

HANGON KAUPUNKI

## HANGON KESKUSKOULUN ETELÄSIIPPI

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus



15.4.2020

---

## TIIVISTELMÄ

Tutkimus oli jatkoa FCG:n vuonna 2019 tekemälle kuntotutkimukselle, jossa todettiin käytävän ikkunoiden olevan huonossa kunnossa ja opettajanhuoneen ja kanslian linoleumimaton olevan vaurioitunut. Tutkimuksen lähtökohtana oli eteläsiiven kahdessa luokkatilassa ja rehtorin työhuoneessa koetut sisäilmaongelmat. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ja arvioida mahdollisten vauriorakenteiden laajuutta, epäpuhtauksien kulkeutumisreittejä sekä vaurioiden vaikutusta sisäilman laatuun. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rakenteiden VP, US, IK ja YP rakennetyypit sekä niissä olevien eristemateriaalien kunto ja mahdollinen ilmayhteys sisäilmaan. Tutkimusalueena oli eteläsiiven ensimmäinen ja toinen kerros.

Keskuskoulu on rakennettu 1950-luvulla ja se toimii tällä hetkellä Hangon kaupungin koulurakennuksena 1–6.luokkalaisille. Koulussa opiskelee noin 250 oppilasta. Rakennuksen eteläsiivessä on kellarikerros sekä kaksi maanpäällistä kerrosta. Rakennuksen kantavan runkona on paikallavaletut teräsbetonipilarit ja -palkit. Väli-pohja on betonia. Ulkoseinät ovat tiiltä ja kevytbetonia. Yläpohja on betonia ja vesikatteenä on konesaumattu pelti.

Väli-pohjarakenteen sisällä oleva askeläänieriste on mikrobivaurioitunut todennäköisesti rakentamisen aikaisen kosteusrasituksen tai rakennuksen käytönaikaisen liiallisien siivousvesien käytön seurauksena. Vauriot ovat varsin maltillisia, merkittävin vaurio havaittiin 1.kerroksen luokassa 3. Merkkiainekokeissa ei ilmayhteyttä vaurioituneen villan ja sisäilman välillä saatu todennettua. Villakerroksesta voi olla lievä ilmayhteys sisäilmaan pintalaatan reuna-alueilta, kuten ulkoseinän ja väliseinien vierustoilta, mutta villan vaurioiden vaikutuksen sisäilman laatuun arvioidaan olevan varsin pieni.

Ulkoseinärakenteiden eristekerrokset ovat pääosin hyvässä kunnossa. Eriste on vaurioitunut ainoastaan eteläsiiven eteläsivulla, joka on kaikista säärasitetuin julkisivu. Eriste on todennäköisesti vaurioitunut viistosateen seurauksena. Ilmavuotoja eristekerroksesta sisäilmaan voi tapahtua kevytbetonilämmöneristeen läpi sekä ulkoseinä-väli-pohjaliitosten kautta. Ulkoseinän kevytbetonin vauriot voivat heikentää sisäilman laatua eteläsivun päätyluokissa, mutta muualla vaikutuksen arvioidaan olevan pieni.

Käytävien alkuperäiset ikkunat ovat ylittäneet teknisen käyttöikänsä, mutta luokkien uusituilla ikkunoilla käyttöikä on vielä jäljellä. Tutkimuksen perusteella vanha ikkunatilke on mikrobivaurioitunut ja vanhat karmit ovat paikoin laho- ja mikrobivaurioituneet. Vauriot johtuvat todennäköisesti rakeenteen sisään viistosateella pääsevistä vedestä. Vauriot voivat heikentää koko kerroksen sisäilman laatua, koska ikkunoiden liitos ulkoseinään ei ole ilmatiivis.

Tutkimuksen perusteella yläpohjan lämmöneristeessä ei havaittu mikrobivaurioita, mutta 2.kerroksen alakattojen puurakenteet ovat paikoin tehty vanhoista muottilautoista. Ilmavuodot yläpohjasta sisäilmaan ovat epätodennäköisiä. Yläpohjarakenteen ei arvioida heikentävän alapuolisten tilojen sisäilman laatua.

Vesikatossa havaittiin paikallisia vuotokohtia ja katteen alta puuttuu aluskate. Vesikaton vuodot ja puuttuva aluskate aiheuttavat riskin yläpohjaeristeen mikrobivaurioitumiselle. Lisäksi vesikate on teknisen käyttöikänsä lopussa.

1.kerroksen käytävältä otetun kuitulaskeumanäytteen perusteella sisäilman kuitupitoisuus on koholla. Luokkien sisäilman kuitupitoisuus on matala. Kuidut ovat todennäköisesti peräisin käytävän akustiikkalevyistä.

Tämän tutkimuksen perusteella rakennuksen eteläsiiven poikkeavalle olosuhteelle altistumisen todennäköisyyden arvioitiin olevan MAHDOLLINEN.

15.4.2020

---

**YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA**

## Kiireelliset toimenpiteet

- 1.kerroksen luokan 3 välipohjarakenteen tiivistäminen.
- Eteläpäädyn vaurioituneeseen ulkoseinään kohdistetut merkkiainekokeet.
- Käytävien ikkunoiden, tilkkeiden ja listojen/pellitysten jne. uusiminen.
- Luokkien ikkunoiden ja ulkoseinän välisten liitosten tiivistäminen.
- Vesikatteessa olevien vuotokohtien paikkaamista.
- Käytävien akustiikkalevyjen uusiminen tai pinnoittaminen.

## Viimeistään seuraavan peruskorjauksen yhteydessä tehtävät toimenpiteet

- Välipohjarakenteen sisällä olevan askeläänieristeen poistaminen.
- Eteläsivun ulkoseinän lämmöneristeen uusiminen.
- Yläpohjan lämmöneristeen uusiminen ja kerrospaksuuden lisääminen. Vesikaton tuuletuksen parantaminen.
- Vesikatteen uusiminen ja aluskatteen lisääminen.
- Muottilautoista tehtyjen alakattojen uusiminen.

*Tässä tutkimusraportissa olevat korjaussuositukset eivät ole valmis korjaussuunnitelma. Korjauksista päätetään raportin valmistumisen jälkeen.*

15.4.2020

---

**YHTEENVETO RAKENNUKSEN KOKONAISKUNNOSTA**

Tutkimuksessa ei havaittu rakennuksen eteläsiiven rakenteissa merkittäviä tai laaja-alaisia vaurioita. Eteläsiiven tilojen poikkeavalle olosuhteelle altistumisen todennäköisyyden arvioitiin olevan mahdollinen, tosin arvioita voidaan vielä tiukentaa eteläpäädyn ulkoseinään kohdistettavien tarkempien merkkiainekokeiden jälkeen. Tilojen käytölle ei tutkimustulosten perusteella nähdä estettä.



Kasper Käyhkö, DI, Laatupäällikkö

15.4.2020

**Sisällysluettelo**

|  |    |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ .....  | 1  |
| YHTEENVETO TOIMENPIDE-EHDOTUKSISTA .....                         | 2  |
| YHTEENVETO RAKENNUKSEN KOKONAISKUNNOSTA.....                     | 3  |
| 1 YHTEYSTIEDOT .....   | 5  |
| 1.1 Tilaaja.....   | 5  |
| 1.2 Tutkittava kohde .....                                       | 5  |
| 1.3 Tutkimuksen tekijät .....                                    | 5  |
| 2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT .....                                  | 6  |
| 2.1 Tutkimuksen tausta .....                                     | 6  |
| 2.2 Tutkimuksen tarkoitus .....                                  | 6  |
| 2.3 Tutkimuksen rajaus .....                                     | 6  |
| 2.4 Tutkimuksen ajankohta .....                                  | 6  |
| 2.5 Tutkimusmenetelmät .....                                     | 6  |
| 2.6 Käytetyt suunnitelmat ja asiakirjat.....                     | 6  |
| 3 TUTKITTAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT .....                          | 7  |
| 3.1 Perustiedot.....   | 7  |
| 3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat.....                            | 7  |
| 3.3 Olemassa olevat tutkimukset.....                             | 7  |
| 3.4 Tiedossa olevat korjaukset.....                              | 7  |
| 4 RAKENNETUTKIMUKSET .....                                       | 8  |
| 4.1 Pilarit.....   | 9  |
| 4.2 Välipohjat.....  | 10 |
| 4.3 Ulkoseinät .....   | 12 |
| 4.4 Ikkunat .....  | 15 |
| 4.5 Yläpohja- ja vesikattorakenteet .....                        | 16 |
| 4.6 Sisäkattopinnot.....   | 19 |
| 5 SISÄILMAN NÄYTTEET JA MITTAUKSET .....                         | 20 |
| 5.1 Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet.....                | 20 |
| 6 ALTISTUMISOLOSUHDEARVIO .....                                  | 21 |
| 6.1 Arvioinnin pääperiaatteet.....                               | 21 |
| 6.2 Altistumisolosuhteiden arviointi .....                       | 22 |
| 6.3 Ohjeiden soveltamiseen liittyvät täydentävät tulkinnat ..... | 22 |
| 7 PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET .....                              | 27 |
| LIITTEET .....   | 28 |

15.4.2020

---

**1 YHTEYSTIEDOT****1.1 Tilaaja**

Hangon kaupunki  
Bengt Lindholm  
Sisäisten palveluiden päällikkö  
[bengt.lindholm@hanko.fi](mailto:bengt.lindholm@hanko.fi)

**1.2 Tutkittava kohde**

Hangon keskuskoulun eteläsiipi  
Halmstadinkatu 2  
10960 Hanko

**1.3 Tutkimuksen tekijät**

**FCG Finnish Consulting Group Oy**  
Rakennusterveys ja sisäilmasto

Käyhkö Kasper [kasper.kayhko@fcg.fi](mailto:kasper.kayhko@fcg.fi)  
Marja Kansikas [marja.kansikas@fcg.fi](mailto:marja.kansikas@fcg.fi)  
Jussi Töyrylä [jussi.toyryla@fcg.fi](mailto:jussi.toyryla@fcg.fi)

15.4.2020

---

## 2 TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

### 2.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimus on jatkoa FCG:n vuonna 2019 tekemälle kuntotutkimukselle (viimeisin raportti päivätty 25.11.2019), jonka lähtökohtana oli eteläsiiven kahdessa luokkatilassa (luokat 3 ja 6) ja rehtorin työhuoneessa koetut sisäilmaongelmat.

Tutkimuksessa, näytteenotossa ja tulosten tulkinnassa noudatettiin tutkimuksen aikana voimassa olevia määräyksiä ja asetuksia (ks. LIITE: Ohjeet ja asetukset).

### 2.2 Tutkimuksen tarkoitus

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen tarkoituksena on selvittää sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä ja arvioida mahdollisten vauriorakenteiden laajuutta, epäpuhtauksien kulkeutumisreitit sekä vaurioiden vaikutusta sisäilman laatuun. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää rakenteet VP, US, IK ja YP, koska rakenteet eivät olleet selvillä. Lisäksi selvitettiin eristemateriaalien kunto ja ilmayhteys sisäilmaan.

### 2.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus koskee ainoastaan rakennuksen eteläsiiven ensimmäistä ja toista kerrosta.

### 2.4 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimuksen suoritettiin helmi-maaliskuussa 2020.

### 2.5 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät on esitetty alla. Tarkemmat kuvaukset tutkimusmenetelmistä sekä tulosten tulkinnasta on esitetty liitteenä olevissa menetelmäkorkeissa (ks. LIITTEET).

Tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät:

- Rakenteiden rakennusfysikaalinen ja sisäilmatekninen riskiarvio rakenneavauksin selvitettyjen rakennetyyppien perusteella.
- Aistinvaraiset arviot paikan päällä.
- Rakenneavaukset.
- Rakennusmateriaalinäytteenotto mikrobianalyysiä varten (LIITE: Mikrobit yleisesti)
  - LIITE: Suoraviljelymikrobinäytteet
- Rakennusmateriaalinäytteenotto polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen selvittämiseksi (LIITE: Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH))
  - LIITE: PAH-materiaalinäytteet
- Paine-eromittaukset (**Error! Reference source not found.**)
- Sisäilmamittaukset ja -näytteet
  - LIITE: Teolliset mineraalikulitulaskeumanäytteet
- Rakenteiden ja rakenneliitosten tiiveysmittaukset
  - LIITE: Merkkiainekokeet

### 2.6 Käytetyt suunnitelmat ja asiakirjat

Rakennuksen pohjakuva.

Tutkimusta tehtäessä ei ollut muita arkkitehti-/rakennekuvia tai dokumentteja käytettävissä.



15.4.2020

### 3 TUTKITTAVAN KOHTEEN LÄHTÖTIEDOT

#### 3.1 Perustiedot

Rakennus on rakennettu 1950-luvulla ja se toimii tällä hetkellä Hangon kaupungin koulurakennuksena 1–6.luokkalaisille. Koulussa opiskelee noin 250 oppilasta. Rakennuksen eteläsiivessä on kellarikerros sekä kaksi maanpäällistä kerrosta. Rakennuksen kantavan runkona on paikallavaletut teräsbetonipilarit ja -palkit. Väli-pohja on betonia. Ulkoseinät ovat tiiltä ja kevytbetonia. Yläpohja on betonia ja vesikatteena on konesaumattu pelti.



Kuva 1. Hangon keskuskoulu. <https://www.hanko.fi>

#### 3.2 Raportoidut sisäilmaongelmat

Kahdesta luokkatilassa (2.kerros luokka 3 ja 3.kerros luokka 6) ja rehtorin työhuoneessa on tehty havaintoja mahdollisista sisäilmaongelmista.

#### 3.3 Olemassa olevat tutkimukset

Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy, 25.11.2019.

- Käytävien ikkunoiden todettiin olevan huonossa kunnossa.
- Opettajanhuoneen sekä rehtorin kanslian linoleumimaton todettiin olevan vaurioitunut.

Ennen kellaritilojen rakennustöiden aloittamista kohteessa on tehty asbesti- ja haitta-ainekartoitus.

#### 3.4 Tiedossa olevat korjaukset

Tilaaajalta saadun tiedon perusteella kohteeseen on tehty vuosien varrella joitakin tilojen käyttötarkoituksen muutokseen liittyviä muutostöitä, peruskorjaus ja paikallisia tai rakennusosakohtaisia korjaustöitä.

#### Kanslian ja opettajanhuoneen mattojen uusiminen keväällä 2020

##### Kellarin korjaukset 2019

Kohteen eteläsiiven kellarikerroksen tilojen lattioihin on kesän 2019 aikana tehty korjauksia. Kellarikerrokseen kohdistetuilla toimenpiteillä korjattiin mikrobi- ja kosteusvaurioituneet lattia- ja seinärakenteet. Lattiat purettiin koko eteläsiiven kellarin osasta ja täyttömaat poistettiin vähintään 500 mm vahvuudelta. Myös kevyet väliseinät purettiin ja rakennettiin uudestaan. Ulkoseinät maalattiin vesihöyryäläpäisevällä maalilla. Työt ovat tutkimusajankohtana vielä kesken.

##### Ikkunoiden tiiveyden parantaminen 2017

Ikkunoiden tiivisteet uusittiin ja ikkunoiden paikalliset lahovauriot korjattiin.

##### Ikkunoiden uusiminen 1985-87

Luokkatilojen ikkunat uusittiin, mutta käytävien ikkunoita ei uusittu.



15.4.2020

---

#### 4 RAKENNETUTKIMUKSET

Tutkimusraportti on jaettu rakennusosittain ja rakenneosittain alalukuihin. Rakenneosat käydään läpi pääsääntöisesti Talo 2000 –nimikkeistön mukaisessa järjestyksessä. Raportti on tarkoitettu luettavaksi rinnan erillisen liitetiedoston kanssa. Liitetiedosto sisältää

- paikannuskuvan
- rakenneavaustaulukon
- näytetulostaulukot
- rakenneavauskortit
- laboratorioden analyysilausekset.

Kaikki merkinnät ovat tehty samaan paikannuskuvaan eri tasoille. Tasoja pystyy ottamaan näkyviin tai piilottamaan valintanauhasta, jonka saa näkyviin painamalla Ctrl + L. Liitetiedostossa liikkuminen onnistuu linkkien välityksellä, eli esimerkiksi avausta US1.1 klikkaamalla pääsee siirtymään suoraan avausta koskevaan rakenneavauskorttiin. Näytettä klikkaamalla pääsee siirtymään näytetulostaulukoon. Taulukoiden ja korttien jne. lopussa on ”palaa paikannuskuvaan” -linkki.

Rakenneosaluku on jaettu alla oleviin kappaleisiin:

##### Sijainti

Kappaleessa käy ilmi missä päin rakennusta kyseisessä luvussa tarkasteltava rakenne/rakenteet sijaitsevat.

##### Rakenne

Kappaleessa on esitetty kyseisessä luvussa tarkasteltava rakenne/rakenteet. Kappaleessa kerrotaan, jos rakenneavauksista on todettu kyseisen rakenteen poikkeavan oletetusta/suunnitelmien mukaisesta rakenteesta.

##### Riskiarvio

Kappaleessa käydään läpi kyseisessä luvussa tarkasteltavan rakenteen/rakenteiden yleisimmän kosteus- ja sisäilmatekniset riskit. Riskiarviossa läpikäytyt riskit toimivat tutkimuskysymyksinä tutkimusta tehtäessä. Tutkimuksilla pyritään selvittämään mitkä riskeistä ovat käyneet tai eivät ole käyneet toteen.

##### Tutkimukset ja havainnot

Kappaleessa käydään läpi kyseisessä luvussa tarkasteltavaan rakenteeseen/rakenteisiin tehdyt tutkimukset, mittaukset ja havainnot sekä niiden tulokset. Luvussa tehdään yhteenveto rakenteeseen/rakenteisiin tehtyjen rakenneavausten havainnoista ja näytetuloksista. Rakenneavauskohtaiset havainnot ovat esitetty liitteenä olevassa rakenneavausten kokoojataulukossa sekä rakenneavauskorteissa.

##### Johtopäätökset

Kappale on pohdintaa siitä, että mitkä riskiarviossa esitetyistä riskeistä ovat tutkimusten perusteella käyneet toteen kyseisessä rakenteessa/rakenteissa. Kappaleessa otetaan lisäksi kantaa vaurioiden syihin, vaurioiden laajuuteen sekä vaurioiden vaikutuksesta rakennuksen sisäilman laatuun.

##### Toimenpide-ehdotukset

Kappaleessa esitetään toimenpide-ehdotukset, joiden avulla voidaan varmistua, että tarkasteltava rakenne/rakenteet saadaan korjattua kosteus- ja sisäilmateknisesti toimiviksi. Toimenpide-ehdotusten tarkoituksena ei ole olla valmis korjaussuunnitelma. Korjaussuunnitelma tehdään erikseen raportin valmistumisen jälkeen.

15.4.2020

#### 4.1 Pilarit

##### Sijainti

Yksi pilarilinja kulkee käytävän ja luokkien välisen väliseinän kohdalla. Lisäksi ulkoseinien sisässä on pilasterit.

##### Rakenne

Pilarit ovat teräsbetonisia ja paikallavalettuja. Pilarin ulko- tai sisäpuolella saattaa olla lämmöneriste.

##### Riskiärvio

- Pilarien ulkopuolella oleva lämmöneriste voi olla vaurioitunut ulkopuolisen kosteuden seurauksena.
- Pilarien sisäpuolella oleva lämmöneriste voi olla vaurioitunut, jos sisäilman kosteus pääsee tiivistymään pilarin sisäpintaan.

##### Tutkimukset ja havainnot

Tutkimuksessa ei tehty rakennuksen ulkopuolisia rakenneavauksia, mutta pilarin sisäpuolella ei havaittu lämmöneristettä 1.kerrosnurkkahuoneeseen tehdystä avauksesta. Pilarin sisällä noin 35 mm syvyydellä sisäpinnasta kulki paksu metallinen putki tms. Avauksessa ei havaittu muuta poikkeavaa.



Kuva 2. Pilarin sisäpuolelle tehty rakenneavaus.

##### Johtopäätökset

Pilarien sisäpuolella ei havaittu lämmöneristettä, joka voisi olla vaurioitunut.

##### Toimenpide-ehdotukset

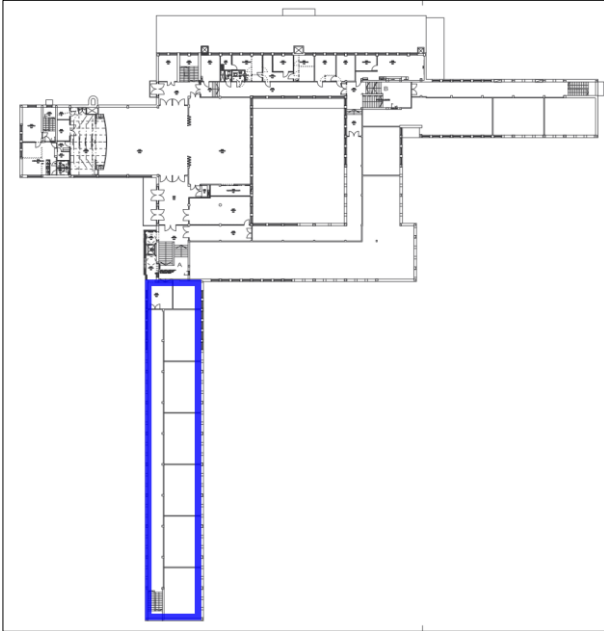
Ei toimenpide-ehdotuksia.

15.4.2020

## 4.2 Välipohjat

### Sijainti

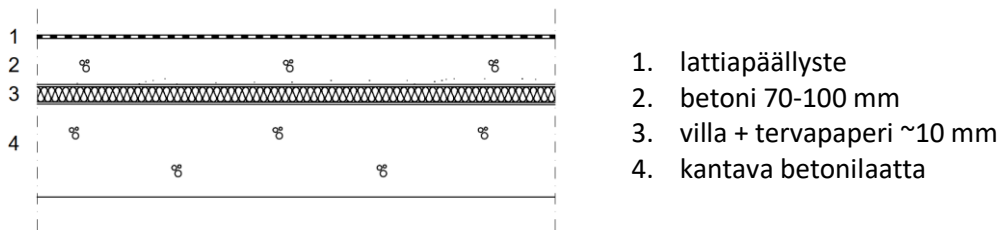
Eteläsiiven välipohjarakenne ei ollut tiedossa tutkimuksen alkaessa. Välipohjan rakenne selvitettiin rakenneavausten avulla. Oletuksena on, että sekä 1. että 2.kerroksen VP-rakenne on kokonaisuudessaan VP1.



Kuva 3. Eteläsiiven välipohjarakenteen VP1 sijainti (sininen).

### Rakenne

Rakenneavausten perusteella eteläsiiven välipohjarakenne on alla olevan kuvan mukainen.



1. lattiapäällyste
2. betoni 70-100 mm
3. villa + tervapaperi ~10 mm
4. kantava betonilaatta

Kuva 4. Eteläsiiven välipohjarakenne VP1.

### Riskiarvio

- Välipohjan askeläänieristekerros on voinut vaurioitua betonin rakennekosteuden tai rakennuksen käytönaikaisten vesivahinkojen tai siivousvesien seurauksena.
- Askeläänikerroksesta voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

### Tutkimukset ja havainnot

Tutkimuksessa tehtiin neljä rakenneavausta välipohjarakenteeseen. Kaksi avauksista tehtiin 1.kerrokseen ja kaksi 2.kerrokseen. Kaikissa muissa avauksissa havaittiin askeläänieristevilla pintalaatan alla paitsi 1.kerrokseen nurkkahuoneeseen tehdyssä avauksessa (VP1.3), jossa porauksessa vastaan tuli ainoastaan betonia. Avauksissa ei aistinvaraisesti havaittu poikkeavuuksia eikä poikkeavaa hajua. Avauksista otettiin kolme materiaalinäytettä askeläänieristevillasta ja tervapaperista mikrobianalyysejä varten. Tulosten perusteella yhdessä näytteessä oli viite vauriosta (luokka 3) ja kahdessa oli lievä viite vauriosta.

15.4.2020

---

Tervapaperista otetun PAH-näytteen PAH-pitoisuus (5,2 mg/kg) ei ylittänyt vaarallisen jätteen raja-arvoa (200 mg/kg). Paperi ei myöskään haissut poikkeavalle.

Rakenteeseen tehdyn merkkiainekokeen (mak2) perusteella (kaasua syötettiin eristekerrokseen) ei havaittu ilmavuotoja eristekerroksesta sisäilmaan.

#### Johtopäätökset

Tulosten perusteella välipohjarakenteen sisällä oleva askeläänieristeillä vaikuttaa lievästi mikrobivaurioituneelta, mutta ei sisällä haitallisia määriä PAH-yhdisteitä. Eristeissä oleva mikrobikasvusto on varsin maltillista, tosin luokasta 3 otetussa näytteessä oli kohtalaisesti aktinomykettejä.

Kuten useissa aikaisemmissakin vastaavanlaiseen rakenteeseen tehdyissä merkkiainekokeissa, ei ilmayhteyttä vaurioituneen villan ja sisäilman välillä saatu todennettua. Villakerros on ohut ja niin kasaan painunut, ettei merkkiainekaasu pääse liikkumaan kerroksessa kunnolla. Villakerroksesta voi olla lievä ilmayhteys sisäilmaan pintalaatan reuna-alueilta, kuten ulkoseinän ja väliseinien vierustoilta, mutta villan vaurioiden vaikutuksen sisäilman laatuun arvioidaan olevan varsin pieni.

Askeläänieriste villan on todettu useissa eri tutkimuksissa olevan mikrobivaurioitunut. Todennäköinen syy vaurioille on rakentamisen aikainen kosteusrasitus tai rakennuksen käytönaikainen liiallisten siivousvesien joutuminen eristekerrokseen.

#### Toimenpide-ehdotukset

Tutkimuksen perusteella välipohjarakenteen osalta ei ole tarvetta akuuteille korjauksille, muissa tiloissa kuin 1.kerroksen luokassa 3.

Luokan 3 osalta kiireellisenä ja kevyenä toimenpiteenä suositellaan olemassa olevan rakenteen liitoksien ja läpivientien tiivistämistä ilmatiiviiksi. Tiivistyskorjaus voidaan tehdä joko betonipintaa vasten poistamalla muovimatto (varmempi tapa) tai muovimaton päälle (kevyin ja epävarmin tapa).

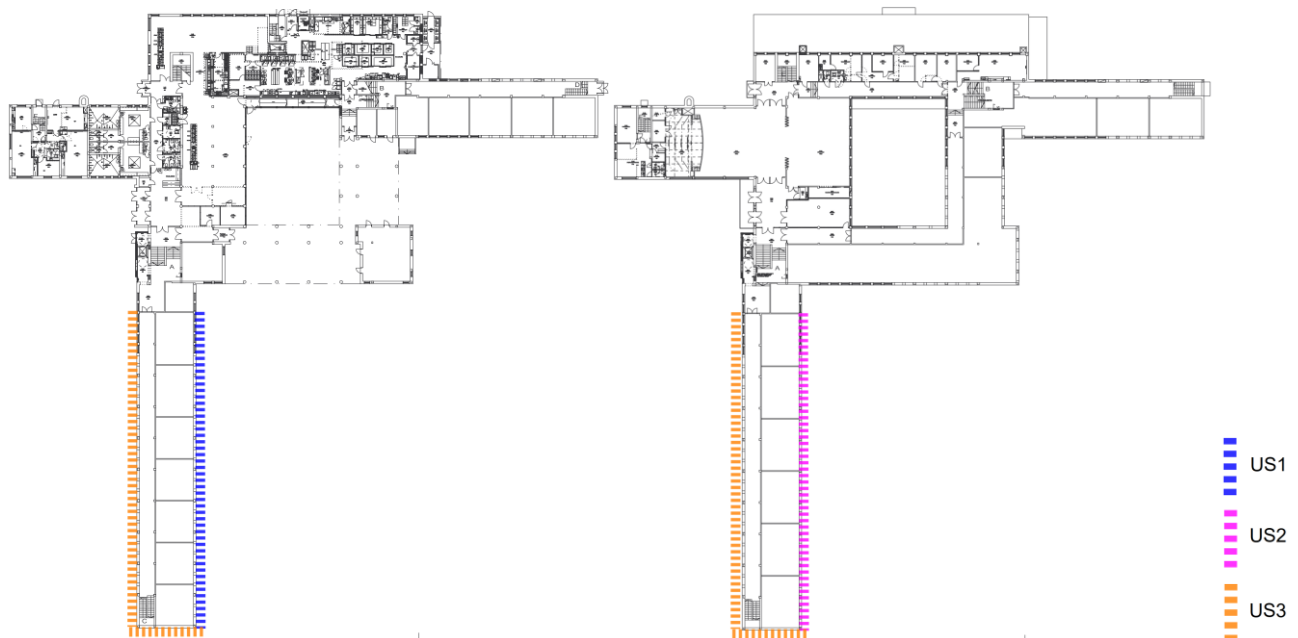
Oikeaoppinen ja varmin tapa korjata rakenne on purkaa rakenne kantavaan betonilaattaan asti ja uusia vaurioituneet eristemateriaalit ja pintalaatta. Tämä korjaus on kuitenkin varsin raskas ja siihen tulee varata paljon aikaa uuden pintalaatan kuivumisen takia. Pintalaatan ja askeläänieristeen uusiminen kauttaaltaan olisi vaurioihin nähden ylivoimainen, mutta se voidaan harkita tehtäväksi seuraavan peruskorjauksen yhteydessä.

15.4.2020

### 4.3 Ulkoseinät

#### Sijainti

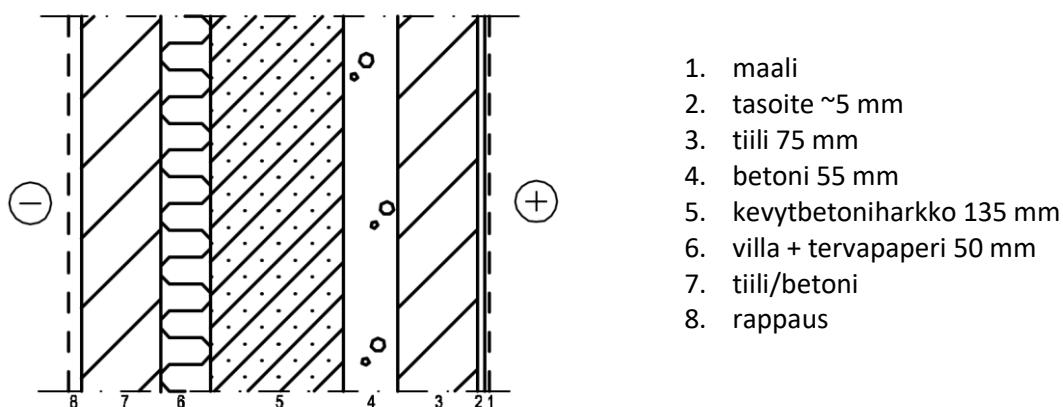
Eteläsiiven ulkoseinärakenteiden sijainnista ei ollut tietoa tutkimuksen alkaessa. Ulkoseinärakenteiden sijainnit selvitettiin rakenneavausten avulla. Avauksissa havaittiin kolme erilaista ulkoseinärakennetta, joiden oletetut sijainnit ovat merkitty alle oleviin paikannuskuviin.



Kuva 5. Eteläsiiven ulkoseinärakenteiden sijainnit. Vasemmalla 1.kerros ja oikealla 2.kerros.

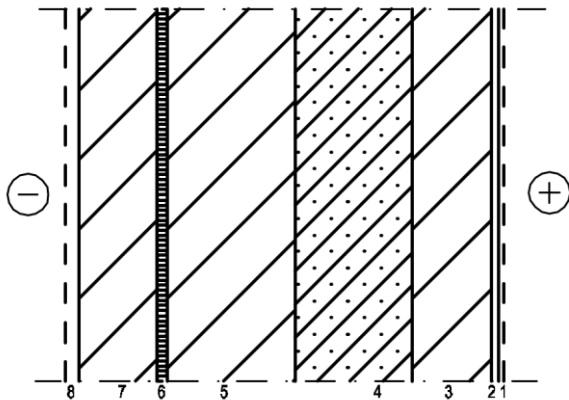
#### Rakenne

Rakenneavausten avulla selvitetty ulkoseinärakenteet ovat esitetty alla olevissa kuvissa.



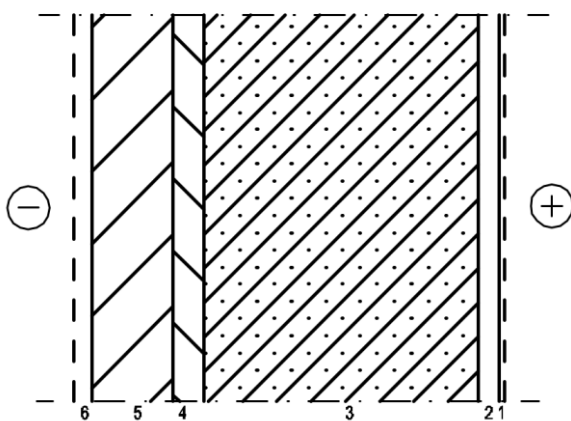
Kuva 6. Eteläsiiven itäisivun ulkoseinärakenne US1 (1.krs).

15.4.2020



1. maali
2. tasoite ~5 mm
3. tiili 75 mm
4. kevytbetoniharkko 120 mm
5. tiili 130 mm
6. villa + tervapaperi 10 mm
7. tiili
8. rappaus

Kuva 7. Eteläsiiven itäisivun ulkoseinärakenne US2 (2.krs).



1. maali
2. tasoite ~30 mm
3. kevytbetoniharkko 250-300 mm
4. tasoite ~40 mm
5. tiili 130 mm
6. rappaus

Kuva 8. Eteläsiiven länsisivun ja päädyn ulkoseinärakenne US3.

### Riskiarvio

- Rapatun julkisivun riskinä on rappauksen ja sen liitosten sadevedenpitävyys. Halkeamat tai kolot rappauksessa tai sen liitoksissa voivat mahdollistaa sadeveden pääsyn rakenteen sisään. Rappauksen läpi julkisivutiileen viistosateella kapillaarisesti imeytynyt vesi voi vaurioittaa lämmöneristettä. Lämmöneristeen ja tiiliulkokuoren välistä puuttuva ilmarako lisää eristeen vaurioitumisriskiä.
- Ulkoseinärakenteen eristekerroksesta saattaa olla ilmayhteys sisäilmaan esimerkiksi ikkunaliitosten kautta, jolloin eristetilan vauriot voivat heikentää sisäilman laatua.

### Tutkimukset ja havainnot

Ulkoseiniin tehtiin yhteensä kahdeksan rakenneavausta, joiden avulla selvitettiin ulkoseinän rakennetyypit sekä eristemateriaalien kunto. Rakenteeseen US1 tehtiin kolme avausta, rakenteeseen US2 yksi avaus ja rakenteeseen US3 neljä avausta. Rakenteen US1 eristeistä otetuista kolmesta materiaalinäytteestä yhdessäkään ei ollut viitettä vaurioista, mutta villan havaittiin olevan lievästi tummunut. Rakenteen US2 villaeristeestä otetussa näytteessä ei ollut viitettä vauriosta. Rakenteen US3 kevytbetonista otettiin kolme materiaalinäytettä, joista viite vauriosta oli ainoastaan eteläseinustalta otetussa näytteessä. Eteläseinustan näytteessä kasvoi runsaasti aktinomykettejä. Avauksissa ei havaittu poikkeavia hajua tms., mutta avauksessa US1.5 (käytävä) havaittiin voimakas ilmavirta ikkunan alta sisäilmaan.

Ulkoseinärakenteeseen US1 normaaleissa käyttöolosuhteissa tehdyssä merkkiainekokeessa (mak1) ei havaittu vuotoja eristekerroksesta sisäilmaan.



15.4.2020



Kuva 9. Rakennuksen eteläsiiven julkisivu on rapattu ensimmäisen ja toisen kerroksen osalta.

#### Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella ulkoseinärakenteiden eristekerrokset ovat muihin vastaavanlaisiin ja vastaavan ikäisiin aikaisemmissa tutkimuksissa tutkittuihin rakenteisiin verrattuna hyvässä kunnossa. Eriste on vaurioitunut ainoastaan eteläsiiven eteläsivulla, joka on kaikista säärasitetuin julkisivu. Eriste on todennäköisesti vaurioitunut viistosateen seurauksena. Eteläjulkisivulla ei ole yhtään ikkuna-aukkoa päätyluokkatiloihin, vaan ainoastaan käytävään. Näin ollen ikkunaliitosten kautta tapahtuvia ilmavuotoja eristekerroksesta sisäilmaan ei pääse tapahtumaan tiloihin, joissa oleskellaan pitkäaikaisesti. Ilmavuotoja voi tapahtua kuitenkin kevytbetonin läpi sekä ulkoseinä-välipohjaliitosten kautta erityisesti, jos sisäpuolen tasoitekerroksessa on halkeamia tai epäjatkuvuuskohtia. Ulkoseinän kevytbetonin vauriot voivat heikentää sisäilman laatua eteläsivun päätyluokissa.

Vaikka ilmayhteyttä ulkoseinien eristekerroksesta sisäilmaan ei merkkiainekokeilla saatu todennettua, on ilmayhteys epätiivien ikkunaliitosten kautta sisäilmaan kaikkien ulkoseinärakenteiden osalta todennäköinen.

#### Toimenpide-ehdotukset

Ulkoseinärakenteiden osalta kiireellisenä toimenpiteenä suositellaan merkkiainekokeita eteläpäädyn ulkoseinään, jotta voidaan arvioida tarkemmin eristevaurioiden vaikutusta päätyluokkien sisäilman laatuun.

Ikkunoiden uusimisen yhteydessä ikkunan ja ulkoseinän liitos tiivistetään ilmatiiviiksi.

Seuraavan peruskorjauksen yhteydessä eteläsivun lämmöneriste suositellaan uusittavan.



15.4.2020

#### 4.4 Ikkunat

##### Sijainti

Käytävien ja porrashuoneen ikkunat ovat alkuperäisiä. Luokkien ikkunat ovat uusittu 1980-luvulla.

##### Rakenne

Käytävien alkuperäiset ikkunat ovat kaksipuitteisia ja kaksilasisia puurunkoikkunoita. Porrashuoneen ikkuna on kaksipuitteinen ja kaksilasinen teräsrunkoinen ikkuna. Luokkien 80-luvulla uusitut ikkunat ovat kaksipuitteisiä ja kolmilasisia puurunkoikkunoita. Ikkunat ovat uusittu vanhojen karmien sisäpuolelle siten, että vanhat karmit ja tilkkeet ovat jääneet ulkoseinärakenteen sisään. Vanhojen ikkunoiden tilkemateriaalina on käytetty lumppeja ja pellavarivettä. Uusitut ikkunat ovat tilkitty uretaanivaahdolla.

##### Riskiarvio

- Käytävien ikkunat ovat aikaisemmissa tutkimuksissa todettu huonokuntoisiksi ja niiden uusimista suositeltiin. Käytävien ikkunoiden ulkopuoliset pellityksen jne. ovat puutteellisia. Luokkien ikkunoiden kunto on kohtalainen.
- Vanha ikkunatilke sekä vanhat karmit ja apukarmit voivat olla mikrobivaurioituneet ulkopuolisen kosteuden seurauksena.
- Vauriorakenteista voi olla ilmayhteys sisäilmaan.

##### Tutkimukset ja havainnot

Tutkimuksessa tehtiin neljä rakenneavausten ikkunanpieliin. Kaksi avausta tehtiin luokkien uusittuihin ikkunoihin ja kaksi käytävien alkuperäisiin ikkunoihin. Vanhasta ikkunatilkkeestä otetuissa näytteissä kahdessa oli viite vauriosta ja kahdessa lievä viite vauriosta. Kahdessa vanhasta karmipuusta otetussa näytteessä toisessa oli viite vauriosta ja toisessa ei. Alkuperäisten ikkunoiden karmit olivat paikoin erittäin lahoja.

Alkuperäisissä ikkunoissa ei havaittu apukarmeja. Avauksissa ei muuten havaittu poikkeamaa, paitsi avauksessa IK2.1, jossa lumpputilke haisi märälle. Kumpienkaan ikkunoiden liitos ulkoseinään ei ole ilmatiivis.



##### Johtopäätökset

Alkuperäiset ikkunat ovat ylittäneet teknisen käyttöikänsä, joka on normaaleissa olosuhteissa 50 vuotta. Luokkien uusituilla ikkunoilla käyttöikää on vielä jonkin verran jäljellä. Tutkimuksen perusteella vanha ikkunatilke on mikrobivaurioitunut ja vanhat karmit ovat paikoin laho-/mikrobivaurioituneet. Vauriot johtuvat todennäköisesti rakenteen sisään viistosateella pääsevistä vedestä. Vauriot voivat heikentää koko kerroksen sisäilman laatua, koska ikkunoiden liitos ulkoseinään ei ole ilmatiivis. Lahonneet ikkunarakenteet voivat aiheuttaa turvallisuusriskin tilojen käyttäjille.

15.4.2020

### Toimenpide-ehdotukset

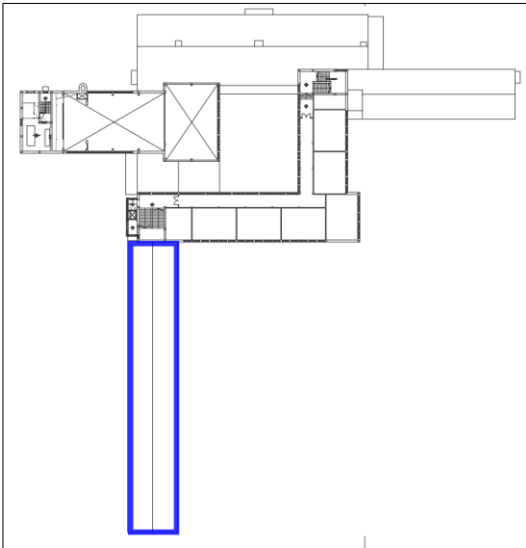
Käytävien alkuperäiset ikkunat uusitaan. Vanhat ikkunat, tilkkeet ja listat/pellitykset poistetaan kokonaan. Uudet ikkunat tilkitään uretaanivaahdolla ja ikkunan liitos ulkoseinään tiivistetään sisäpuolelta ilmatiiviiksi. Korjaus suositellaan tehtäväksi lähiaikoina. Alkuperäisten ikkunoiden tiivistäminen ei ole järkevää.

Luokkien uusittujen ikkunoiden kunto on kohtalainen, eikä niiden uusimiselle ole vielä tarvetta. Luokkien ikkunoiden liitos ulkoseinään suositellaan kuitenkin tiivistettävän lähiaikoina, jotta saadaan katkaistua ilmayhteys vaurioituneesta tilkekerroksesta sisäilmaan.

## 4.5 Yläpohja- ja vesikattorakenteet

### Sijainti

Eteläsiiven yläpohjarakenteesta ei ollut tietoa tutkimuksen alkaessa. Yläpohjarakenne selvitettiin rakenneavauksen avulla. Rakennuksen eteläsiiven yläpohjarakenne on tutkimuksen perusteella kauttaaltaan YP1. Sijainti on merkattu alla olevaan kuvaan sinisellä.

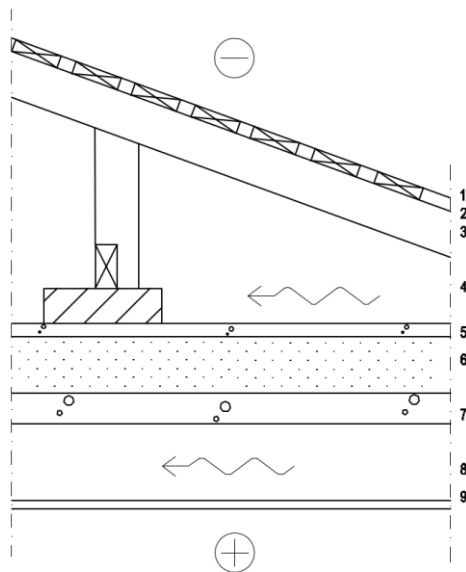


Kuva 10. Eteläsiiven yläpohjarakenteen YP1 sijainti (sininen).

### Rakenne

Rakenneavauksella selvitetty yläpohjan rakenne YP1 on piirretty alla olevaan kuvaan.

15.4.2020



1. peltikate
2. harvalaudoitus
3. puurunko
4. tuulettuva ilmatila
5. betonointi
6. kevytbetoni 130 mm
7. kantava betonilaatta 70 mm
8. ilmatila/alakattotila
9. alakattolevy

Kuva 11. Yläpohjarakenne YP1.

Riskiarvio

- Yläpohjan lämmöneriste voi olla vaurioitunut vesikattovuotojen tai sisäilman kosteuden seurauksena.
- Nykysuositusten mukaan peltikatteen alla tulee käyttää aluskatetta, jonka tarkoituksena on johtaa vuotovedet ja vesikatteen alapintaan tiivistyvä vesi hallitusti ulkoseinälinjan ulkopuolelle.

Tutkimukset ja havainnot

Yläpohjaan tehtiin yksi rakenneavaus, josta otettiin yksi materiaalinäyte lämmöneristeenä olevasta kevytbetonista. Näytteessä ei ollut viitettä vauriosta. Avauksessa ei havaittu huomautettavaa tai poikkeavia hajuja.

Yläpohjan ilmatilaan on kaksi tuuletusaukkoa rakennuksen eteläpäädyssä, mutta muita tuuletusaukkoja ei eteläsiivessä havaittu. Yläpohjan tuuletustilassa oleva ilma vaikutti pölyiseltä.

Yläpohjarakenteen alapuolella on puinen alakattorakenne, jonka ilmatila ei tuuletetu. Alakaton puurakenteet ovat osittain tehty kertaalleen käytetystä puutavarasta tai muottilautoista tms.

Yläpohjassa havaittiin joitakin vuotokohtia vesikaton läpivientien kohdalla. Vesikatteenä olevan pellin havaittiin olevan paikoin ruosteessa ja ruodelautojen paikoin lahovaurioituneita. Vesikatossa ei ole aluskatetta.



Kuva 12. Yleiskuvat yläpohjan tuuletustilasta sekä eteläseinässä olevista tuuletusaukoista.



15.4.2020



Kuva 13. Vesikaton vuotokohta.



Kuva 14. Vesikatteen ruosteaurio ja kuva alakattotilasta.



### Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella yläpohjan lämmöneristeessä ei havaittu mikrobivaurioita, mutta alakattojen puurakenteet ovat paikoin tehty vanhoista muottilaudoista.

Katonrajassa painesuhteet ovat normaaleissa käyttöolosuhteissa tavallisesti siten, että mahdollisten ilmapuotojen suunta on alhaalta ylöspäin, koska huonetilan yläosa on tavallisesti ylipaineinen yläpohjaan nähden. Lisäksi yläpohjan paikalla valettu kantava betonilaatta on varsin ilmatiivis rakenne. Näin ollen ilmapuodot yläpohjasta sisäilmaan ovat epätodennäköisiä. Yläpohjarakenteen ei arvioida heikentävän alapuolisten tilojen sisäilman laatua.

Vesikaton vuodot ja puuttuva aluskate aiheuttavat riskin yläpohjaeristeen mikrobivaurioitumiselle. Nykymääräysten mukaan konesaumapeltikaton alle tulee asentaa aluskate. Aluskatteen lisääminen ilman vesikatteen poistamista on hankalaa.

Normaaleissa käyttöolosuhteissa sinkityn ja maalatun peltikatteen tekninen käyttöikä on noin 60 vuotta, joten vesikatteen ollessa alkuperäinen, on se teknisen käyttöikänsä lopussa.

### Toimenpide-ehdotukset

Kiireellisenä toimenpiteenä suositellaan vesikatteessa olevien vuotokohtien paikkaamista.

15.4.2020

Vesikatteen ollessa alkuperäinen, on syytä varautua vesikaton uusimiseen seuraavassa peruskorjauksessa. Vesikaton uusimisen yhteydessä vähimmäistoimenpiteenä suositellaan vaurioituneiden ruodelautojen uusimista. Lisäksi vesikatteen alle lisätään aluskate.

Vesikaton uusimisen yhteydessä on syytä harkita lämmöneristeen lisäämistä yläpohjaan, jotta rakennuksen energiatehokkuutta saadaan parannettua. Eristettä lisättäessä tulee yläpohjatilan tuuletusta parantaa samalla. Vaikka yläpohjaeristeessä ei havaittu mikrobivaurioita, voi eristeen uusiminen peruskorjauksen yhteydessä olla viisasta. Tällöin kokonaan uudella eristeellä päästään ohuempiin rakennepaksumuksiin ja lisäksi kantavan betonilaatan yläpintaan saadaan asennettua oikeaoppisesti höyrynsulkukerros.

Muottilautoista rakennetut alakatot uusitaan peruskorjauksen yhteydessä.

#### 4.6 Sisäkattopinnot

##### Riskiarvio

- Kattopinnoilla voi olla akustiikkalevyjä, jotka saattavat toimia sisäilman mineraalikuitulähteinä.

##### Tutkimukset ja havainnot

Käytävän alakatoissa on akustiikkalevyjä, jotka sisältävät mineraalivillaa. Luokissa ei vastaavanlaisia levyjä ole.



Kuva 15. Käytävän katto ja kotelon villalevyt.

##### Johtopäätökset

1.kerrosikäytävältä otetun kuitulaskeumanäytteen perusteella sisäilman kuitupitoisuus ylittää asumisterveysasetuksen toimenpiderajan sekä TTL:n viitearvon (ks. *Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet*). Kuidut ovat todennäköisesti peräisin käytävän akustiikkalevyistä. Levyissä on läpivientejä sekä kiinnityksiä, joissa on avoin villapinta.

Luokkien sisäilman kuitupitoisuus oli matalampi.

##### Toimenpide-ehdotukset

Käytävien akustiikkalevyt suositellaan uusittavan tai pinnoitettavan lähiaikoina, jotta kuituja ei leviä sisäilmaan.

15.4.2020

## 5 SISÄILMAN NÄYTTEET JA MITTAUKSET

### 5.1 Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet

Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteiden raja-arvoja sekä mittausmenetelmä on esitetty liitteenä olevassa ohjekortissa (LIITE: Teolliset mineraalikuitulaskeumanäytteet).

#### Tulokset

Eteläsiivestä otettiin kolme kahden viikon kuitulaskeumanäytettä. Laskeumanäytteiden tulokset ovat esitetty alla olevassa taulukossa. Tulosten perusteella käytävältä otetussa näytteessä kuitujen määrä ylittää asumisterveysasetuksen toimenpiderajan (0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>).

Taulukko 1. Kuitulaskeumanäytteiden tulokset.

| Näytenumero | Tila         | Kerros | Tulkinta (FCG)     | Tulos |
|-------------|--------------|--------|--------------------|-------|
| KL2         | nurkkaluokka | 2.krs  | Alle viitearvon    | < 0,1 |
| KL3         | luokka 3     | 1.krs  | Viitearvo          | 0,2   |
| KL4         | käytävä      | 1.krs  | Ylittää viitearvon | 1     |

#### Johtopäätökset

Käytävän kuitupitoisuus ylittää asumisterveysasetuksen toimenpiderajan sekä TTL:n viitearvon, minkä perusteella tulee ryhtyä toimenpiteisiin kuitulähteen selvittämiseksi ja kuitujen sisäilmaan leviämisen estämiseksi. Kuidut ovat todennäköisesti peräisin käytävän akustiikkalevyistä.

#### Toimenpide-ehdotukset

Käytävien akustiikkalevyt uusitaan tai pinnoitetaan, jotta kuituja ei leviä sisäilmaan.

15.4.2020

## 6 ALTISTUMISOLOSUHDEARVIO

### 6.1 Arvioinnin pääperiaatteet

Altistumisolosuhteen arviointi perustuu Työterveyslaitoksen laatimiin pääperiaatteisiin, joita soveltaen arvioidaan, kuinka todennäköisesti tilassa tai rakennuksessa voi altistua rakennuksesta tai rakenteista peräisin olevien epäpuhtauksien aiheuttamalle olosuhdepoikkeamalle. Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan arviointi suoritetaan neljän peruskriteerin perusteella:

1. Mikrobivaurioiden laajuus rakenteessa
2. Ilmayhteys epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen paine-erot
3. Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun
4. Rakennuksesta peräisin olevat muut sisäilman epäpuhtaudet

Tavanomaisesta poikkeavan olosuhteen todennäköisyyttä arvioidaan neljäportaisella asteikolla ja arviointi tehdään merkittävimmän sisäilman laatuun vaikuttavan epäpuhtauslähteen mukaan. Kaikkien pääperiaatteiden ei tarvitse täytyä, mutta kaikki tekijät vaikuttavat lopulliseen tulkintaan vallitsevasta altistumisolosuhteesta. Eri tekijöitä on tarkasteltava arvioinnissa samanaikaisesti.

Alla on kuvattu tässä altistumisolosuhdearvioinnissa sovellettujen eri altistumisolosuhdetasojen arvioinnin pääperiaatteita:

|  |
|--|
| <b>1. Haitallinen altistumisolosuhde EPÄTODENNÄKÖINEN</b>  |
| <ol style="list-style-type: none"><li>1.1. Rakennuksessa ei ole todettu mikrobivaurioituneita rakenteita.</li><li>1.2. Epäpuhtauslähteistä ei ole ilmavuotoreittejä työ- tai oleskelutiloihin.</li><li>1.3. Tilan akustiikkamateriaaleissa tai ilmanvaihtojärjestelmässä ei ole mineraalivillakuitulähteitä, joista voi irrota kuituja sisäilmaan.</li><li>1.4. Käytössä olevat rakennusmateriaalit ja kalusteet ovat M1-luokiteltuja.</li><li>1.5. Sisäilman laatu vastaa tilan käyttötarkoitukselle asetettuja viite- ja ohjearvoja.</li></ol>   |
| <b>2. Haitallinen altistumisolosuhde MAHDOLLINEN</b>   |
| <ol style="list-style-type: none"><li>2.1. Rakenteessa on helposti rajattavia ja korjattavia mikrobivaurioita, vauriokorjaukset ovat alle 1 m<sup>2</sup>.</li><li>2.2. Epäpuhtauslähteistä on todettu ilmavuotoreittejä työ- tai oleskelutilojen sisäilmaan.</li><li>2.3. Tiloissa ja tai ilmanvaihtojärjestelmässä on mineraalivillakuitulähteitä, joista voi irrota kuituja sisäilmaan.</li><li>2.4. Betonilattiarakenteessa on todettu poikkeavaa kosteutta, jonka seurauksena on todettu paikallisia pinnoitevaurioita (emissiopäästöt).</li><li>2.5. Tilan käyttötarkoituksen perusteella asetetut sisäilman laadun viite- ja ohjearvot ylittyvät.</li></ol> |
| <b>3. Haitallinen altistumisolosuhde TODENNÄKÖINEN</b>   |



15.4.2020

- 3.1. Rakenteissa on laaja-alaisia mikrobivaurioita, korjauslaajuus on merkittävä ja se koskee koko rakennusosaa tai suurta osaa siitä (esim. alapohjarakenne).
- 3.2. Vaurioituneista rakenteista tai epäpuhtaammasta tilasta on säännöllisiä ja useita ilmapuotoreittejä työ- tai oleskelutilan sisäilmaan.
- 3.3. Tilan käyttötarkoituksen perusteella asetetut sisäilman laadun viite- ja ohjearvot ylittyvät ja sisäilman epäpuhtauslähde on todettu ja paikallistettu.
- 3.4. Betonilattiarakenteessa on todettu poikkeavaa kosteutta, jonka seurauksena on todettu laajoja pinnoitevaurioita (emissiopäästöt).
- 3.5. Rakenteessa on käytetty kreosoottia, epäpuhtauslähteestä on ilmayhteys sisäilmaan ja työ- tai oleskelutilojen sisäilmassa on kreosoottiin viittaava haju.
- 3.6. Sisäilman radonpitoisuudet ylittävät Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt ohjearvot ja säteilyasetuksen toimenpiderajan.

#### 4. Haitallinen altistumisolosuhde ERITTÄIN TODENNÄKÖINEN

- 4.1. Rakennuksessa on useita eri rakenteita, joissa on todettu laaja-alaisia mikrobivaurioita ja rakenteiden korjauslaajuus on merkittävä useassa rakennusosassa (esim. julkisivu, alapohja).
- 4.2. Ilmapuotoreitit epäpuhtauslähteestä ovat säännöllisiä ja niitä on useita. Tilat ovat merkittävästi alipaineisia tai rakenteen ilmanpitävyys on erittäin riskialtis.
- 4.3. Sisäilman laatu ei täytä Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017:n ja sen soveltamisoppaiden minimivaatimuksia.
- 4.4. Tilan käyttötarkoituksen perusteella asetetut sisäilman laadun viite- ja ohjearvot ylittyvät ja sisäilman epäpuhtauslähde on todettu ja paikallistettu.
- 4.5. Rakenteessa on todettu kreosoottia ja siitä on ilmayhteys sisäilmaan. Lisäksi sisäilmassa on todettu viitearvoja suurempia pitoisuuksia PAH-yhdisteitä.

## 6.2 Altistumisolosuhteiden arviointi

Tämän tutkimuksen perusteella rakennuksen eteläsiiven altistumisen todennäköisyyden arvioidaan kauttaaltaan olevan **MAHDOLLINEN**. Syitä tähän ovat:

- Välipohjan askeläänieriste on vaurioitunut, mutta vauriot ovat pääosin lieviä. Vaurioitunutta eristettä on tilavuudeltaan hyvin vähän ja ilmayhteys on korkeintaan lievä.
- Ikkunatilkkeet ovat vaurioituneet, mutta vauriot eivät ole laaja-alaisia. Ilmayhteys sisäilmaan on olemassa.
- Ulkoseinän lämmöneriste on vaurioitunut eteläpäädyn osalta. Ilmayhteys selvitetään.
- Käytävän sisäilman mineraalikulitupitoisuus on koholla.

Eteläpäädyn luokkien osalta arviota voidaan tarkentaa vielä ulkoseinään tehtyjen merkkiainekokeiden jälkeen.

## 6.3 Ohjeiden soveltamiseen liittyvät täydentävät tulkinnat

Alla on kuvattu ohjeiden tulkinnanvaraisuuteen liittyvät linjaukset tätä altistumisolosuhteen arviointia tehtäessä.

### Mikrobivaurion määrittely

Mikrobivaurioksi on tavanomaisesta poikkeavaa altistumisolosuhtetta arvioidessa katsottu sellainen mikrobin esiintyminen rakenteessa tai sen pinnalla, mikä ei nykytiedon mukaan ole tavanomaista. Tavanomaisesti mikrobeja voi esiintyä esimerkiksi ulkovaipan ulko-osissa mistä on ilmayhteys ulkoilmaan, alapohjan maataytöissä, ryömintätilan pinnoilla sekä joissakin muissa käsittelemättömissä tai käsitellyissä rakennusmateria-

15.4.2020

---

aaleissa (esim. kevytsora, hiekkatäytöt, kutterinlastut jne.). Edellä kuvatuissa tapauksissa mikrobien esiintymisen vaikutusta haitallisen altistumisolosuhteen muodostumiseen on arvioitu ensisijaisesti mikrobilajiston ja -määrän sekä ilmavuotoreittien tai -riskien perusteella. Myös edellä kuvatut tavanomaiset mikrobilähteet voivat toimia sisäilman epäpuhtauslähteenä, mikä on huomioitu altistumisriskiä arvioitaessa.

Sisätiloissa tai sisäpinnoilla havaitut mikrobiesiintymät on tulkittu vaurioksi, vaikka kyse olisikin edellä kuvatuista lähteistä. Tavanomaisia yksittäisiä huonekasveja ei ole tulkittu vaurioksi tai mikrobilähteeksi altistumisolosuhdetta arvioitaessa, ellei siihen ole ollut erityistä syytä.

Mikrobivaurioksi on katsottu myös sellainen jatkuva tai usein toistuva ei-tavanomainen olosuhde rakenteen sisällä tai pinnalla, mikä voi mahdollistaa mikrobien kasvulle suotuisat olosuhteet. Myös näkyvä kasvusto tai kosteusvaurio on katsottu mikrobivaurioksi.

#### Mikrobivaurioiden laajuus rakenteessa

Vaurioiden laajuutta ja korjattavuutta on arvioitu lähinnä vaurion koon mukaan. Mikäli vaurion koko on tila- tai vaikutusaluekohtaisesti arvioiden yli 1 m<sup>2</sup>, on vaurio poikkeuksetta katsottu laaja-alaiseksi. Vaurioiden laajuus on arvioitu näkyvien vaurioiden, jatkuvien tai toistuvien vaurio-olosuhteiden (mikrobien kasvuolosuhteet) sekä tutkittujen mikrobinäytteiden perusteella. Lisäksi on pyritty huomioimaan näytteiden edustavuus koko rakenteen kuntoa arvioitaessa. Nykyohjeistuksen mukaan tutkimuksia tehtäessä näytteet on tyyppillisesti otettu todennäköisimmän vaurioituneilta kohdilta, mikä on huomioitu vauriolaajuutta arvioitaessa.

Mikäli mikrobivaurioiden laajuus on tila- tai vaikutusaluekohtaisesti yli 1 m<sup>2</sup>, on haitallinen altistumisolosuhde pääsääntöisesti arvioitu todennäköiseksi, elleivät muut tekijät erityisesti poissulje vaurioiden haitallista vaikutusta. Tällaisia lieventäviä tekijöitä voivat olla esimerkiksi rakenteiden ilmatiiviyn parantaminen, joka on tehty kyseisten vaurioiden terveydellisten haittavaikutusten estämiseksi, ja kun toteutuksen laadunvarmistus on luotettavasti dokumentoitu.

Mikrobivaurioitumisaste ja lajisto on otettu huomioon ilmayhteyden merkittävyyttä arvioitaessa.

#### Ilmayhteys epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen paine-erot

Ilmayhteyttä epäpuhtauslähteestä ja rakennuksen paine-eroja on tarkasteltu niiden yhteisvaikutuksen perusteella. Lisäksi on tarkasteltu molempien tekijöiden vaikutusta erikseen.

Mikäli rakenteessa on havaittu epäpuhtauslähde, josta on ilmayhteys sisäilmaan, on haitallinen altistumisolosuhde pääsääntöisesti katsottu todennäköiseksi tai erittäin todennäköiseksi riippuen epäpuhtauslähteestä, sen voimakkuudesta (vaurioaste, lajisto) ja vaurion koosta (suppea, laaja). Arviointiin vaikuttaa lisäksi rakennuksen paine-erot, jotka voivat lisätä epäpuhtauksien kulkeutumisariskia tai kyseisestä tekijästä johtuvaa altistumisaluetta. Etenkään ulkovaipan yli vaikuttavaa paine-eroa ei ole huomioitu altistumisolosuhdetta lieventävästi, sillä tuulenpaineen hetkittäinen vaikutus voi muuttaa paine-eroja riskialttiimpaan suuntaan.

Altistumisolosuhdetta arvioitaessa rakenteissa on lähtökohtaisesti katsottu esiintyvän vähäisiä tai yksittäisiä ilmavuotopaikkoja, jotka ovat uusillekin rakennuksille tavanomaisia. Ilmavuotojen esiintyminen on tilakohtaisesti katsottu epätodennäköiseksi vain siinä tapauksessa, että ilmanpitävyys on tutkimusten yhteydessä koestettu tai mikäli ilmanpitävyyttä on erikseen korjattu ja korjaustyön laadunvarmistus on luotettavasti dokumentoitu.

Ilmayhteyttä ja epäpuhtauksien leviämisariskia arvioitaessa ei ole otettu huomioon sitä, miten herkästi epäpuhtauksia irtoaa vaurioituneesta rakenteesta.

15.4.2020

---

Edellä mainitun lisäksi ilmavuotoreittien laajuuden ja systemaattisuuden on katsottu vaikuttavan altistumisolosuhteen arviointiin lähinnä altistumisaluearajauksissa sekä altistumisriskin arviointiin erittäin vähäisen vauriolaajuuden ja eri vaurioasteiden tapauksissa.

Edellä kuvatun lisäksi vallitsevien paine-erojen vaikutus on huomioitu epäpuhtauksien leviämisessä rakennuksen sisäilmassa tilojen välillä, ja näin ollen se vaikuttaa lähinnä aluerajauksiin eri tilojen altistumisolosuhteita arvioitaessa. Poikkeavan paine-eron ei yksinään katsota vaikuttavan altistumisriskiin, vaan merkittävämpää on ilmayhteys / ilmanpitävyysvaatimus epäpuhtauslähteestä.

Etenkään ulkovaipan yli vaikuttavaa paine-eroa ei ole huomioitu altistumisolosuhteesta lieventävästi, sillä tuulenpaineen hetkittäinen vaikutus voi muuttaa paine-eroja riskialttiimpaan suuntaan.

#### Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun

Ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan on katsottu vaikuttavan altistumistason arviointiin lähinnä siltä osin, kuin se vaikuttaa muiden vaurioiden tai epäpuhtauksien aiheuttamaan altistumisolosuhteeseen.

Lisäksi on huomioitu mahdollisesti ilmanvaihtojärjestelmästä peräisin olevat epäpuhtaudet tai ilmanvaihdon välityksellä tai vaikutuksesta tapahtuva epäpuhtauksien leviäminen, mikä voi vaikuttaa altistumisalueisiin.

#### Rakennuksesta peräisin olevat muut sisäilman epäpuhtaudet

Mikäli sisäilmassa esiintyy radonia yli säteilyasetuksessa esitetyn toimenpiderajan, on haitallinen altistumisolosuhde arvioitu todennäköiseksi. Haitallinen altistumisolosuhde on arvioitu erittäin todennäköiseksi, mikäli samassa tilassa tai vaikutusalueella on lisäksi havaittu mikrobeja, asbestia tai kreosoottia, jotka voivat toimia sisäilman epäpuhtauslähteenä.

Mikäli tilan tai rakennuksen sisäilmassa on havaittu asbestikuituja tai kreosoottia (tai sen hajua ja kreosoottia rakenteiden sisällä), on haitallinen altistumisolosuhde poikkeuksetta arvioitu erittäin todennäköiseksi.

Mikäli tiloissa on havaittu tilan käyttötarkoitukseen verraten poikkeuksellisen paljon muita epäpuhtauksia, kuten esimerkiksi pölyä, mineraalivillakuituja, VOC-yhdisteitä tai poikkeavia hajuja, on haitallinen altistumisolosuhde pääsääntöisesti arvioitu todennäköiseksi. Viimeksi mainittujen epäpuhtauksien merkittävyyttä altistumisolosuhteeseen on kuitenkin arvioitu yhdessä muiden arviointikriteerien kanssa.

Muiden kuin mikrobiperäisten epäpuhtauksien tai vaurioiden laajuus ja niiden merkittävyys altistumisolosuhteeseen on arvioitu tapaus- ja altistekohtaisesti. Muiden mahdollisten epäpuhtauslähteiden merkittävyyttä on arvioitu ensisijaisesti perustuen siihen, kuinka helposti tai todennäköisesti epäpuhtauksia pääsee leviämään sisäilmaan. Tietyissä altisteissa tai epäpuhtauslähteissä pienialainenkin epäpuhtauslähde voi aiheuttaa terveydellisesti merkittävän altistumisriskin.

Mikäli muut rakennuksesta peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet johtuvat rakenteiden vaurioitumisesta, on altistumisolosuhteesta tällaisissa tapauksissa arvioitu sen perusteella, ylittääkö vaurio tai epäpuhtauspitoisuus sisäilmassa toimenpide- tai korjaustarpeen voimassa olevaan lainsäädäntöön peilaten. Tässä yhteydessä on lisäksi huomioitu muut kriteerit riskiä vähentävästi tai lisäävästi.

#### Altistumisolosuhtetaso määrittely

Edellä kuvatun lisäksi on altistumisolosuhtetasoa määriteltäessä tehty seuraavia linjauksia ja tulkintoja ohjeistuksesta:

**Haitallinen altistumisolosuhde on pääsääntöisesti katsottu mahdolliseksi vain niissä tapauksissa, missä seuraavat ehdot täyttyvät:**

- **Mikrobivauriolaajuus on korkeintaan vähäinen ja**

15.4.2020

---

- Ilmayhteyttä epäpuhtauslähteistä ei todennetusti ole tai epäpuhtauslähteistä on vähäisiä ilmavuotoreittejä, mutta rakennuksen ilmavirtaukset sisätilaan ovat epätodennäköisiä paine-erojen ja ilmanvaihdon toiminnan ansiosta ja
- sisäilmassa ei esiinny poikkeavia hajuja ja
- muita merkittäviä sisäilman epäpuhtauslähteitä ei ole todettu tai niiden vaikutus on tapauskohtaisesti todettu vähäiseksi ja
- asumisterveysasetuksessa tarkoitettu toimenpideraja tai siihen verrattavissa oleva korjausvelvoite ei täyty.

**TAI**

- Mikrobivauriolaajuus rakenteiden sisällä on vähäistä suurempi ja
- Mikrobivaurioiden haitallinen vaikutus rakennuksen sisäilman terveellisyyteen on aiemmin estetty soveltuvien korjausmenetelmin ja
- Korjaustyön toteutus ja laadunvarmistus on luotettavasti dokumentoitu ja
- Korjaustyöhankkeessa on määritelty korjauksille käyttöikä, jota ei ole arviointihetkellä ylitetty tai jos on ylitetty, niin sen jälkeen on erillisin tutkimuksin todettu korjausten edelleen toimivan suunnitellusti ja
- Epäpuhtauslähteistä ei todennetusti ole arviointihetkellä ilmavuotoreittejä ja
- Sisäilmassa ei esiinny poikkeavia hajuja ja
- Kaikki muut arviointikriteerit tukevat hyvien sisäilmasto-olosuhteiden ylläpitoa ja
- asumisterveysasetuksessa tarkoitettu toimenpideraja tai siihen verrattavissa oleva korjausvelvoite ei täyty.

**Haitallinen altistumisolosuhde on pääsääntöisesti katsottu todennäköiseksi, jos**

- Rakenteissa esiintyvien mikrobivaurioiden laajuus on vähäistä suurempi ja
- Epäpuhtauslähteistä on vähäisiä tai systemaattisia ilmavuotoreittejä sisäilmaan ja
- sisäilmassa voi esiintyä muita epäpuhtauslähteitä, ei kuitenkaan radonia, kreosoottia (tai sen hajua) tai asbestikuitulähteitä.

**TAI**

- Mikrobivauriolaajuus on vähäinen ja
- Epäpuhtauslähteistä on systemaattisia tai tilakohtaisesti vähäistä suurempia ilmavuotoreittejä tai
- Paine-erot lisäävät epäpuhtauksien leviämisen riskiä tai ilmanvaihdon toiminta ei tue hyvien sisäilmasto-olosuhteiden säilymistä.
- Sisäilmassa voi esiintyä muita epäpuhtauslähteitä, ei kuitenkaan radonia, kreosoottia (tai sen hajua) tai asbestikuitulähteitä.

**TAI**

- Mikäli sisäilmasta mitatut radonpitoisuudet ylittävät toimenpiderajan

**TAI**

- Asumisterveysasetuksessa tarkoitettu toimenpideraja tai siihen verrattavissa oleva korjaus- tai kunnossapitovelvoite täyttyy edellä kuvattujen tai muiden epäpuhtauslähteiden vuoksi.

**Haitallinen altistumisolosuhde on pääsääntöisesti katsottu erittäin todennäköiseksi, jos**

- Sisäilmassa esiintyy asbestikuituja, kreosoottia (tai sen hajua sisäilmassa ja kreosoottia rakenteiden sisällä) tai
- Sisäilmassa esiintyy aiemmissa kohdissa esitetyn lisäksi radonia tai

15.4.2020

---

- Rakenteissa havaitut mikrobivauriot ovat laaja-alaisia ja merkittäviä ja niistä on systemaattisia ilmayhteyksiä sisäilmaan **tai**
- Rakenteissa havaitut mikrobivauriot ovat laaja-alaisia ja merkittäviä ja ilmanvaihdon toiminta tai paine-erot voivat mahdollistaa epäpuhtauksien leviämisen sisäilmaan ja rakennuksessa tai tilassa on muita merkittäviä sisäilman epäpuhtauslähteitä.
- Asumisterveysasetuksessa tarkoitettu toimenpideraja tai siihen verrattavissa oleva korjaus- tai kunnossapitovelvoite täyttyy edellä kuvattujen tai muiden epäpuhtauslähteiden vuoksi.

15.4.2020

---

## 7 PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET

Helsinki 15.4.2020

Kunnioitavasti

**FCG Finnish Consulting Group Oy**

Rakennusterveys ja sisäilmasto



Kasper Käyhkö, DI

Laatupäällikkö

040 024 1460

[kasper.kayhko@fcg.fi](mailto:kasper.kayhko@fcg.fi)

15.4.2020

---

**LIITTEET**

LIITE 1: Ohje- ja menetelmäkortit (tämän raportin lopussa)

LIITE: Ohjeet ja asetukset

LIITE: Mikrobit yleisesti

LIITE: Suoraviljelymikrobinäytteet

LIITE: Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)

LIITE: PAH-materiaalinäytteet

LIITE: Merkkiainekokeet

LIITE: Teolliset mineraalikuitulaskeumanäytteet

LIITE 2: Erillinen liitetiedosto

LIITE: Paikannuskuva (kaikki merkinnät)

LIITE: Taulukko (kaikki rakenneavaukset)

LIITE: Näytetulostaulukot (mikrobit, PAH, kuidut)

LIITE: Rakenneavauskortit

LIITE: Analyysilausunnot



Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa otettavien näytteiden ja tehtävien mittausten tuloksia tulkitaan pääasiassa alla olevassa taulukossa esitettyjä ohjeita ja asetuksia hyödyntäen. Eri ohjeiden ja asetusten soveltuvuus määräytyy tarkasteltavan rakennusluokan mukaan. Ohjeissa ja asetuksissa on annettu erilaisia arvoja, joihin saatuja tuloksia verrataan:

- Tavoitearvot ovat teknisiä arvoja, joihin suunnittelulla, rakentamisella, talotekniikalla ja materiaalivalinnoilla pyritään.
- Ohjearvoja hyödynnetään sisäilman laadun suunnittelussa.
- Vertailuarvo on vastaavanlaisista tiloista tai rakennuksista aikaisemman tutkimusdatan perusteella määritetty tilastollinen normaaliarvo.
- Viitearvo on aikaisemman tutkimusdatan perusteella määritetty tilastollinen arvo, jonka ylittyminen voi viitata epätavanomaisen epäpuhtauslähteen olemassaoloon.
- Toimenpiderajan ylittyminen tarkoittaa, että yhdisteen lähde ja merkitys sisäilman laadulle on selvítettävä ja tarvittaviin toimenpiteisiin ryhdyttävä haitan poistamiseksi.

Taulukko. Sisäilmastonäytteiden ja mittaustulosten arvioinnissa käytettäviä keskeisiä ohjeita ja asetuksia.

| Rakennusluokka   | Mittaus- ja analyysitulosten arviointi  | Huomio   |
|--|---|--|
| Toimistotyypiset työtilat  | Asumisterveysasetus 545/2015<br>Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016<br>Säteilyasetus 1044/2018<br>Rakentamismääräyskokoelma D2<br>Työterveyslaitoksen viitearvot<br>Sisäilmastoluokitus 2018   | toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>ohjearvo<br>viitearvo<br>tavoitearvo                       |
| Asunnot ja muut oleskelutilat (terveydensuojelulain alaiset tilat)             | Asumisterveysasetus 545/2015<br>Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016<br>Säteilyasetus 1044/2018<br>Rakentamismääräyskokoelma D2<br>Sisäilmastoluokitus 2018   | toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>ohjearvo<br>tavoitearvo                                    |
| Koulut ja päiväkodit   | Asumisterveysasetus 545/2015<br>Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016<br>Säteilyasetus 1044/2018<br>Rakentamismääräyskokoelma D2<br>Sisäilmastoluokitus 2018<br>Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot: opas ongelmien selvittämiseksi   | toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>ohjearvo<br>tavoitearvo<br>vertailuarvot                   |
| Terveydenhuollon tilat (yleiset tilat kuuluvat terveydensuojeluviranomaiselle) | Asumisterveysasetus 545/2015<br>Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016<br>Säteilyasetus 1044/2018<br>Rakentamismääräyskokoelma D2<br>Työterveyslaitoksen viitearvot<br>Sisäilmastoluokitus 2018<br>Lisäksi erillinen lainsäädäntö ja ohjeistus puhdastiloille ja muille erityistiloille   | toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>toimenpideraja<br>ohjearvo<br>viitearvo<br>tavoitearvo                       |
| Tuotannolliset tilat   | HTP-arvot (haitalliseksi tunnetut pitoisuudet)<br>Säteilyasetus 1044/2018<br>Valtioneuvoston asetus 798/2015 asbestityön turvallisuudesta<br>Valtioneuvoston asetus 716/2000 työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta<br>Valtioneuvoston päätös 1154/1993 lyijytyöstä<br>Rakentamismääräyskokoelma D2<br>Sisäilmastoluokitus 2018<br>Työterveyslaitoksen suosittelemat tavoitetasot | ohjeraja-arvo<br>toimenpideraja<br>raja-arvo<br>raja-arvo<br>raja-arvo<br>ohjearvo<br>tavoitearvo<br>tavoitetaso |

Muut noudatettavat lait ja asetukset:

- Työturvallisuuslaki 738/2002
- Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009
- Terveydensuojelulaki 763/1994 ja –asetus 1280/1994

Yksittäistä yhdistettä tai ainetta koskevat lait ja asetukset ovat ilmoitettu omissa liitteissä. Tutkimuksessa otettavat näytteet analysoidaan terveydensuojelulain nojalla hyväksytyissä asumisterveyslaboratorioissa.

Mikrobit ovat yksisoluisia pieneliöitä, jotka rakennusmateriaalissa kasvaakseen vaativat sopivan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden. Optimaalisin lämpötila mikrobikasvun kannalta on 17–27 °C. Mikrobivaurion kannalta kriittinen suhteellinen kosteus riippuu rakennusmateriaalista. Esimerkiksi puupohjaiset tuotteet vaativat huomattavasti alhaisemman suhteellisen kosteuden mikrobikasvun alkamiselle kuin emäksinen betoni. Tavallisesti vähimmäiskosteutena mikrobikasvun alkamiselle rakennusmateriaalissa pidetään RH = 75 %. Lahottaj sienet vaativat muita mikrobeja korkeamman kosteuspitoisuuden kasvaakseen. Vähimmäiskosteutena lahottajasienille pidetään tavallisesti RH = 95 %.

Mikrobikasvun toimenpiderajan ylittymisenä pidetään aistinvaraisesti tai mikrobianalyysillä todettua mikrobikasvua rakenteen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa, lämmöneristeessä tai muussa rakennusosassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua. Maaperän tai ulkoilman kanssa suoraan kosketuksissa olevien lämmöneristeiden mikrobivauriot otetaan huomioon, jos lämmöneristekerroksesta on vahvistettu ilmayhteys sisäilmaan.

Mikrobinäytteenotto sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon suoritetaan Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohjeen osan IV mukaisesti.

Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku toteutetaan ohjekortin RATU 82-0383 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku mukaisesti.



Esimerkkikuva. Mikrobeja laboratorion kasvatusalustoilla (Mikrobioni Oy).

Suoraviljely on akkreditoitu menetelmä, jonka tuloksena saadaan mikrobin ja niiden lajiston suuntaa antava määrä –/+asteikolla. Menetelmässä materiaalinäytettä pilkotaan elatusalustoille, minkä jälkeen näytettä kasvatetaan 7 vrk (aktinomykeetit 14 vrk). Kasvatuksen jälkeen lajit tunnistetaan mikroskopoinnin ja morfologian perusteella. Menetelmä havaitsee ainoastaan elävät mikrobit. (Asumisterveysasetuksen 545/2015 soveltamisohje, osa IV)

#### Tulosten tulkinta

Suoraviljelymikrobinäytteiden tuloksia tulkitaan alla olevan taulukon mukaisesti. Tulosten tulkinnassa huomioidaan myös tutkitun materiaalin sijainti rakenteessa ja/tai rakennuksessa sekä aistinvaraiset havainnot kuten hajut ja kosteusjäljet.

Taulukko. Rakennusmateriaalinäytteiden tulosten tulkinta suoraviljelymenetelmällä.

| Asteikko | Selitys  | Vaurioluokitus                                   |
|----------|--|--|
| -        | Ei mikrobeja                                   | Ei viitettä vauriosta                            |
| +        | Niukasti mikrobeja (1–19 pesäkettä)            | Ei viitettä vauriosta tai lievä viite vauriosta* |
| ++       | Kohtalaisesti mikrobeja (20–49 pesäkettä)      | Lievä viite vauriosta*                           |
| +++      | Runsaasti mikrobeja (50–199 pesäkettä)         | Viite vauriosta                                  |
| ++++     | Erittäin runsaasti mikrobeja (≥ 200 pesäkettä) | Viite vauriosta                                  |

\* Mikäli tuloksessa on niukasti tai kohtalaisesti mikrobeja, huomioidaan tulosten tulkinnassa indikaattorimikrobien esiintyvyys.



Esimerkkikuva. Oikealla rakennusmateriaalinäytteenotto suoraviljelyanalyysiä varten (FCG Oy). Oikealla suoraviljelyanalyysi laboratoriossa (Mikrobioni Oy).

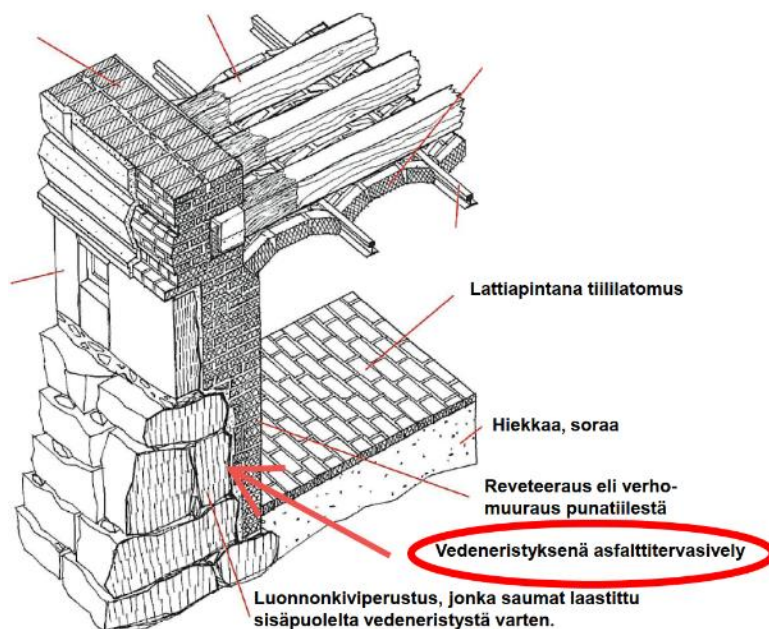


PAH-yhdisteet rakennusmateriaaleissa

PAH-yhdisteet (Polysykliset aromaattiset hiilivedyt) ovat höyrymäisiä yhdisteitä, joita muodostuu orgaanisen materiaalin epätäydellisessä palamisessa. PAH-yhdisteitä esiintyy erityisesti kivihiilipohjaisissa rakennusmateriaaleissa. PAH-yhdisteitä on käytetty mm. kattopinnoitteissa, vedeneristeissä, höyrinsulkupahveissa, valuasfalteissa ja puukyllästeissä vuosina 1870–1990. Yksi yleisimmistä PAH-yhdisteistä sisältävästä rakentamisessa käytetystä materiaalista on kivihiilipiki (kreosootti), jonka kulta-aikaa olivat vuodet 1890–1950. Kreosootissa on vahva ja pistävä ”ratapölkyn” haju. Rakennusmateriaaleista sisäilmaan haihtuvat ja ilman hiukkasiin sitoutuvat PAH-yhdisteet ovat syöpää ja perimävaurioita aiheuttavia. PAH-yhdisteille altistuminen tapahtuu hengitysilman kautta tai ihon läpi.

PAH-näytteistä analysoidaan EPA:n määrittämät 16 PAH-yhdistettä sekä niiden yhteenlaskettu määrä. Analysoitavat yhdisteet ovat: antraseeni, asenafteeni, asenaftyleeni, bentso[a]antraseeni, bentso[b]fluoranteeni, bentso[k]fluoranteeni, bentso[a]pyreeni, bentso[ghi]peryleeni, dibentso[a,h]antraseeni, fenantreeni, fluoreeni, fluoranteeni, indeno[1,2,3-cd]pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni.

PAH-yhdisteitä sisältävien materiaalien purku toteutetaan ohjekortin RATU 82-0381 Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku mukaisesti.



Esimerkkikuva. PAH-yhdisteitä sisältävän pikisivelyn sijainti vanhassa rakennuksessa (Rakennustieto, kerrostalot 1880-2000).

Rakennusmateriaalista, jonka epäillään sisältävän PAH-yhdisteitä, irrotetaan näytepala TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Näyte lähetetään laboratorioon, jossa se uutetaan liottimella ja siitä määritetään 16 PAH-yhdistettä.

#### Tulosten tulkinta

PAH-materiaalinäytteille ei ole annettu sisäilman laadun kannalta toimenpiderajan ylittymiseen liittyviä raja-arvoja. Sisäilman laadun kannalta haitallisena pitoisuutena voidaan kuitenkin pitää hajukynnyksen (naftaleenin, kreosootin tms. haju) ylittymistä sisätiloissa. Vaarallisen jätteen raja-arvona pidetään 16 PAH-yhdisteen summan arvoa 200 mg/kg (RATU 82-0381. Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku). Tämän raja-arvon ylittävää näytetulosta merkitään tutkimusraportissa **keltaisella** värillä. Näytetulosta, jossa 16 PAH-yhdisteen summa ylittää merkittävästi arvon 200 mg/kg ja materiaalinäytettä otettaessa havaitaan hajuhaittaa, merkitään tutkimusraportissa **punaisella** värillä



Esimerkkikuva. PAH-materiaalinäytteenoton toteutus.

Jätteen vastaanottokeskus määräytyy sen mukaan, mikä on kunkin jätteenkäsittelylaitoksen ympäristöluvassa myönnetty raja-arvo.

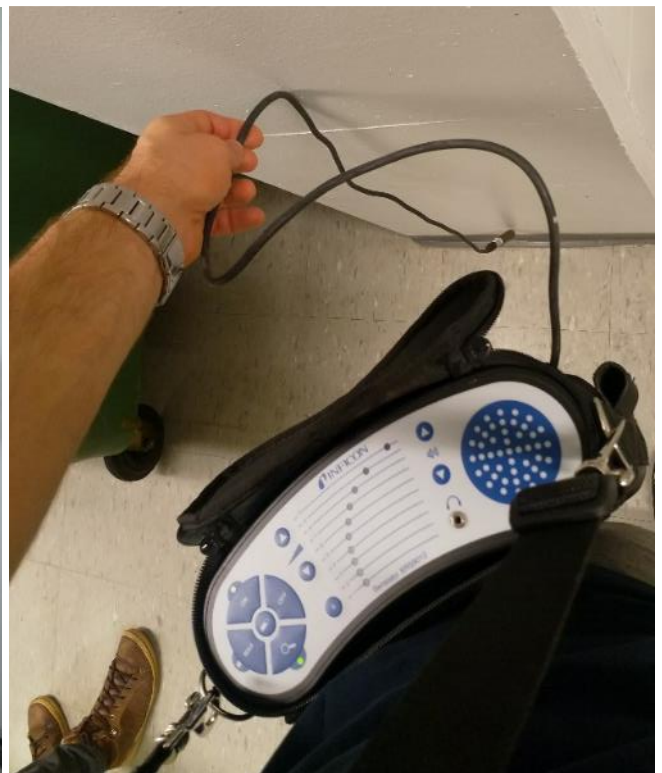
Rakenteiden ja eri rakenneliittymien ilmatiiveyttä voidaan tutkia merkkiainekokeiden avulla. Merkkiaineena käytetään tavallisesti typpi-vety-seosta ( $N_2$  95 %,  $H_2$  5 %). Merkkiainekokeet suoritetaan ohjekortin (RT 14-11197. 2015. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein) mukaisesti. Tilojen alipaineistajana käytetään Blowerdoor-alipaineistusjärjestelmää, jolla voidaan määrittää tarkasti koestettavan tilan alipaineisuus viereisiin tiloihin nähden.

#### Tulosten tulkinta

Paikannuskuvissa esitetään merkkiainekaasun syöttöpaikka, tutkimushetkellä tutkittavan rakenteen yli vaikuttava paine-ero sekä mahdolliset vuotopaikat. Paikannuskuvassa käytetään alla olevassa kuvassa määritettyjä merkintöjä.

| Merkkiainepaikannuskuvan selitykset              |  |
|--|--|
| rakenteen yli vaikuttava paine-ero ja sen suunta | <span style="border: 1px solid green; padding: 2px;">x Pa</span> → |
| kaasun syöttöpaikka ja selitys                   | <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">AP</span> ○    |
| pistemäinen vuoto                                | ●  |
| viivamainen vuoto                                | ▬  |
| vuotoreitti                                      | └─→  |

Kuva. Merkkiainepaikannuskuvan selitykset.



Esimerkkikuva. Merkkiainekokeiden toteutus.



Teollisia mineraalikuituja (pituus > 20 µm) ovat mm. eristevillakuidut, joita saattaa päästä sisäilmaan rakenteiden eristekerroksesta, akustointilevyistä sekä ilmanvaihtokoneen, –kanavistojen ja päätelaitteiden ääneneristyslevyistä. Eristevillakuidut sisäilmassa saattavat aiheuttaa mm. ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytystä.

### Menetelmä

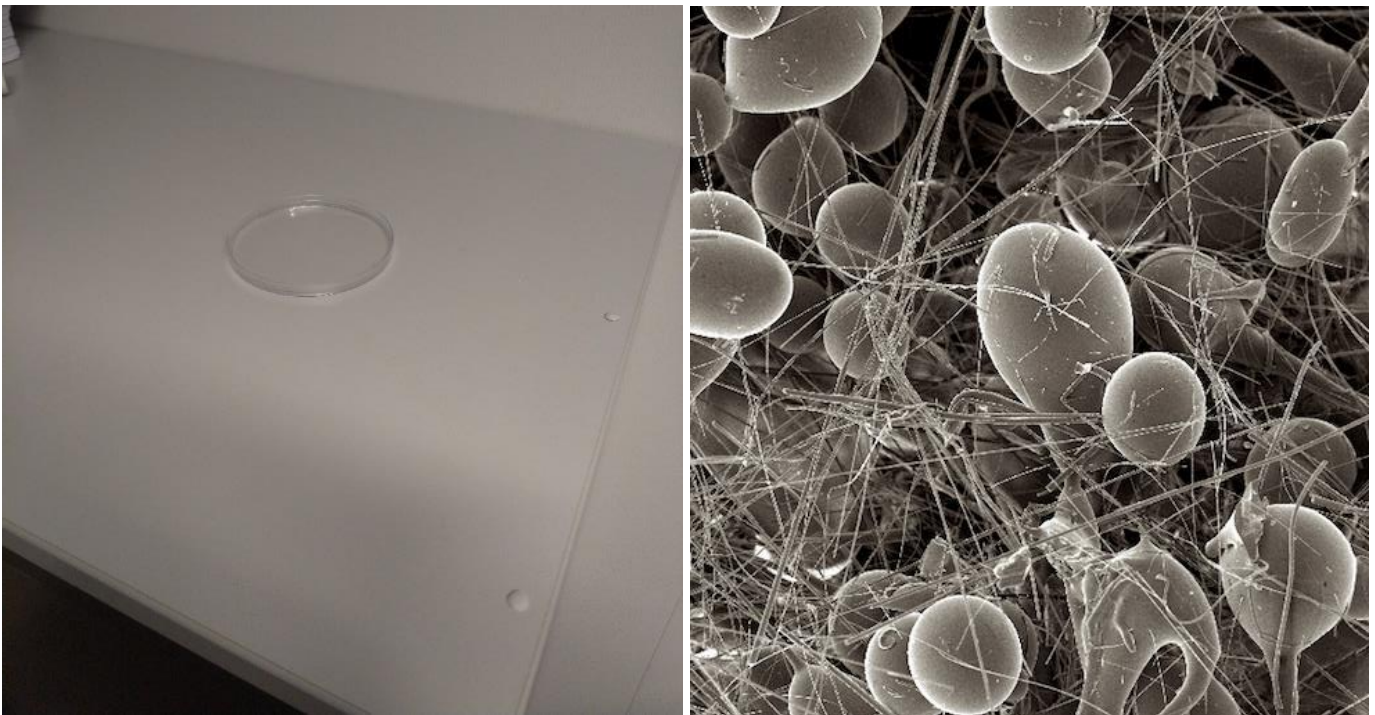
Sisäilman mineraalikuitulaskeumanäytteet kerätään petrimaljalle TTL:n näytteenotto-ohjeen mukaisesti. Näytteenoton jälkeen petrimaljalle painetaan geeliteippi ja näytteet lähetetään laboratorioon. Näytteet analysoidaan laboratoriossa valomikroskooppia käyttäen. Menetelmä on kvantitatiivinen, eli sillä saadaan selville mineraalikuitujen kokonaismäärä, mutta ei sitä, kuinka montaa eri kuitutyyppiä näytteessä esiintyy. Näytteenoton pituus on tavallisesti kaksi viikkoa.

### Tulosten tulkinta

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen (Asumisterveysasetus 545/2015) mukaan asuinrakennuksissa mineraalikuitujen toimenpiderajana kahden viikon aikana mittausalustalle laskeutuneesta pölystä on **0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>**. Tämän arvon ylityttyä tulee ryhtyä toimenpiteisiin kuitulähteen selvittämiseksi ja kuitujen sisäilmaan leviämisen estämiseksi. Tutkimusraportissa tämän rajan ylittävää näytetulosta merkitään **punaisella** värillä.

Työterveyslaitoksen mukaan työpaikoilla mineraalikuitujen viitearvona kahden viikon aikana mittausalustalle laskeutuneesta pölystä on **0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>**. Tämän arvon ylityttyä tulee ryhtyä toimenpiteisiin kuitulähteen selvittämiseksi ja kuitujen sisäilmaan leviämisen estämiseksi.

TTL:n mukaan teollisten mineraalikuitujen keskimääräinen pitoisuus tuloilmakanavan pinnalla on ollut **10–30 kuitua/cm<sup>2</sup>**.



Esimerkkikuva. Vasemalla kuitulaskeumanäytteenotto (FCG Oy). Oikealla mineraalikuituja elektronimikroskoopilla tarkasteltuna (Mikrofokus Oy).