämpötilassa.



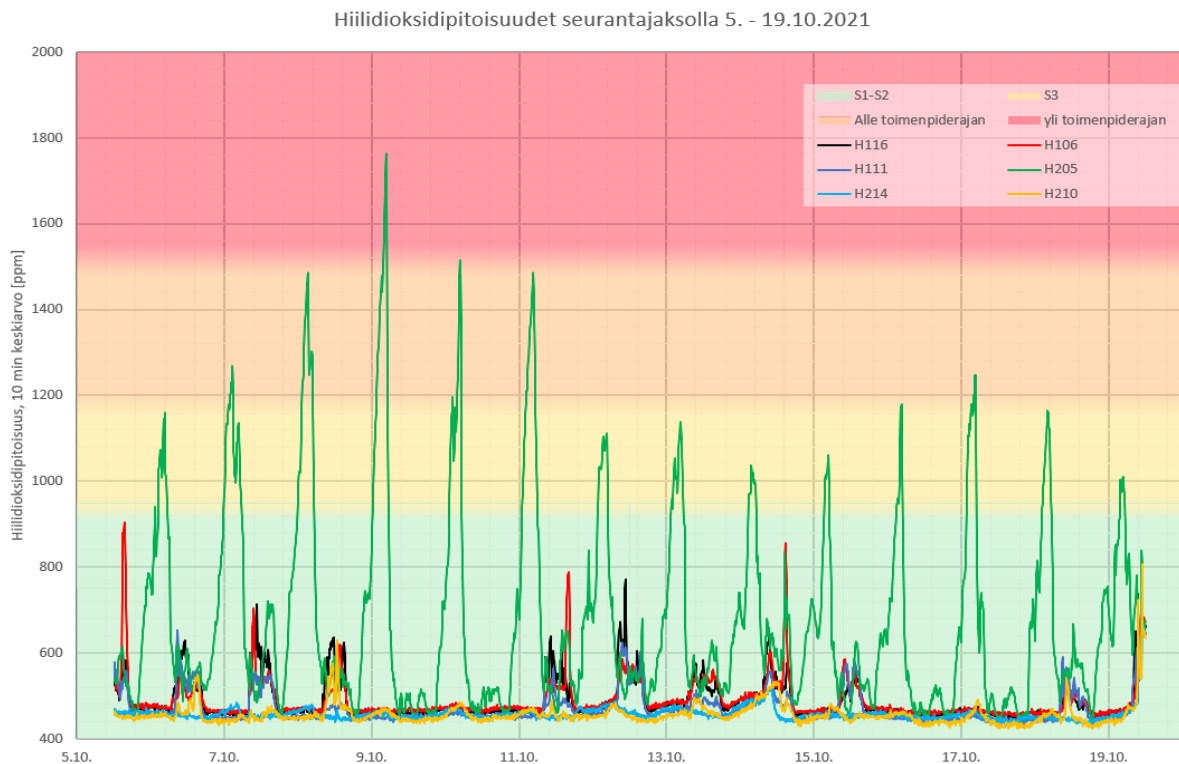
Kuva 60. Sisäilman lämpötilat mittausjaksolla yhdessä sään ja ulkoilman lämpötilan kanssa.



Kuva 61. Sisäilman suhteelliset kosteudet mittapisteissä sekä säähavaintoaseman (Salo, Kiikala) havainnot. Ylemmässä kuvaajassa on katkoviivalla esitetty ulkoilman olosuhteista ja sisälämpötilasta saatu laskennallinen suhteellinen kosteus.

4.2.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuudet ovat yöhoidon tiloja lukuun ottamatta matalat ja pysyvät sisäilmastoluokituksen 2018 (7) luokassa S2 (hyvä sisäilmasto). Kotitiimin/yöhoidon tiloissa (H205) hiilidioksidipitoisuudet nousivat yöaikaan ilmanvaihdon ollessa poissa päältä ajoittain jopa selvästi yli Asumisterveysasetuksen (2) toimenpiderajan.



Kuva 62. Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittauspisteissä seurantajaksolla 5. - 19.10.2021.

4.3 Teolliset mineraalikuidut

Teollisten mineraalikuitujen esiintymistä sisäilmassa selvitettiin huonepinnoille 14 vrk aikana laskeutuneesta pölystä otetuilla geeliteippinäytteillä. Näytteiden tulokset on esitetty kootusti taulukkoon 3. Tuloksissa on korostettu keltaisella taustavärillä yksittäisten näytteiden pitoisuudet, jotka sellaisenaan ylittävät toimenpiderajan ja oranssilla ne tulokset, jotka ylittävät toimenpiderajan epävarmuustekijän vähentämisen jälkeen.

Tulosten perusteella rakennuksen 1. kerroksessa esiintyi kuituja, vaikka näytekokonaisuudet eivät mittausepävarmuudet vähennettynä aivan ylittäneet Asumisterveysasetuksen toimenpiderajaa (0,20 kuitua/cm²). Kuitujen esiintymistä ei voida kuitenkaan pitää normaalina, koska rakennuksessa ei ole kuitulähteinä toimivia akustiikka-levyjä, ulkoseinissä ei ole yksittäisiä huoneita lukuun ottamatta mineraalivillaa eikä rakennuksessa ole koneellista tuloilmaa, joten tuloilman mukana ei voi kulkeutua kuituja IV-järjestelmän äänenvaimennusmateriaaleista.

Paine-eroseurantojen perusteella rakennuksen poistoilmanvaihto kuitenkin kytketään pois päältä yön ajaksi. Tällöin alakerta jää lievästi alipaineiseksi ulkoilmaan ja yläkerta lievästi ylipaineiseksi. Tällöin on mahdollista, että poistoilmanvaihdon kautta voi kulkeutua ilmaa sisälle, mikäli järjestelmä ei sulkeudu tiiviisti. Rakennuksen heikon ilmatiiveyden vuoksi ilmavirrat voivat pienestä alipaineesta huolimatta olla merkittävät. Poistoilmakanavista sisälle virtaavan ilman mukana voi kulkeutua sisälle myös kuituja poistoilmanvaihdon äänenvaimentimista.

Taulukko 3. Yhteenvedo teollisten mineraalikuitujen selvittämiseksi otettujen näytteiden tuloksista.

Kuidut sisäilmasta, huonepinnoile 14 vrk aikana laskeutunut pöly, epävarmuutena käytetty laboratorion ilmoittamaa lukemaepävarmuutta 24 %						
Tila	Näyte-tunnus	Kuituja [kpl/näyte]	Kuituja [kpl/cm ²]	Keskiarvo [kpl/cm ²]	Tulos [kpl/cm ²] (epävarmuus huomioiden)	Tulkinta
H116	K1.1	1	0,07	0,26 (0,19-0,336)	0,19	Koholla
	K1.2	4	0,29			
	K1.3	6	0,43			
H108	K2.1	0	0,00	0,10 (0,069-0,122)	0,07	Lievästi koholla
	K2.2	1	0,07			
	K2.3	3	0,21			
H111	K3.1	4	0,29	0,21 (0,155-0,273)	0,16	Koholla
	K3.2	3	0,21			
	K3.3	2	0,14			
Tsto 206	K4.1	1	0,07	0,02 (0,017-0,03)	0,02	Normaali
	K4.2	0	0,00			
	K4.3	0	0,00			
Tsto212	K5.1	0	0,00	0,10 (0,069-0,122)	0,07	Lievästi koholla
	K5.2	1	0,07			
	K5.3	3	0,21			
Tsto 201	K6.1	0	0,00	0,02 (0,017-0,03)	0,02	Normaali
	K6.2	1	0,07			
	K6.3	0	0,00			

4.4 Kloorianisolit sisäilmasta

Toisessa kerroksen tiloissa havaittujen ullakkotilaan viittaavien hajujen vuoksi tiloista 210 ja 214 otettiin ilma-näytteet kloorianisoliyhdisteiden määrittämiseksi. Liitteenä 6 olevan analyysivastauksen perusteella sisäilmapi-toisuudet jäivät molemmissa näytteissä alle menetelmän määritysrajan, joka laboratoriolta saadun tiedon pe-rusteella on pienempi kuin yhdisteiden hajukynnykset.

5 Altistumisolosuhteiden arviointi

Tehdyn kuntotutkimuksen perusteella on arvioitu poikkeavan altistumisen todennäköisyyttä tutkituille altisteille. Altistumisolosuhteiden arviointi on toteutettu Työterveyslaitoksen ohjeistusta soveltaen (11). Altistumisolosuhteiden arvio on tehty ensisijaisesti työterveyshuollon käyttöön haittatekijöiden terveydellisen riskin arvioimiseksi. Koska kaikkiin tutkittuihin tiloihin on sovellettu yhtenäistä arviointiasteikkoa, voidaan tiloja luokitella tämän perusteella. Arviointitaulukoista voidaan myös yleisellä tasolla katsoa, minkälaisilla toimenpiteillä altistumisriskiä voidaan pienentää.

Työturvallisuuslain (12) mukaan työpaikalla havaittujen haitta- ja vaaratekijöiden terveydellisen merkityksen arviointi tulee tehdä, jos näitä tekijöitä ei voida poistaa. Työnantaja vastaa siitä, että terveydellisen merkityksen arviointiin käytetään työterveyshuollon asiantuntijoita ja ammattihenkilöitä, siten kuin siitä säädetään työterveyshuoltolaissa (13).

Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan ennen terveydellisen merkityksen arviointia on selvitettävä altistumisolosuhteet rakennusterveyteen perehtyneen asiantuntijan johdolla. Terveydellisen merkityksen arviointia ei voida tehdä ilman altistumisolosuhteisiin liittyviä tietoja. Altistumisolosuhteiden arviointi perustuu teknisen kokonaisuuden hallintaan, jossa otetaan huomioon rakennus- ja talotekniikan sekä rakennuksesta peräisin olevien epäpuhtauslähteiden vaikutus sisäilmaston laatuun. Altistumisolosuhteiden arvioinnissa huomioidaan päästölähteen laajuus, voimakkuus, sijainti ja ilmayhteys sisäilmaan sekä muut epäpuhtauksien leviämiseen vaikuttavat tekijät, kuten ilmanvaihto ja painesuhteet. Arvioon tulee sisältyä seuraavat tekijät:

- Rakenteiden mikrobivaurioiden laajuuden arviointi
- Ilmayhteydet ja ilmavuotoreitit epäpuhtauslähteistä sisäilmaan
- Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun
- Rakennuksesta peräisin olevat muut sisäilman epäpuhtaudet

Altistumisolosuhteiden arvioinnissa ei oteta kantaa tilojen käyttöön ja niissä vietettyyn aikaan (altistumisaika). Nämä huomioidaan työterveyslääkärin johdolla tehtävässä terveydellisen riskin arvioinnissa.

Tehdyn kuntotutkimuksen perusteella seuraavissa kappaleissa on arvioitu rakennuksittain altistumisen todennäköisyyttä tutkituille altisteille: mikrobeille (kappale 5.1) ja teollisille mineraalikuiduille (kappale 5.2). Altistumistodennäköisyyden arviointi on esitetty taulukoissa, joissa vaurioiden/epäpuhtauslähteiden laajuutta kuvaavat arviointikriteerit on sijoitettu pystyakselille ja ilmayhteyden merkitsevyys vaakakselille.

1. Altistumisen todennäköisyys on esitetty neliportaisella asteikolla:
2. Poikkeava altistuminen on epätodennäköistä, taulukossa vihreä pohjaväri
3. Poikkeava altistuminen on mahdollista, taulukossa keltainen pohjaväri
4. Poikkeava altistuminen on todennäköistä, taulukossa oranssi pohjaväri
5. Poikkeava altistuminen on erittäin todennäköistä, taulukossa punainen pohjaväri

Asteikolla tasolle 1 sijoittuva rakennus vastaa selvästi tavanomaista paremmassa kunnossa olevaa vanhempaa rakennusta tai uutta hyvin tehtyä rakennusta, jossa on jo rakennusvaiheessa kiinnitetty huomiota puhtauteen, kosteudenhallintaan ja rakenteiden tiiveyteen.

5.1 Altistumistodennäköisyyden arviointi mikrobiepäpuhtauksille

Mikrobiepäpuhtauksien osalta altistumisriskin arvio perustuu pääasiassa näyttein todennettuun mikrobivaurioiden merkittävyyteen sekä epäpuhtauksien kulkeutumiseen vaurioalueelta sisäilmaan. Kumpikin osa-alue on jaettu neljään portaaseen. Mikrobivaurion merkittävyyden määrittelee tutkimuksen (materiaalinäyttein) todettu

vaurion laajuus. Alin porras edellyttää, että näytteitä on otettu riittävästi. Epäpuhtauksien kulkeutumisen arviointi perustuu painesuhteisiin ja todettujen ilmavuotojen (4) merkittävyyteen.

Rakennuksen merkittävimmät kosteus- ja mikrobivauriot sijoittuvat rakennuksen alaosiin, alapohjan täyttöihin ja seinien alaosiin. Materiaalinäytteiden perusteella näissä esiintyy vähintään paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita, joista on merkittäviä ilmayhteyksiä sisätiloihin, jotka ovat pääosin alipaineiset ulkoilmaan nähden. Rakennuksen ulkoseinä- ja välipohjarakenteissa esiintyy materiaalinäytteiden perusteella enintään yksittäisiä paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Väli- ja yläpohjarakenteissa on herkästi esim. vesivuotojen seurauksena kosteus- ja mikrobivaurioituvia orgaanisia täyttöjä sekä laajoja jäähtyneitä alueita, joilla voi helposti tiivistyä kosteutta. Näin ollen paikallisia vaurioita saattaa rakenteissa esiintyä tässä tutkimuksessa havaittuja yleisemmin. Rakennuksen ilmatiiveys on myös erittäin heikkoa ja merkittäviä ilmavuotoja havaittiin niin ala-, väli- ja yläpohjista kuin seinärakenteista. Tutkimustulosten perusteella arvioidaan, että altistuminen mikrobiepäpuhtauksille on todennäköistä koko rakennuksessa (Taulukko 4).

Taulukko 4. Altistumisolosuhteiden arviointi mikrobiepäpuhtauksille koko rakennuksessa.

Mikrobivaurioiden merkittävyys				
4. Laaja-alaiset mikrobivauriot rakennuksessa ja poikkeava sisäilmapitoisuus				
3. Laaja-alainen mikrobivaurio rakennuksessa				
2. Paikallisia pienialaisia mikrobivaurioita rakenteissa				todennäköinen
1. Rakenteet tutkittu, ei todettuja mikrobivaurioita				
Altistuminen todennäköistä. Rakennuksen alapohjassa on vähintään paikallisia, ulkoseinä-, välipohja- ja yläpohjassa yksittäisiä paikallisia mikrobivaurioita. Em. rakenteista on merkittäviä, systemaattisia ilmavuotoja ulkoilmaan nähden pääosin alipaineisiin sisätiloihin.	1. Ei ilmavuotoja, ei merkittävää paine-eroa rakenteiden yli	2. Pistemäisiä ilmavuotoja rakenteista tai rakennusvoimakkaasti alipaineinen	3. Vähäisiä ilmavuotoja rakenteista ja rakennus on alipaineinen	4. Merkittävät ilmavuodot rakenteista tai merkittävä mikrobivaurio sisäpinnoilla
	Epäpuhtauksien kulkeutuminen vaurioalueelta			
altistumisen todennäköisyys:	epätodennäköinen	mahdollinen	todennäköinen	erittäin todennäköinen

5.2 Altistumistodennäköisyyden arviointi teollisille mineraalikuiduille

Teollisten mineraalikuitujen osalta altistumisen arviointi perustuu näytetuloksiin ja kuitulähteiden merkittävyyteen. Kumpikin osa-alue on jaettu neljään portaaseen. Näytteenotossa huomioidaan geeliteippi- ja pölynkoostumusnäytteet sekä sisäpinnoille laskeutuneesta pölystä että tuloilmakanavista. Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan ylittyminen geeli-teippinäyttein vastaa luokittelussa korkeinta porrasta. Kuitulähteiden määrän arvioinnissa huomioidaan rakennuksen sisäpinnoilla ja ilmanvaihtojärjestelmässä todetut kuitulähteet sekä voimakkaat ilmavuodot rakenteiden mineraalivillaeristeistä.

Rakennuksen 1. kerroksessa havaittiin 14 vrk laskeumanäytteissä koholla olevia kuitupitoisuuksia. Huonekohtaisten näytekokonaisuuksien keskiarvot eivät aivan ylittäneet Asumisterveysasetuksen toimenpiderajaa, mutta tulosta voidaan pitää poikkeavana, koska rakennuksen sisäpinnoilla ja rakenteissa ei todettu kuitulähteitä. Rakennuksessa ei myöskään ole koneellista tuloilmaa, jonka äänenvaimennusmateriaaleista voisi irrota kuituja tuloilmaan. Poistoilmakanavien kuitulähteitä ei tässä yhteydessä tarkastettu, joten on mahdollista, että niistä kulkeutuisi kuituja 1 kerrokseen yöaikaan, jolloin ilmanvaihto on pois päältä. Tämä selittäisi myös sen, että yöajaksi ulkoilmaan nähden ylipaineisessa 2. kerroksessa kuituja ei juuri havaittu. Taulukossa 5 esitettyssä arvioinnissa ei ole vaaka-akselilla huomioitu rakenteiden merkittäviä ilmavuotoja, koska rakenteissa ei ole päätyhuoneita

lukuun ottamatta kuitulähteitä. Tulosten perusteella arvioidaan altistumisen teollisille mineraalikuiduille olevan mahdollista rakennuksen 1. kerroksessa ja epätodennäköistä rakennuksen 2. kerroksessa (Taulukot 5 ja 6).

Taulukko 5. Altistumisolosuhteiden arviointi teollisille mineraalikuiduille rakennuksen 1. kerroksessa.

Teolliset mineraalikuidut, näytteet				
4. Toimenpiderajat ylittävät kuitupitoisuudet teippinäytteissä.				
3. IV-kanavanäytteissä runsaasti kuituja, pinnoilla alle toimenpiderajan				
2. Yksittäisiä kuituja teippi- tai pölynkoostumusnäytteissä		Mahdollinen		
1. Ei kuituja näytteissä (teippi/pölynkoostumus, laskeuma, IV-kanavat)				
Altistuminen mahdollista Rakennuksen 1. kerroksessa havaittiin laskeumanäytteissä lähes toimenpiderajan ylittäviä kuitupitoisuuksia. Sisäpinnoilla ei ole kuitulähteitä, koneellista tuloilmaa ei ole ja rakenteissa on vain paikoi mineraalivillaa. Poistoilmanvaihdon pysähtyessä sen äänenvaimennusmateriaaleista voi kulkeutua kuituja sisälle.	1. Ei kuitulähteitä sisäpinnoilla tai ilmanvaihdoissa, ei merkittäviä ilmavuotoja	2. Vähäisiä kuitulähteitä sisäpinnoilla ja/tai IV:ssä. Vähäisiä ilmavuotoja rakenteista (painesuhteet)	3. Merkittäviä kuitulähteitä joko ilmanvaihdoissa tai sisäpinnoilla tai voimakkaat ilmavuodot	4. Merkittäviä kuitulähteitä sekä sisäpinnoilla että ilmanvaihdoissa.
Havainnot kuitulähteistä				
altistumisen todennäköisyys:	epätodennäköinen	Mahdollinen	todennäköinen	erittäin todennäköinen

Taulukko 6. Altistumisolosuhteiden arviointi teollisille mineraalikuiduille rakennuksen 2. kerroksessa.

Teolliset mineraalikuidut, näytteet				
4. Toimenpiderajat ylittävät kuitupitoisuudet teippinäytteissä.				
3. IV-kanavanäytteissä runsaasti kuituja, pinnoilla alle toimenpiderajan				
2. Yksittäisiä kuituja teippi- tai pölynkoostumusnäytteissä				
1. Ei kuituja näytteissä (teippi/pölynkoostumus, laskeuma, IV-kanavat)		Epätodennäköinen		
Altistuminen epätodennäköistä Rakennuksen 2. kerroksessa kuitunäytteiden pitoisuudet olivat pienet. Sisäpinnoilla ei ole kuitulähteitä, koneellista tuloilmaa ei ole ja rakenteissa on vain paikoin mineraalivillaa. Poistoilmanvaihdon pysähtyessä tilat ylipaineistuvat ulkoilmaan nähdessä.	1. Ei kuitulähteitä sisäpinnoilla tai ilmanvaihdoissa, ei merkittäviä ilmavuotoja	2. Vähäisiä kuitulähteitä sisäpinnoilla ja/tai IV:ssä. Vähäisiä ilmavuotoja rakenteista (painesuhteet)	3. Merkittäviä kuitulähteitä joko ilmanvaihdoissa tai sisäpinnoilla tai voimakkaat ilmavuodot	4. Merkittäviä kuitulähteitä sekä sisäpinnoilla että ilmanvaihdoissa.
Havainnot kuitulähteistä				
altistumisen todennäköisyys:	epätodennäköinen	Mahdollinen	todennäköinen	erittäin todennäköinen

6 Johtopäätökset

Rakennuksen sisäilman laadun kannalta merkittävimmät kosteus- ja mikrobivauriot keskittyvät materiaalinäytteiden ja kosteusmittausten perusteella rakennuksen alaosiin. Kellaritilat ovat pahoin kosteusvaurioituneet, alapohjan orgaanisissa täyttömateriaaleissa sekä ulkoseinien alaosissa esiintyy vähintään paikallisia kosteus-, laho- ja mikrobivaurioita. Puurakenteisen alapohjan täytöistä, kellaritiloista ja ryömintätilasta on lämpökuvauksen ja merkkiainetutkimusten perusteella merkittäviä ilmavuotoja sisätiloihin, jotka ovat alipaineiset ulkoilmaan nähden. Ulkoseinien yläosissa sekä väli- ja yläpohjarakenteissa esiintyy materiaalinäytteiden perusteella enintään paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Rakenteissa on kuitenkin merkittäviä ilmavuotoreittejä sisätiloihin sekä lämpökuvauksen perusteella laajoja jäähtyneitä alueita, joihin voi tiivistyä kosteutta lämpimästä sisäilmasta. Ilmavuodot etenkin yläpohjasta selittävät myös toisen kerroksen tiloissa koettua hajuhaittaa. Tutkimusten perusteella arviotiin, että tavanomaisesta poikkeava altistuminen mikrobiepäpuhtauksille on todennäköistä koko rakennuksessa.

Rakennuksen 1. kerroksessa sisäilman laatuun vaikuttaa myös laskeumanäyttein havaittujen teollisten mineraalikulitujen esiintyminen. Tutkimuksissa ei havaittu rakenteissa eikä niiden sisäpintamateriaaleissa merkittäviä kuitulähteitä eikä rakennuksessa ole koneellista tuloilmaa. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän kuitulähteitä ei tässä yhteydessä tarkastettu. Paine-eroseurantojen perusteella rakennuksen 1. kerros jää alipaineiseksi ilmanvaihdon sammuaessa yön ajaksi, jolloin poistokanavien kautta voi kulkeutua ilmaa sisätiloihin, mikäli tätä ei ole estetty. Poistokanavien äänenvaimentimista voi tällöin irrota kuituja ilmavirran mukana. Rakennuksen 2. kerros ylipaineistuu yöaikaan lievästi ulkoilmaan nähden, jolloin poistokanavista ei kulkeudu ilmaa sisälle. Tämä selittäisi sen, ettei kuituja juuri havaittu 2. kerroksen näytteissä. Tulosten perusteella arvioidaan, että tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde teollisten mineraalikulitujen osalta on mahdollista 1. kerroksessa ja epätodennäköistä 2. kerroksessa.

Rakennuksessa tehtyjen olosuhdeseurantojen perusteella etenkin 1. kerroksen tiloissa sekä huoneessa 210 huonelämpötilat ovat matalia ja lähes jatkuvasti alle työsuojeluhallinnon kevyeen toimistotyöhön suositettaman 21...25 °C. Huoneessa 106 lämpötila oli koko seurantajakson alle 20 °C. Myös yöaikaan käytössä olevissa kotitilain ja yöhoidon tilassa 205 lämpötila oli puolestaan poikkeavan korkea, hetkittäin jopa yli 28 °C. Yöaikaan ilmanvaihdon ollessa poissa päältä myös hiilidioksidipitoisuudet nousevat ko. tilassa yli Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan.

7 Toimenpidesuosituks

Tässä kappaleessa esitetään tutkimuksissa esiin nousseet toimenpidesuosituks

Tehtyjen tutkimusten perusteella suosittelemme seuraavia toimenpiteitä:

1. Toimenpiteet mikrobiepäpuhtauksille altistumisen vähentämiseksi tulee aloittaa nopealla aikataululla
 - a. Korjaussuunnittelun ajaksi suositamme ilmanpuhdistimien käyttöä, siivouksen tehostamista sekä ilmanvaihdon jatkuvaa ympärivuorokautista käyttöä täydellä teholla
 - b. Suunnittelu alapohjarakenteiden korjaamiseksi tulee aloittaa nopealla aikataululla. Ensisijainen korjaustapa on vaurioituneiden ja/tai herkästi vaurioituvien alapohjatäyttöjen poistaminen ja uusiminen. Samassa yhteydessä on mahdollista tarkastaa kattavasti alimpien hirsikertojen ja alapohjan kantavien puurakenteiden kunto sekä korjata havaitut ilmavuotoreitit.
 - c. Mahdollisuudet kellaritilojen kosteusrasituksen pienentämiseksi tulee selvittää. Joka tapauksessa ilmavuodot kellaritiloista tulee estää alapohjarakenteiden korjausten yhteydessä
2. Ilmavuodot yläpohjasta sisätiloihin tulee estää. Rakenteeseen tulee asentaa höyrynsulku, minkä yhteydessä on suositeltavaa uusia alkuperäiset orgaaniset, osin vaurioituneet eristemateriaalit.
3. Ilmanvaihto tulee pitää käytössä myös yöaikaan ainakin ympäri vuorokauden käytössä olevissa yöhoi-
4. Poistoilmanvaihdon kuitulähteet tulee kartoittaa ja tarvittaessa poistaa. Lisäksi tulee selvittää esim. merkkisavututkimuksin, kulkeutuuko poistoilmanvaihdon kautta ilmaa sisälle ilmanvaihdon ollessa poissa päältä.
5. Lämpökuvauksessa havaitut ilmavuodot mm. välipohjarakenteisiin tulee estää ja eristepuutteet korjata.

Korjauksissa tulee noudattaa Ratu 82-0383 (14) ja 1225-S (15) korttien ohjeita, joissa on esitetty turvallisia työ-

Allekirjoitus

Turussa 17.12.2021

Sirate Group Oy



Vesa Koskinen
projektijohtaja, FM
Rakennusterveysasiantuntija C-21529-26-15
Rakenteiden kosteuden mittaaja C-20645-24-14



Timo Murtoniemi
aluejohtaja, FT
Rakennusterveysasiantuntija C-21552-26-15
Rakennusten lämpökuvaaaja C-8819-25-12

Liitteet

1. Pohjakuvaliite, rakenneavaukset
2. Pohjakuvaliite, lattiapäällysteet, puun kosteusmittaukset, ilmanäytteet ja seurantamittaukset
3. Lämpökuvausraportti
4. Analyysivastaus, mikrobit materiaaleista
5. Analyysivastaus, teolliset mineraalikuidut
6. Analyysivastaus, kloorianisolit sisäilmasta

Kirjallisuus

1. **Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016.** Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto, Valvira, 2016. Dnro 2731/06.10.01/2016.
2. **Asumisterveysasetus 2015.** *Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015.* Sosiaali- ja terveysministeriö 2015.
3. **Laboratorio-opas 2018.** *Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät.* Pessi, A-M, Jalkanen, K, Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy, 2018.
4. **RT 14-11197.** *Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein, ohjekortti.* Rakennustietosäätiö RTS, 2015.
5. **RT 14-11239.** *Rakennuksen lämpökuvaus.* Rakennustieto Oy ja Rakennustietosäätiö RTS 2016.
6. **RakMk D2 2012.** Suomen rakentamismääräyskokoelma. *D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet.* Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2010.
7. **RT 07-11299.** *Sisäilmastoluokitus 2018, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.* Rakennustietosäätiö RTS 2018.
8. **Työsuojelu.fi.** Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot>.
9. **Työterveyslaitos 2016.** *Teolliset mineraalikuidut.* Saatavilla : <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/Teolliset-mineraalikuidut.pdf>.
10. **Kloorianisolit.** *Kloorianisolit - vanhan talon haju.* Mäkelä, J. Ympäristö ja Terveys -lehti 5, 2021.
11. **TTL Ohje 2017.** *Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen.* Lappalainen, Reijula, Tähtinen, Latvala, Hongisto, Holopainen, Kurtio, Lahtinen, Rautiala, Tuomi, Valtanen, Työterveyslaitos 2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-261-722-4> (PDF).
12. **Työturvallisuuslaki 2002.** *Työturvallisuuslaki 738/2002.* 2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.
13. **Työterveyshuoltolaki 2001.** *Työterveyshuoltolaki 1383/2001.* <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20011383>.
14. **Ratu 82-0383.** *Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Menetelmät.* Rakennustieto, 2011.
15. **Ratu S-1225.** *Pölyntorjunta rakennustyössä.* Rakennustieto 2009.