

# TUTKIMUSRAPORTTI

RAJATTU KUNTOTUTKIMUS

Mussalon koulu, esiopetustilat  
Rajakalliontie 10  
48310 Kotka

**27.11.2023**  
**T23057-01**

**SISÄLLYS**

TIIVISTELMÄ.....	2
1 TUTKIMUKSEN PERUSTIEDOT.....	4
2 KOHTEEN PERUSTIEDOT.....	5
3 KOHTEEN KUVAUS JA LÄHTÖTIEDOT .....	5
4 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	7
5 RAKENNETEKNISET TUTKIMUKSET .....	7
5.1 Rakennuksen vierusta, sadeveden ohjaus ja salaojitus .....	7
5.2 Alapohjarakenne .....	9
5.3 Ulkoseinät ja sokkelirakenteet.....	10
5.4 Välipohjat .....	16
5.5 Yläpohja- ja vesikatto .....	19
6 SISÄILMAN OLOSUHTEET JA EPÄPUHTAUDET .....	22
6.1 Paine-ero .....	22
6.2 Hiilidioksidipitoisuus .....	23
6.3 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus .....	23
6.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet.....	25
6.5 Teolliset mineraalikuidut .....	25
7 YHTEENVETO TÄRKEIMMISTÄ SUOSITELTAVISTA TOIMENPITEISTÄ.....	26
LIITTEET.....	27

## TIIVISTELMÄ

Tutkimukset kohteena oli Mussalon koulun esiopetustilat. Kohteeseen ei ole saatujen lähtötietojen mukaan toteutettu aiempia merkittäviä tutkimuksia. Tutkimus toteutettiin rajattuja muutamaan luokkatilaan, joiden sisäolosuhteissa on koettu puutteita. Tutkimukset kohdistuivat rakennuksen alkuperäiseen osaan, joka on rakennettu 1987 ja laajennettu 1992. Ilmanvaihtotekniikka ja koneisto on uusittu kokonaisuudessaan 2015 sekä lattioiden muovimatot. Pohjakerroksen lattiapinnat on myös uusittu ajansaatossa laattapintaisiksi.

Tiloihin toteutettiin mm. rakenneavauksia, materiaalinäytteenottoa, lämpökamerakuvausta ja paikallista kosteusmittausta sekä -kartoitusta. Esikoulun tiloissa on jatkuvasti mittaavia loggereita, jotka tallentavat mittaustuloksia ulkoilman ja sisäilman paine-eroista, sisätilan lämpötilasta, kosteuspitoisuudesta sekä hiilidioksidista.

Tehtyjen tutkimusten perusteella merkittävimmät havainnot todettiin rakenteiden tiiveyden osalta. Ulkoseinän muovikalvo havaittiin päättyvän ikkunarakenteisiin sekä ulkoseinän liimapuupalkkiin, jolloin seinärakenteen muovikalvo ei ole tiivis. Ikkunakarmin ja liimapuupalkin välissä on selkeä rako, jonka takana havaittiin paljasta mineraalivillaa. Saatujen mittausdatojen perusteella tilat ovat ylipainneisiä pääasiallisesti ulkoilmaan nähden, mutta toteutettujen merkkiainekokeiden perusteella havaittiin kuitenkin selkeitä ilmavuotoreittejä sisäilmaan. Hetkelliset tuuliolosuhteet, ikkunoiden ja ovien avaamiset kuitenkin voivat vaikuttaa paine-eroihin ja aiheuttaa hetkellisiä alipainepiikkejä. Ulkoseinän mineraalivillaeristeestä otettiin yhteensä 10 materiaalinäytettä mikrobianalyysi varten. Näytteissä havaittiin paikallisia viitteitä vaurioista, jotka ovat tyypillisiä kyseisen aikakauden rakenteelle. Julkisivun tiilimuuraus läpäisee sadevettä jonkin verran, jolloin ulkoseinän tuuletuksen tulee olla riittävä. Aikakautensa mukaisesti sokkelin ja tiilijulkisivun joka kolmas pystysauma on jätetty auki tuuletuksen vuoksi, mutta havaintojen perusteella laastipurseet ja lähtökohtaisesti vähäinen tuuletusrako rakenteessa heikentävät kosteuden poistumista rakenteesta.

Tilojen puhtautta ja mahdollisia kuitulähteitä kartoitettiin erilaisten pyyhintä- ja teippinäytteiden avulla. Tasolta otettujen pölynäytteiden perusteella siivouksen tasoa suositellaan parannettavaksi. Lisäksi IV-kanavistossa ja tasopölyissä havaittiin viitteitä vähäisistä määristä kuituja sekä kalkkikivi-pölyä. Ilmanvaihtokoneet suositellaan tarkastamaan mahdollisten ohivuotojen, suodattimien ja siisteyden osalta. Mikäli ilmanvaihtokanavia ei ole nuohottu lähivuosina, suositellaan nuohoamaan sekä tulo- että poistokanavisto.

Tilaaajalta saatiin mittausdataa sisätilojen lämpötilasta, kosteus- ja hiilidioksidipitoisuudesta kahdesta eri tilasta (210 ja 277). Hiilidioksidipitoisuudet pysyivät toimenpidearvojen alapuolella tilojen käyttöhetkellä molemmissa tiloissa. Koneellisen ilmanvaihdon tiloissa pitoisuudet eivät useinkaan nouse korkeiksi, joka johtuu ilmanvaihdon tehokkuudesta. Hiilidioksidin määrään tiloissa vaikuttavat myös henkilökuorma sekä mahdollinen ikkunatuuletus. Lämpötilamittausten perusteella tilassa 210 havaittiin lievästi korkeita lämpötilapiikkejä tilojen ollessa käytössä. Tilojen korkea lämpötila voi aiheuttaa lisääntyvää tunkkaisuuden tunnetta huolimatta koneellisesta ilmanvaihdosta. Sisätilojen kosteuskäyrät noudattelevat ulkoilman kosteuspitoisuuksia ja kahden tilan mittauksissa ei havaittu keskinäisiä eroja.

Kahdesta tilasta (210 ja 211) otettiin ilman VOC-näytteet tilojen ollessa tyhjillään ja ilmanvaihtokoneiden ollessa normaalisti käynnissä. Kummassakaan näytteessä ei havaittu toimenpideraja-arvon ylittäviä määriä yksittäisiä yhdisteitä eikä kokonaispitoisuuden osalta (TVOC) ja pitoisuudet olivat

yleisesti ottaen hyvin pieniä. Sisäilmassa esiintyy normaaliolosuhteissa pieniä määriä kemiallisia yhdisteitä, joita voi ilmetä esim. kalusteista ja askartelutarvikkeista. Tulo-poistoilmanvaihto usein pienentää sisäilman VOC-pitoisuuksia tehokkaasti.

Raportin lopussa on esitetty yhteenveto suositelluista toimenpiteistä.

## 1 TUTKIMUKSEN PERUSTIEDOT

### Tilaaaja

Kotkan kaupunki, tilapalvelut  
Yhteyshenkilö: Ismo Kirves

### Tutkimuksen yhteyshenkilö

Oy Insinööri Studio  
Tornatorintie 3  
48100 Kotka

Riina Paju, tutkimusinsinööri (RTA), p. 044 796 7963, [riina.paju@insinooristudio.fi](mailto:riina.paju@insinooristudio.fi)  
Petri Lönnblad, osastopäällikkö (RTA) p. 044 748 0464, [petri.lonnblad@insinooristudio.fi](mailto:petri.lonnblad@insinooristudio.fi)

### Tutkimusryhmä

Riina Paju, tutkimusinsinööri (RTA, AHA)  
Otto Koski, kuntotutkija

### Yhteyshenkilö kohteessa

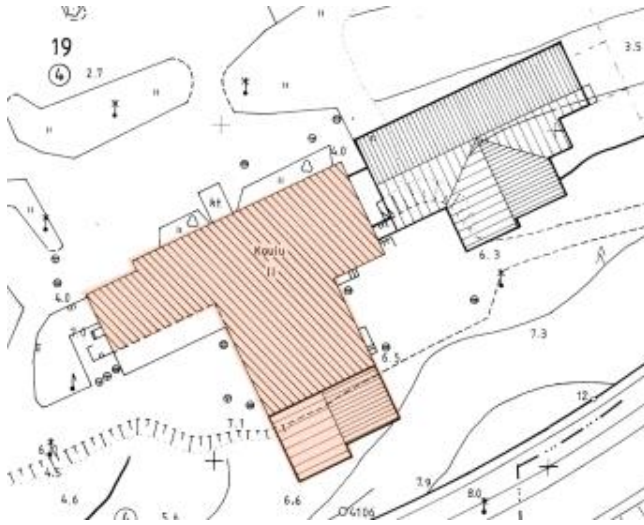
Kiinteistöhoitaja: Kimmo Käki, puh. 044 702 6710  
Tilat ovat syyslomaviikolla (vk 43) tyhjillään

### Tutkimuksen ajankohta

Loka-Marraskuu 2023

### Tutkimuksen tavoite, kuvaus ja rajaukset

Kiinteistökierron toteutettiin kohteeseen 23.10.2023 tilaajan ja huoltomiehen kanssa. Yksittäisestä tilasta on ilmoitettu sisäilmaan liitettyä oireilua. Tavoitteena on selvittää sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä. Kiinteistökierroksella tarkasteltiin ensimmäisen kerroksen ja pohjakerroksen tiloja pistokoemaisesti. Tutkimuksia kohdennetaan tiloihin toisen kerroksen tiloihin 201–209,210,211,216, 226a-b sekä ensimmäisen kerroksen tiloihin 113 ja 114. Alla esitettyinä oranssilla esikoulun tilat. Tutkimuksia kohdennetaan yksittäisiin tiloihin ja rakenteisiin. Uusin 2007 valmistunut laajennus ei näy tässä asemakaavassa.



## 2 KOHTEEN PERUSTIEDOT

### Kohde

Mussalon koulu, esiopetus

Rajakalliontie 10  
48310 Kotka

Rakentamisvuosi: Alkuperäinen osa 1987, laajennus 1992, uusin laajennus 2007  
Käyttötarkoitus: Koulu, ala-aste  
Kokonaispinta-ala: Alkuperäinen osa 1425 m<sup>2</sup>, laajennus 1384 m<sup>2</sup>  
Kerrosluku: 2 kerrosta

### Pääasiallinen runkomateriaali

Ulkoseinät ovat julkisivultaan tiilimuurattuja. Kantavina ulkoseinärakenteina ovat teräspilarit ja puu-palkit. Välipohjarakenteena on tutkituilla alueilla ontelolaatta. Alapohja on maanvarainen ja betoni-rakenteinen. Vesikatto on harjakatteinen konesaumattu peltikatto.

### Kuvaus ilmanvaihtojärjestelmästä

Koneellinen tulo-poistojärjestelmä, peruskorjattu 2015

## 3 KOHTEEN KUVAUS JA LÄHTÖTIEDOT

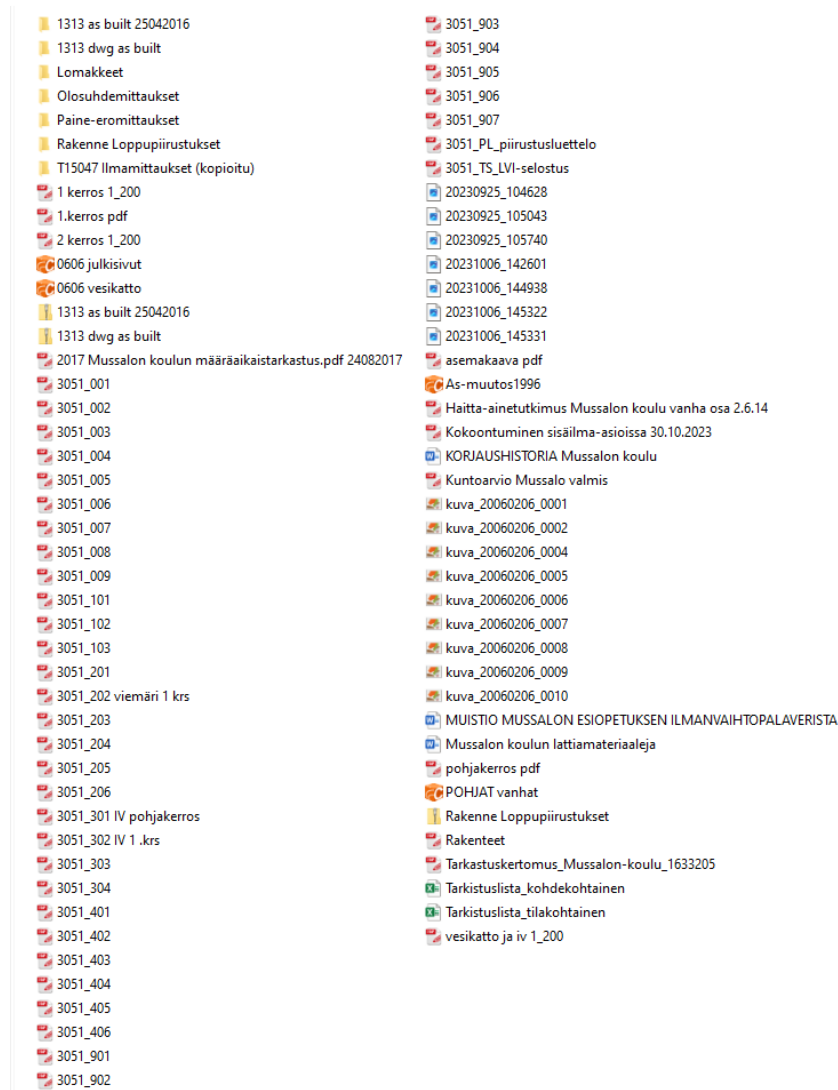
Kohde on esikoulukäytössä oleva koulun osa. Tutkitut tilat sijaitsevat rakennuksen alkuperäisellä osalla, koulua on laajennettu myöhemmin kolmena eri ajankohtana. Saatujen dokumenttien mukaan rakennuksessa on toteutettu aiemmin ainoastaan rajattuja ja suppeita tutkimuksia/tarkasteluja (2014). Tilaan 210 on asennettu ilmanpuhdistin lähiaikoina.

Käyttäjä- ja sisäilmastokyselyt sekä haastattelut:

- Kiinteistön huoltohenkilökuntaa haastateltiin tutkimussuunnitelmaa varten tehdyllä kiinteistö-kierröksellä

- Tutkijat ovat saaneet käyttöönsä muistioita terveystarkastajan käynnistä, sisäilmaryhmän koontumisesta sekä ennen ilmanvaihdon peruskorjausta tehdyistä sisäilmahavainnoista

Tilajaalta saadut dokumentit:



Kohteessa on jatkuvatoimiset loggerit mittaamassa sisäolosuhteita (hiilidioksidi, lämpötila ja ilman-kosteus) sekä paine-eroja. Tilaja toimitti mittausdatat tutkijoiden käyttöön.

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Taulukossa 1 on esitetty tiivistetysti tehdyt tutkimukset ja käytetyt menetelmät. Näytteenotto- ja mittauspaiikat on esitetty liitteessä 1. Tarkemmat menetelmäkuvaukset löytyvät liitteestä 11 ja analyysivastauksista.

Taulukko 1. Yhteenvedo tehdyistä tutkimuksista.

Tutkimus	Menetelmä/laitteet	Ajankohta
Esiselvityskäynti, kiinteistökiertos	Aistinvarainen arvio, haastattelut	23.10.2023
Pintakosteuskartoitus	Gann Hydrotest LG3, B50 -mitta-anturi	27.10.2023
Lattiapäällysteen alapuolinen kosteusmittaus (viiltomittaus)	Rotronic Hygropalm 22/23, HC2-P05	27.10.2023
Lattiapäällysteen kunnon arviointi	Aistinvarainen arvio	27.10.2023
Rakenteiden tiiveyden ja ilmavuotojen selvittäminen	Merkkiainetutkimus, typpi-vety (5 %) Inficon Sensistor XRS9012	27.10.2023
Rakenteen toteutustavan ja kunnon selvitys	Rakenneavaus, aistinvarainen tarkastus	27.10.2023
Mikrobit materiaalinäyte	Näytteenotto puhdistetuin välinein minigrip-pussiin, suoraviljely	27.10.2023
Painesuhteiden seuranta	Rakennuksen painesuhteiden seuranta ulkovaipan yli (Tinytag ja DPT)	27.10.2023
Sisäilman pölynkoostumuksen selvittäminen	Pyyhintänäytteenotto minigrip-pussiin työtasoilta	9.11.2023
Ilmanvaihtokanavien kuitulähteiden selvitys	Teippinäytteenotto (geeli) kanavistoon laskeutuneesta pölystä	9.11.2023
Ilmanvaihtokanaviston puhtauden selvitys	Pyyhintänäytteenotto minigrip-pussiin IV-kanavistosta	9.11.2023
VOC-yhdisteiden selvitys sisäilmasta	VOC-ilmanäytteenotto ilmapumpulla Tenax-abdsopitoputkeen	9.11.2023

## 5 RAKENNETEKNISET TUTKIMUKSET

### 5.1 Rakennuksen vierusta, sadeveden ohjaus ja salaojitus

#### 5.1.1 Havainnot ja mittaustulokset

Rakennuksen päädyssä (kuva 1) havaittiin ulkopuolinen bitumisively kivityksen alla, joka oli näkyvillä rinteessä osassa kohdassa. Sadevedet on ohjattu sadevesikouruihin. Salaojituksesta ei ollut varmuutta, sellainen todennäköisesti on mutta tarkastuskaivoja ei havaittu. Pohjakerroksen tilan 113 rakennuksen välittömässä läheisyydessä on kivetys, joka erottaa istutukset rakennuksesta. Maanpinnan kaadot takapihan puolella pohjakerroksen läheisyydessä ovat tasaiset. Bitumisivelyn olemassaoloa ei pystytty tarkastamaan tilan 113 edustalta kivityksen vuoksi. Havainnot ulkoseinistä ja sokkelirakenteista on esitetty myöhemmässä kappaleessa *Ulkoseinät ja sokkelirakenteet*.

Rakennetyyppien rakenteista saatiin lähtötiedot, mutta niiden sijainnista rakennuksessa ei ollut saatavilla tietoja.





Kuva 1. Yleiskuva tilan 201–209 ulkopuolelta



Kuva 2. Rinteessä sokkelin ulkopinnalla havaittiin bitumisively. Kuva pohjakerroksesta entisen autotallin vierestä



Kuva 3. Kuva pohjakerroksen 113 ulkopuolisesta sokkelirakenteesta

### 5.1.2 Johtopäätökset

Pohjakerroksen tilan 113 sokkelin välittömän läheisyyden maan pinta on melko tasainen, jolloin sadevedet voivat kulkeutua lähelle sokkelia aiheuttaen lisääntyneitä kosteusrasitusta. Täyttä varmuutta bitumisivelyn olemassaolosta ei saatu, mutta mikäli sellainen sijaitsee maanpinnan alapuolella, ehkäisee se kosteuden kulkua rakenteeseen. Sokkelirakenteen eristeenä havaittiin rakennavausten perusteella tilan 113 kohdalla mineraalivilla sekä rinteiden puolen päädyssä polystyreenieriste. Mineraalivilla on herkästi vaurioituvaa materiaalia kosteusrasituksessa. Sokkelin mineraalivillieristeenä on otettu yksi materiaalinäyte analyysiä varten, joka on esitetty kappaleessa ulkoseinät.

### 5.1.3 Toimenpide-ehdotus

Rakennuksen perustusrakenteille ei esitetä erillisiä toimenpide-ehdotuksia (sokkeliin liittyvät on esitetty kohdassa ulkoseinät). Rakennuksen välitön läheisyys suositellaan pitämään puhtaana ylimääräisistä rikkakasveista ja sadevesikourut puhtaina, jotta perustuksille ei synny ylimääräistä kosteusrasitusta. Mikäli salaojille tai rakennuksen välittömälle läheisyydelle ollaan toteuttamassa muita toimenpiteitä, suositellaan maan kallistusta lisäämään rakennuksesta pois päin.

## 5.2 Alapohjarakenne

Alapohjarakenteet AP2 ja AP3 suunnitelmien perusteella:

### AP2

- pintamateriaali
- teräsbetoni 100 mm
- muovikalvo
- tiivistetty karkea sora, salaojitettu
- perusmaa

### AP3

- pintamateriaali
- teräsbetoni-laatta 80 mm
- solupolystyreenilevy 50 mm
- muovikalvo
- tiivistetty karkea sora, salaojitettu
- perusmaa

Rakennetyyppiselostuksista ei saatu tietoa, missä rakennetyypit sijaitsevat. Rakenteen alapohja on kertoman mukaan korjattu arviolta 2015 (pinta laatoitettu), jonka vuoksi rakenneavausta ei toteutettu.

### 5.2.1 Havainnot

Pohjakerroksen tila 113 on ollut alun perin puukäsityöluokkana. Käyttötarkoituksen muutoksen ajankohdasta ei ollut tietoa, mutta lattiapinnat ovat kertoman mukaan uusittu arviolta 10 vuoden sisällä laattapintaisiksi. Alapohjarakenteissa ei havaittu aistinvaraisesti normaalista poikkeavaa. Alapohjarakenteen tiiveyttä ei tarkasteltu tutkimusten yhteydessä.



Kuva 4. Yleiskuva tilasta 113



Kuva 5. Yleiskuva tilasta 113

### 5.2.2 Kosteusmittaukset

Tilaan 113 sekä pistokoemaisesti myös ympäröiviin tiloihin toteutettiin pintakosteudentunnistimella kosteuskartoitus, jonka perusteella lattiarakenteessa ei havaittu poikkeavaa.

### 5.2.3 Johtopäätökset

Alapohjarakenteen pinta on korjattu myöhemmin mahdollista kosteutta paremmin läpäiseväksi ja kestävämmäksi. Pintatunnistimella kartoittaen rakenteessa ei havaittu viitteitä poikkeavasta kosteudesta, jonka takia rakennetta eikä ilmatiiveyttä tutkittu tarkemmin toimeksiannon rajauksen vuoksi. Saatujen tietojen mukaan tiloissa ei ole esiintynyt radonia.

### 5.2.4 Toimenpide-ehdotukset

Alapohjarakenteille ei suositella erillisiä toimenpiteitä.

## 5.3 Ulkoseinät ja sokkelirakenteet

### 5.3.1 Rakenne

Ulkoseinärakenne suunnitelmien perusteella:

ulkopinnasta sisälle päin:

- pintakäsittely
- julkisivumuuraus 130 mm
- ilmarako 20 mm
- tuulensuojavilla 45 mm
- mineraalivilla + koolaus 125 mm
- muovikalvo, saumat teipattu
- kipsilevytys
- pintakäsittely

Ulkoseinärakenne rakenneavausten perusteella:

tila 210 (1.kerros)

- julkisivumuuraus, ei pintakäsittelyä
- ilmarako alle 20 mm, laastipurseiden tukkima
- tuulensuojavilla 40–45 mm
- mineraalivilla + koolaus 125 mm
- muovikalvo, ei teipattu
- kipsilevytys
- maali

Nurkassa teräspilarin takana tuulensuojavillan tilalla jokin kova paperipintainen eriste, kuten polystyreenilevy.

Ulkoseinärakenne rakenneavausten perusteella, ikkunoiden väli:

tila 210, 1.kerros

- kipsilevy
- puutolppa 100 x 100 mm
- mineraalivilla, ei mitattu eikä lävistetty
- vaneri? näkyy ulkopuolelta

Sokkelirakenne rakenneavauksen perusteella:

- maali
- teräsbetoni 100 mm
- mineraalivilla noin 200 mm
- tiili 100 mm



Kuva 6. Rakenneavaus ulkoseinän nurkkaan, jossa teräspilari vasemmalla



Kuva 7. Ikkunoiden välinen rakenne, poraus palkkiin toteutettiin pienellä terällä, jonka takana havaittiin mineraalivillaa



Kuva 8. Rakenneavaus laudoitetulta alueelta liimapuupalkin kohdalta

### 5.3.2 Havainnot ja mittaustulokset

Ulkoseinärakenteita tarkasteltiin rakenneavauksilla eri kohdista, lämpökameralla sekä aistinvaraisesti esim. liittymiä ja niiden tiiveyttä.

Tilan 201–209 ulkoseinissä havaittiin vanhoja ilmanvaihtoaukkoja, joista ainakaan toista ei ole tukittu asianmukaisesti (sisäpuolelta). Samassa kohdassa havaittiin sisäpuolella lämpövuotokohta lämpökameralla tarkasteltuna. Rakennuksen päätyseinällä havaittiin toinen avonainen aukko, mutta sen asianmukaisesta ummistamisesta ei saatu täyttä varmuutta. Läntisessä päätyseinässä havaittiin myös tiilen pinnalla paikoin härmää (kuva 13). Ulkoseinässä havaittiin alimman tiilirivin joka kolmas pystysauma avonaisena, mutta aukkoja on osin täytetty laastipurseista.



Tilan 210 ikkunapellityksessä havaittiin paikallisia puutteita kaadon ja tiiveyden osalta. Ikkunapellityksen kaatoa on pyritty parantamaan kiristysruuveilla (kuva 10), mutta alla oleva tiili ei todennäköisesti anna tilaa kaadon parantamiselle. Lisäksi pellityksen nosto tiilirakenteeseen pieleen on epätiivis (kuva 11).

Tilan 210 ulkonurkassa havaittiin ulkopuolella viitteitä tiilirakenteen kosteusrasituksesta. Ulkonurkkaa tarkasteltiin myös sisäpuolelta isommasta rakenneavauksesta. Nurkan teräspilarin takana havaittiin tuulensuojavillan tilalla paperipintainen kova eriste (esim. polystyreeni) ja puurungon takana myös pehmeää mineraalivillaa, kuten muualla ulkoseinärakenteessa. Ulkoseinän muovia ei ole teipattu, kuten suunnitellussa rakennetyypissä on mainittu. Muovituksen havaittiin loppuvan ulkoseinän alaohjauspuun alareunaan, yläpuolen liimapuupalkin reunaan sekä ikkunan puitterakenteeseen. Muovi havaittiin jatkuvan ulkoseinärakenteesta teräspilarin taakse. Muovin yhtenäisestä ylityksestä nurkan teräspilarin ohi ei saatu täyttä varmuutta. Pilarin toisella puolella ulkoseinärakenne on tiilivilla-tiili, joka jatkuu tämän jälkeen väliseinärakenteena. Rakenteessa oleva tuulensuojavilla on vaurioherkkä toistuvassa kosteusrasituksessa.

Ikkunan yläpuolen ja liimapuupalkin liittymä havaittiin epätiiviksi aistinvaraisesti (kuva 19). Peitelistan takana ikkunan saumausvaahto ei täytä ikkunan karmirakenteen ja liimapuupalkin väliä, jolloin palkin takana oleva mineraalivilla on avoinna sisäilmaan. Yläpohjan muovikalvo ei jatku ulkoseinän liimapuupalkin takana yhtenäisenä ikkunakarmin yläreunaan.



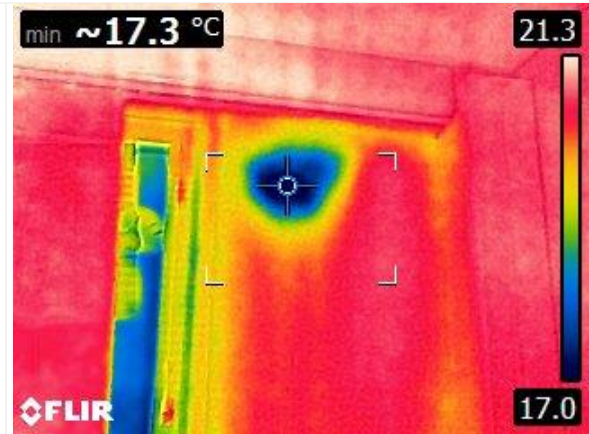
Kuva 9. Vanhaa raitisilma-aukkoa ei ole tukittu ulkopuolelta (tila 201–209)



Kuva 10. Ulkoseinän yläosassa ei ole tuuletusaukkoja (1. ja toisen kerroksen välinen seinäosuus)



Kuva 11. Tilan 201-209 ulkoseinässä havaittiin lämpökameralla viileä kohta (viereinen kuva)



Kuva 12. Viereinen kuva sisäpuolelta; seinä on pinnoitettu kipsilevyllä, mutta aukkoa ei ole tukittu eristeellä tai muulla vastaavalla (tila 201-209)



Kuva 13. Ikkunapellityksen puutteellista kaatoa on pyritty korjaamaan ruuveilla



Kuva 14. Ikkunapellitysten liittymä tiilijulkisivuun on epätiivis



Kuva 15. Tilan 210 ulkonurkkauksessa jälkiä kosteusrasituksesta



Kuva 16. Rakennuksen länsipäädystä havaittiin tiilipinnassa paikoin härmettä





Kuva 17. Tila 210 ulkonurkkaa kuvattiin lämpökameralla (viereinen kuva)



Kuva 18. Tilan 210 ulkonurkassa sijaitseva teräspalkki näkyy sinisenä lämpökamerakuvassa



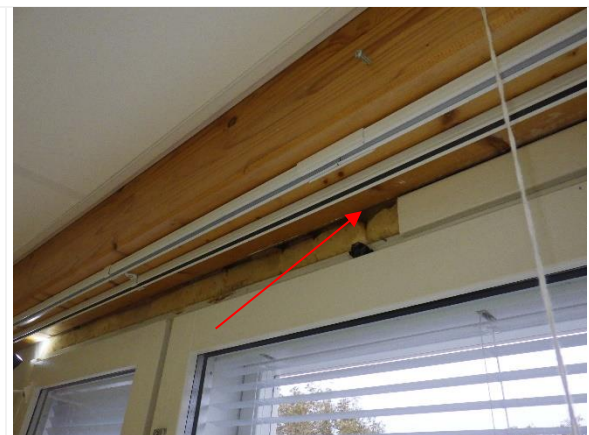
Kuva 19. Levyrakenteiden ulkoseinän muovikalvo loppuu ikkunoiden puurakenteen liittymään



Kuva 20. Rakenneavaus tilan 210 ulkoseinänurkkaan. Nuolen osoittamassa nurkassa teräspilarin takana havaittiin mineraalivillaa eristeenä



Kuva 21. Pieni vertaileva rakenneavaus tilan 201–209 päätyseinään. Muovikalvo loppuu välipohjan ontelolaatan reunaan



Kuva 22. Ikkunan yläpuolisen puitteen ja palkin liittymä on epätiivis, palkin takana näkyvissä mineraalivillaa. Saumausvaahto ei täytä ikkunapuitteen ja puupalkin rakoa

### 5.3.3 Materiaalinäytteet

*Taulukko 2. Materiaalinäytteiden mikrobianalyysien tulokset. Näytteenottokohdat on esitetty liitteen 1 pohjakuviin, analyysivastaukset ovat liitteessä 3.*

Näyttenro	Tila		Tulos	Muut havainnot
MA.01-US	Tila 210	US mineraalivilla, koolauksen päältä	selvä mikrobikasvu materiaalissa	Mineraalivilla hieman tummunut koolauksen päältä
MA.02-SOK	Tila 113	Sokkeli mineraalivilla, k= 300 mm	selvä mikrobikasvu materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.03-US	Tila 209	US mineraalivilla, k=440 mm	ei mikrobikasvua materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.04-US	Tila 209	US mineraalivilla, k=530	selvä mikrobikasvu materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.05-US	Tila 210	US mineraalivilla, k=600, ikkunan alta	ei mikrobikasvua materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.06-US	Tila 210	US mineraalivilla, k=160 mm	epäily mikrobikasvusta materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.07-US	Tila 211	US mineraalivilla, k= 160 mm	ei mikrobikasvua materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.08-US	Tila 210	US mineraalivilla, k= 2000 mm	ei mikrobikasvua materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.09-US	Tila 113	US mineraalivilla, k=910 mm	ei mikrobikasvua materiaalissa	Ei poikkeavaa
MA.10-US	Tila 113	US mineraalivilla, k=610 ikkunan alta	ei mikrobikasvua materiaalissa	Ei poikkeavaa

### 5.3.4 Merkkiainekokeet

Merkkiainekokeet toteutettiin ulkoseinärakenteiden liittyisiin syöttämällä kaasu rakenneavaus kohdista ulkoseinän eristetilaan. Ilmanvaihto toimi mittausten aikana normaalisti ja merkkiainekokeet toteutettiin tilojen normaaleissa käyttöolosuhteissa. Hetkellisen paine-eromittauksen perusteella ulkoseinärakenteen yli paine-ero oli lähes tasapainossa, lievästi alipaineinen erityisesti pohjakerroksen luokkatilassa 113. Jatkuvatoimisten paine-eromittauksen perusteella sisätilat ovat keskimäärin lievästi ylipaineisia ulkoilmaan nähden. Paine-eroja on käsitelty tarkemmin myöhemmässä kappaleessa.

Selkeitä ilmavuotoja havaittiin ulkoseinän ja lattian liittymistä sekä ikkunoiden liittymistä. Ilmavuotojen suuruuteen vaikuttavat myös paine-erot (ilmanvaihtokoneen säädöt ja tuuliolosuhteet) ulkoseinärakenteen yli. Ulkoseinän muovikalvoa ei ole teipattu liittymistään. Ulkoseinän liittymien ilmavuotoja havaittiin myös pohjakerroksen tilassa 113, jossa seinän sisäpinta on muurattu.

### 5.3.5 Johtopäätökset

Tehtyjen tutkimusten, mittausten ja näytteiden perusteella ulkoseinärakenteissa havaittiin paikallisia vaurioita, joita esiintyy paikoin kyseisessä rakennetyypissä. Ulkoseinärakenteiden muovikalvon liittymäkohdat on rakennusajan mukaisesti toteutettu ainoastaan limittäen, jolloin ilmavirtauksen kulkevat rakenteen läpi paine-erojen vaihdella. Tämän takia myös merkkiaine-kaasu kulkeutuu helposti



liittymäkohdista sisäilmaan. Tiili on materiaalina kohtalaisen helposti kosteutta läpäisevä, jolloin ulkoseinän tuuletus tulee olla riittävä ylimääräisen kosteuden poistamiseksi. Usein tämän ikäisessä rakenteessa tuuletusaukoiksi tarkoitettavat avonaiset pystysaumamat ovat täyttyneet laastipurseista ja tiilen takan oleva tuuletusrako on rakennettu lähtökohtaisesti melko niukaksi rakennusjanakohdan mukaisesti. Mineraalivillaeriste sokkelirakenteessa on riskialtis vaurioherkkyytensä vuoksi lähellä perustusrakenteita kosteissa olosuhteissa.

Havaituista merkittävistä epätiivelyskohdista ikkunoiden ja palkkien liittymissä voi kulkeutua erinäisiä epäpuhtauksia sekä palkin takan olevia mineraalivilla kuituja sisäilmaan. Havainnot kuiduista ja paine-eroista on esitettyä raportin loppuosassa.

#### 5.3.6 Toimenpide-ehdotus

- Ulkoseinän ja ikkunoiden sekä ikkunoiden ja liimapuupalkin liittymien yleistä tiiveyttä suositellaan parannettavaksi erillisen suunnitelman perusteella.
- Ulkoseinän tuuletusta suositellaan parannettavaksi niiltä osin kuin se on mahdollista esim. avaamalla jo olemassa olevia tiiliseinän pystysaumoja
- Vanhojen ilmanvaihtoreikien ummistaminen tarkoituksensa mukaisella tavalla
- Ikkunapeltien puutteellisten kaatojen ja tiiveyden korjaus
- Tiilipintaisen ulkoseinärakenteen tiivistyskorjaus (tila 113)

Edellä mainitut toimenpiteet vaativat suunnittelua.

### 5.4 Välipohjat

#### 5.4.1 Rakenne

Välipohjarakenteet ovat rakennetyyppien mukaan ontelolaattaisia. Rakennetyyppien sijainteja ei ole merkattuna pohjakuviin. Rakenteeseen ei toteutettu rakenneavauksia.

##### VP1

- pintamateriaali
- tasoite 0–20 mm
- ontelolaattaelementti 265 mm
- pintakäsittely

##### VP 2

- pintamateriaali
- tasoite 0–20 mm
- ontelolaattaelementti 265 mm
- ilmaväli 50 mm
- mineraalivilla + runko 70 mm
- kipsilevy 2x
- pintakäsittely

#### 5.4.2 Havainnot ja mittaustulokset

Välipohjien lattiapinnoite on saatujen tietojen mukaan uusittu peruskorjauksen yhteydessä alle 10 vuotta sitten. Lattiapinnat olivat yleisilmeeltään siistit. Muovisissa lattialistoissa ja satunnaisissa läpivienneissä havaittiin paikoin tiiveyden puutteita lattiapinnoitteeseen.

Käytävän 216 lattiassa havaittiin poikkeava lämmin alue, jonka lämmönlähteestä ei saatu selvyttä saatujen piirustusten perusteella (LVI ja rakenne). Käytävän kohdalla on alapuolella väestönsuoja, jonka kattorakenne (välipohja) on poikkeava ympäröivästä välipohjarakenteesta (kuva 23). Kuvattu lämmin alue sijaitsee kuitenkin pienemmällä alueella, kuin väestönsuoja. Alkuperäisten pohjapiirustusten mukaan kyseisessä kohdassa ei olisi alun perin ollut väestönsuojaa. Alueelle kosteuskartoitus ja -mittaukset on esitetty seuraavassa kappaleessa.



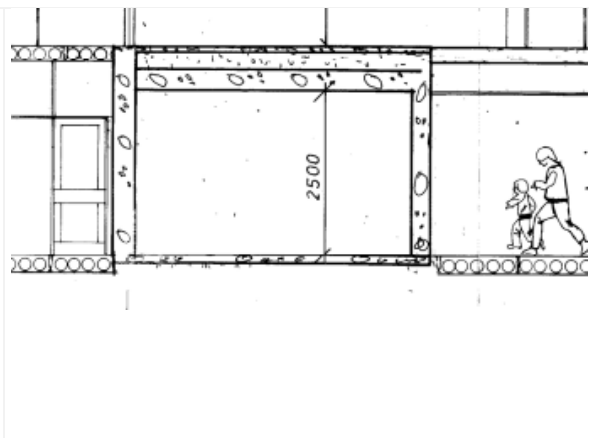
Kuva 20. Yleiskuva luokkatilasta



Kuva 21. Yksittäisiä läpivientejä havaittiin epätiiviksi



Kuva 22. Osa lattialistoista eivät ole tiiviitä



Kuva 23. Leikkauskuva väestönsuoja rakenteesta



Kuva 24. Käytävän lattiassa havaittiin poikkeavan lämmin kohta (viereinen kuva)



Kuva 25. Käytävän 216 lattiassa (välipohja) havaittiin poikkeava lämmönlähde

#### 5.4.3 Kosteusmittaukset

Välipohjarakenteille toteutettiin rajattu pintakosteuskartoitus. Kartoituksessa havaittiin yksittäinen poikkeava alue käytävällä, johon toteutettiin viiltomittaus kosteuspitoisuuden todentamiseksi. Kartoituksen perusteella valittiin myös vertaileva alue, johon toteutettiin toinen viiltomittaus. Mittaukset vastasivat pintakosteusmittarin tuloksia.

*Taulukko 3. Välipohjan viiltomittaukset. Taulukossa on esitetty myös mittaustulosten perusteella lasketut ilman kosteussisällöt (abs, g/m<sup>3</sup>).*

Mittauspiste	Materiaali	Mittapää	Mittaustulos		Abs. (g/m <sup>3</sup> )	Muut havainnot
			RH (%)	T (°C)		
Sisäilma	-	T2	22,2	+19,8	3,8	-
Ulkoilma	-	T2	72,4	+0,4	3,6	-
VM.01 tila 216	muovimatto	A12	69,1	21,0	12,7	ei poikkeamia
VM.02 (vrt.) tila 210	muovimatto	A12	44,5	21,4	8,1	oletettu "kuiva" kohta

#### 5.4.4 Johtopäätökset

Tehtyjen tutkimusten ja havaintojen perusteella ontelolaattarakenteisilla alueilla (suurin osa) ei havaittu kohonneita kosteuspitoisuuksia. Käytävällä mitatussa pisteessä havaittiin lievästi kohonnut kosteuspitoisuus, mutta pitoisuus voi olla myös ns. normaali johtuen muista tiloista poikkeavasta välipohjarakenteesta (väestönsuoja). Korkea kosteuspitoisuus muovimaton alla voi aiheuttaa emi-siopäästöjä sisäilmaan, mutta muovimatoista irtoavia päästöjä ei havaittu otetuissa VOC-ilmamittauksissa. Koneellinen ilmanvaihto poistaa yleisesti ottaen tehokkaasti epäpuhtauksia ilmasta. VOC-mittauksia on esitetty raportin myöhemmässä osiossa. Käytävän lattiassa havaittiin lämpökameralla poikkeava lämmin alue, mutta lämmönlähteestä ei saatu selvyyttä saatujen rakenne- ja LVI-piirustusten perusteella.

#### 5.4.5 Toimenpide-ehdotus

- muovisten lattialistojen ja läpivientien liittymien tiiveyden parannus
- käytävän lattiassa havaittu lämmin alue suositellaan selvitettäväksi yhteistyössä huoltomiehen kanssa

Mikäli väestönsuojan mahdollisen eristekerroksen kosteuspitoisuutta halutaan selvittää tarkemmin, suositellaan toteutettavaksi porareikämittauksia välipohjarakenteeseen.

## 5.5 Yläpohja- ja vesikatto

### 5.5.1 Rakenne

Yläpohjarakenne rakennetyyppien perusteella:

YP1, sisältä ulospäin

- kipsilevytytys
- runkopuut/korokkeet 50x50 50 mm
- muovikalvo 1x, saumat teipattu
- mineraalivilla 250 mm
- ullakkotila + puiset kattotuolit
- kate ja ruodelaudoitus

Yläpohjarakenne rakenneavauksen perusteella:

YP1, sisältä ulospäin

- alaslaskettu kattorakenne
- kipsilevy 2x
- runkopuu
- muovikalvo 1x, ei teipattu
- mineraalivilla (ei mitattu)
- puhallusvilla

Rakennetyypeissä oli esitettyä myös muun tyyppisiä yläpohjarakenteita, mutta niiden sijoittumisesta rakennukseen ei ollut saatavilla tietoja.

### 5.5.2 Havainnot ja mittaustulokset

Sisäpuolelle toteutettiin yksi rakenneavaus tilaan 210, josta tarkasteltiin ulkoseinän liimapuupalkin liittymää yläpohjaan. Muovikalvon havaittiin päättyvän liimapuupalkin sisäpintaan, jolloin ulkoseinän/ikkunan muovikalvo ei jatku yhteneväisenä.

Yläpohjatilaa tarkasteltiin niiltä osin kuin kulkusiltoja oli rakennettu. Yläpohjaan on havaintojen mukaan lisätty myöhemmin puhallusvillaa. Vesikaton alapinnan ruodelaudoituksissa ei havaittu viitteitä merkittävistä vuodoista. Peltikatteen alla ei ole aluskatetta, jonka vuoksi ruodelaudoituksissa havaittiin vähäisiä merkkejä normaalista kostumisesta. Yläpohjan tuuletus havainnointiin riittäväksi. Osa räystäään tuuletuksesta oli kuitenkin tukkiutunut mineraalivillalevystä (kuva 27). Rakennuksen länsipäädyssä havaittiin muovikalvo julkisivutiilen ja puurungon välissä (kuva 26). Vesikatteella havaittiin paikoin vähäisiä pinnoitteen vaurioita (kuva 30). Sadevesikouruissa havaittiin vain vähäisiä määriä roskia ja lehtiä.





Kuva 26. Yläpohjan muovikalvo päättyy liimapuupalkin sisäpintaan



Kuva 27. Yleiskuva yläpohjasta (eristämätön kohta ulkokatos)



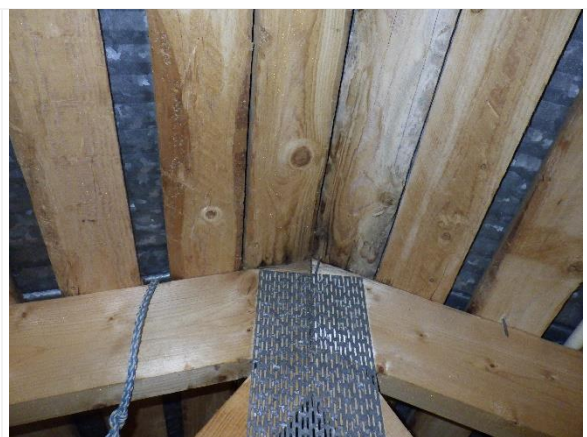
Kuva 28. Rakennuksen länsipääty, jossa ulkoseinän muovia on jatkettu yläpohjatilaan



Kuva 29. Osa räystästuuleuksesta on ummistettu mineraalivillalevyillä



Kuva 30. Puhallusvillan asennuksen yhteydessä on todennäköisesti asennettu räystäälle tuulenhjauslevyt



Kuva 31. Vesikatteella ei ole aluskatetta



Kuva 32. Vesikatteella havaittiin paikallisia pinnoitteiden vaurioita



Kuva 33. Sadevesikouruissa havaittiin vain vähäisesti lehtiä ja roskia

### 5.5.3 Johtopäätökset

Yläpohjaan (tilan 210 kattoon) tehdyn rakenneavauksen perusteella yläpohjan muovikalvo ei jatku eikä limity ulkoseinärakenteen liimapuupalkin yli, jolloin seinärakenne on epätiivis. Epätiivistä rakenteesta voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan heikentäen sen laatua. Ilmavirtausten suuruuteen vaikuttavat rakenteiden yli vaikuttavat paine-erot, jotka voivat johtua esim. sääolosuhteista sekä ilmanvaihdon painesäädöistä.

Yläpohjatila havaittiin yleisilmeeltään siistiksi eikä vesikatossa havaittu aistinvaraisesti merkittäviä vuotoja ja tuuletus havaittiin riittäväksi. Rakennuksen päätyseinässä havaittiin yläpohjatilassa muovikalvo, jolla voi olla vaikutusta kyseisen tiiliseinärakenteen tuulettumiseen sekä kosteuden kertymiseen. Kyseisessä tiiliseinässä havaittiin ulkopuolella viitteitä kosteuden kertymisestä, joista osa voi selittyä edellä mainitulla. Rakenteen kastumiseen vaikuttaa myös ilmansuunnan vaikutuksena viistosade. Tiiliseinän läpi kulkeutuvalla sadevedellä on riski valua muovikalvoa pitkin ulkoseinärakenteeseen, sillä muovikalvo estää ylimääräisen kosteuden tuulettumisen yläpohjatilaan.

Vesikaton pinnoitteessa havaittiin paikoin vaurioita, jotka eivät aiheuta akuuttia ongelmaa, mutta johtaa pidemmällä aikavälillä peltirakenteen vaurioitumiseen, mikäli pinnoitetta ei huolleta. Sadevesikouruissa ei havaittu merkittäviä määriä lehtiä tai roskia, jolloin kourujen ylitulvimisen riski on pieni.

### 5.5.4 Suositeltavat toimenpiteet

- sadevesikouruissa ei havaittu lehtiä tai roskia ja ne suositellaan yleisesti tarkastettaviksi sekä tarpeen mukaan tyhjennettäväksi vähintään kaksi kertaa vuodessa
- muovikalvon poisto ulkoseinän kohdalta ullakkotilassa (päätyseinä)
- pinnoitteen/maalipinnan paikkakorjaukset
- yläpohjan muovikalvon ja ulkoseinän palkin liittymän yleistä tiiveyttä voidaan tarvittaessa parantaa, tiiveyden parantaminen voi olla hankalaa toteuttaa

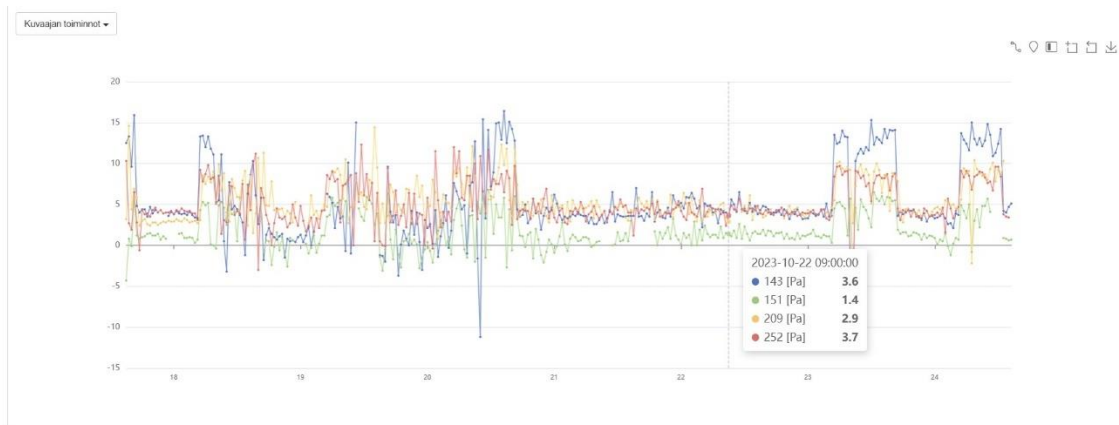
## 6 SISÄILMAN OLOSUHTEET JA EPÄPUHTAUDET

### 6.1 Paine-ero

#### 6.1.1 Mittaustulokset

Paine-eromittausten tulokset saatiin tilaajan järjestelmästä. Mittauspisteitä on saatujen tietojen mukaan tiloissa 143, 151, 209 ja 252. Tilaajalta saatiin käyttöön mittausdataa ajoilta 3,7 ja 30 päivää. Seitsemän päivän mittausdata on esimerkiksi tallennettu ajankohtana 18.11-25.11.2023.

Paine-ero pysyttelee pääsääntöisesti kaikissa mittapisteissä 7 päivän ajan ylipaineisena suhteessa ulkoilmaan. Mittauspisteen 209 paine-ero pysyttelee pääsääntöisesti +3...+6 Pa välillä, silloin kun paine-eroihin ei vaikuta muut ulkoiset tekijät. Seitsemän päivän mittausdatan aikana paine-ero käy vain kerran hetkellisesti alipaineisena. Kolmen päivän mittausdatassa on nähtävissä maanantai 23.10. noin klo 18 selkeä ylipaineen väheneminen tiloissa, joka jatkuu noin klo 5.00 asti, jolloin ylipaine tiloissa taas kasvaa. Tällöin kertoman ja havaintojen mukaan ilmanvaihtokoneet lähtevät päälle täyстeholle, kun ylipaine kasvaa. Samanlaista eroa ei ole nähtävissä mittausdatan alkupäässä, joka sijoittuu viikonlopulle (la-su). Alla esitettyinä 7 päivän mittauskäyrät, jossa eri mittauspisteet (tilat) näkyvät omilla viivoilla ja väreillä.



Kuvaajat on esitetty raportin liitteessä 6.

#### 6.1.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Ulkoseinän yli vaikuttavien paine-erojen kuvaajien mukaan ns. normaalitilanteessa tilat ovat hyvin lievästi ylipaineisia ulkoilmaan nähden. Ylipaine tiloissa kasvaa suuremmaksi (välille +5...+10 Pa), kun käyttäjät ovat tiloissa ja ilmanvaihtokoneet ovat täyстeholla. Ylipaine vaikuttaa epäpuhtauksien kulkeutumiseen heikentävästi, mutta merkkiainekokeiden perusteella havaittiin ilmavuotoja myös tilojen ollessa lähes tasapainossa ja/tai lievästi ylipaineiset. Mikäli rakenteet ovat riittävän epätiivitä, merkkiainekaasu kulkeutuu tiloihin myös ylipaineen vallitessa. Nykyisten ohjeiden mukaan paine-erot suositellaan asettamaan kuitenkin lähelle tasapainoa (noin +5...-5 Pa välille). Ilmanvaihtokoneiden säädöt suositellaan tarkastettavaksi paine-erojen osalta. Tilassa 210 suositellaan toteuttamaan myös vertaileva paine-eromittaus 2 viikon ajalta, sillä olemassa olevat paine-eromittarit eivät sijaitse kyseisessä tilassa. Kyseisen tilan paine-erot voivat erota ympäröivistä tiloista.

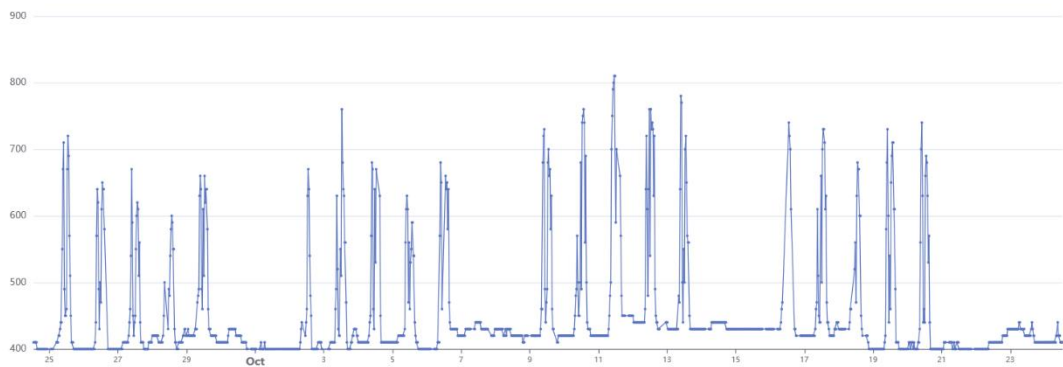


## 6.2 Hiilidioksidipitoisuus

### 6.2.1 Mittaustulokset

Hiilidioksidimittaustuloksia saatiin tilaajan järjestelmästä. Mittareita on ilmeisesti ainakin tiloissa 210 ja 227. Tarkasteluun otettiin mittauksia, jotka on toteutettu 25.9.-23.10.2023. Tilan 210 mittaustuloksissa hiilidioksidi nousee keskimäärin 600-700 ppm välille ja korkeimmillaan mittaussajalla 800ppm hetkellisesti. Vertailuna tilan 227 hiilidioksidi nousee käytön aikana keskimäärin 550-650ppm välille, korkeimmillaan 750ppm. Tilojen ollessa tyhjiään hiilidioksidipitoisuudet laskevat normaalille tasolle. Alla esitettynä esimerkkinä tilan 210 mittaustulokset 30 päivän ajan.

Hiilidioksidi



Kuvaajat on esitetty raportin liitteessä 7.

### 6.2.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on  $2100 \text{ mg/m}^3$  (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus (400 ppm). Mittaustulosten korkeimmatkaan pitoisuudet eivät nouse yli 800ppm lyhyen eikä pitkän mittaussajanjakson aikana.

Pitoisuuden nousevat arvot viittaavat tilojen normaaliin käyttöön sekä huoneessa olevaan henkilömäärään. Mikäli tiloja lisäksi ikkunatuuletetaan, hiilidioksidin määrä ilmassa laskee nopeasti. Molemmat tilat 210 ja 227 oletetaan olevan saman ilmanvaihtokoneen käyttöalueella, mutta tilojen oppilasmääriä ei ollut tiedossa. Koneellisen tulo- ja poistojärjestelmän piirissä olevissa tiloissa hiilidioksidipitoisuudet eivät usein nouse korkeiksi, sillä ilmanvaihto poistaa tehokkaasti hiilidioksidia. Kouluissa ja päiväkodeissa tulee kuitenkin huomioida tilojen mitoitettujen ja suunniteltujen henkilömäärät, joissa tulee pysyä ilmanvaihdon tarkoituksen mukaisen toiminnan takaamiseksi. Ilmanvaihdolle ei esitetä erillisiä toimenpide-ehdotuksia.

## 6.3 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

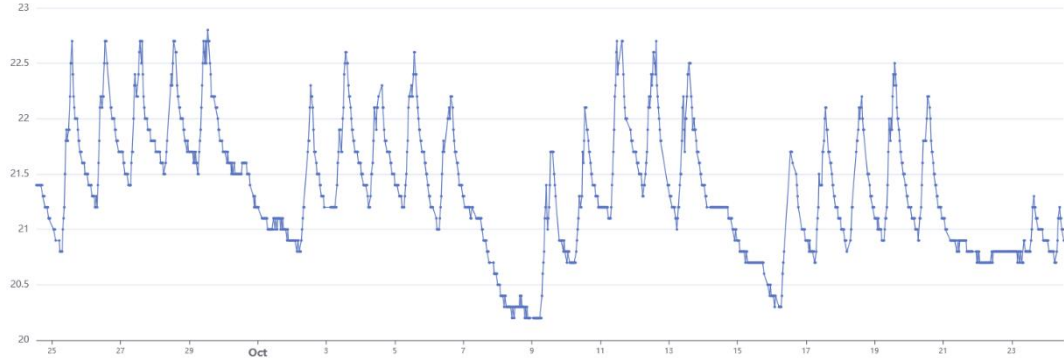
### 6.3.1 Mittaustulokset

Lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittaustuloksia saatiin tilaajan järjestelmästä. Tietoja saatiin mittauspisteistä 210 ja 227. Mittauspisteiden dataa oli saatavilla lyhyeltä aikaväliltä sekä pidemmältä. Tilassa 210 lämmityskaudella (mittausväli 25.9.-23.10) lämpötila kohoaa käyttöaikana sään-



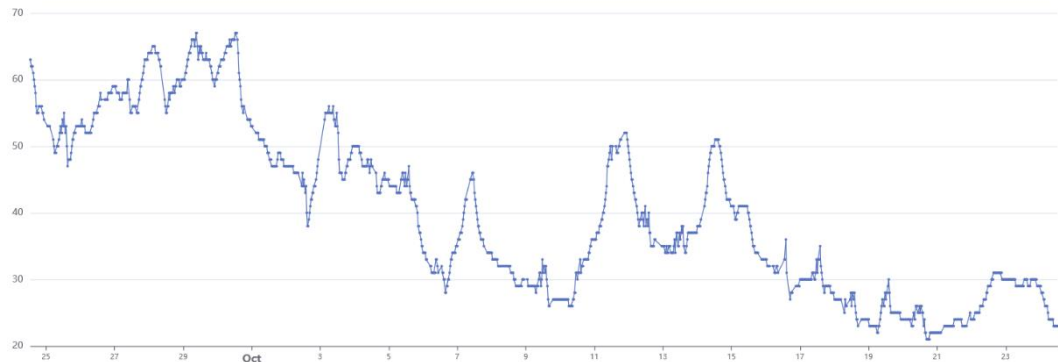
nöllisesti usean päivän aikana 22,5-23 °C välille. Vertailuna tilassa 227 saman ajankohdan datan mukaan lämpötila kohoaa käytönaikana korkeimmillaan säännöllisesti 21,5-21,8°C. Tilojen ollessa tyhjillään 20,5-21 °C välille.

Lämpötila



Ilmankosteuskuvaajat noudattelevat molemmissa mittapisteissä (210 ja 227) samaa käyrää. Ilmankosteuden muutokset mukailevat usein ulkoilman kosteusolosuhteita. Ilmankosteus vaihtelee suursti mittaussajankohdalla kokonaisuudessaan 20-65% välillä.

Ilmankosteus



Kuvaajat on esitetty raportin liitteessä 7.

### 6.3.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Lämpötilat nousevat tilassa 210 säännöllisesti hieman kohonneiksi, vaikka pysytteleekin asumisterveysasetuksien asettamissa raameissa. Patterit havaittiin tarkastushetkellä melko kuumiksi. Tilassa 227 lämpötilat pysyttelevät kokonaisuutena hieman matalammalla. Tilojen suhteellinen kosteus kulkee molemmissa tiloissa melko vastaavanlaisesti ja sisäilman kosteus voi vaihdella paljonkin. Sisäilman kosteuspitoisuudelle ei ole asetettu varsinaisia raja-arvoja, sillä niiden toteutuminen Suomen olosuhteissa on usein hankalaa sääolosuhteiden suuren vaihtuvuuden vuoksi. Koneellisen ilmanvaihdon alaisuudessa etenkin lämmityskaudella sisäilman kuivuus voidaan kokea häiritsevänä. Saatujen mittaustulosten perusteella ei saatu riittävästi tietoa lämmityskauden (pakkasten) vaikutuksesta sisäilmaan. Tilan 210 lämmitystä suositellaan säätämään hieman matalammaksi, jolloin sisäilman tunkkaisuuden tunne voi vähentyä. Samassa yhteydessä suositellaan toteuttamaan automaatiojärjestel-

mälle ja IV-järjestelmälle perustarkastuksia, jotta voidaan varmistua koneiston ja tekniikan normaalisti toiminnasta. Toimenpiteiden jälkeen tilojen lämpötiloja olisi hyvä seurata toimenpiteiden vaikutuksen seuraamiseksi.

## 6.4 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

### 6.4.1 Havainnot ja mittaustulokset

Ilman VOC-mittaukset toteutettiin kahdesta tilasta 210 ja 211. Tilat ovat vierekkäin ja vastaavanlaisia keskenään. Tilat olivat tyhjiällä mittausten aikana ja ilmanvaihto normaalisti käynnissä. Tilan 210 näytteen kokonaispitoisuus (TVOC) oli  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja tilan 211 näytteessä  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kummankaan mittauksen tulokset eivät ylitä toimenpideraja-arvoja. Myöskään yksittäisten yhdisteiden toimenpiderajat eivät ylitä. TVOC pitoisuuksien toimenpiderajana on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja yksittäisten yhdisteiden yleisesti  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eli havaitut pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Joillekin yhdisteille on säädetty erilliset toimenpiderajat. Tilan 210 näytteessä havaittiin yksittäisiä pitoisuuksia (alle  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) styreeniä. Styreeniä voi ilmetä sisäilmaan materiaaleista mm. vaahdotetusta polystyreenieristeestä ja/tai kumimatoista. Näytteissä havaittiin myös vähäisiä määriä tunnistamattomia yhdisteitä.

Näyteanalyysit ovat raportin liitteinä 2.

### 6.4.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Ilman VOC-näytteiden kokonaispitoisuuksiin vaikuttaa ilmanvaihto ja tilojen tuuletus, joka laimentaa ilmassa mitattavia pitoisuuksia. Tiloissa mitatut pitoisuudet ovat yleisesti ottaen hyvin pieniä. Tutkituissa tiloissa on mm. runsaasti askartelumateriaaleja, joista pääsee normaalisti erilaisia kemiallisia yhdisteitä sisäilmaan. Tilojen ilmanvaihto on kuitenkin tehokas poistamaan sisäilmassa esiintyviä yhdisteitä. Ilmanäytteiden perusteella ei esitetä erillisiä toimenpiteitä. Raportin muissa osioissa esitetyt toimenpiteet suositellaan toteuttamaan kokonaisuudessaan sisäilmaolosuhteiden parantamiseksi, jonka jälkeen olosuhteiden tilannetta voidaan seurata ja ottaa tarvittaessa uudelleen vertailevat ilma VOC-näytteet.

## 6.5 Teolliset mineraalikuidut

### 6.5.1 Havainnot ja mittaustulokset

Tiloista 210 ja 113 otettiin tasopölynäytteitä sekä IV-tulokanavasta teippinäyte sekä pyyhintäpölynäyte. Saatujen tietojen mukaan IV kanavisto, päätelaitteet sekä -kone on uusittu kokonaisuudessaan 2015. Otettujen näytteiden pohjalta pyrittiin kartoittamaan mahdollisia kuituja sisäilmassa, niiden lähdettä sekä siivouksen yleistä tasoa. Kanavistoa on kertoman mukaan nuohottu peruskorjauksen jälkeen, ajankohdasta ei ollut täyttä varmuutta.

Tasopölynäytteitä otettiin tilasta 210 ja vertailuna toisen kerroksen tilasta 113. Tasopölynäytteessä tilasta 210 havaittiin asteikolla yksittäisesti (+), jonkin verran (++) ja runsaasti (+++) rakennusmateriaalipölyä runsaasti. Myös tilan 113 näytteessä havaittiin jonkin verran rakennusmateriaalipölyä, mutta lisäksi myös yksittäisiä kuituja teollista mineraalivillaa.

IV-tulokanavasta otettiin tilasta 210 yksi pyyhintäpölynäyte, jossa havaittiin myös yksittäisiä mineraalivillakuituja. Lisäksi IV-tulokanavassa havaittiin jonkin verran rakennusmateriaalipölyä.

IV-tulokanavasta otetussa teippinäytteessä havaittiin myös yksittäisiä mineraalivilla kuituja.

IV-koneistoa ei tarkastettu tämän tutkimuksen yhteydessä. Yksittäinen tulokanavan päätelaite avattiin näytteenottoa varten.

Näyteanalyysit ovat raportin liitteinä 4 ja 5.

#### 6.5.2 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Pintojen pyyhintäpölynäytteille eikä välittömästi pinnalta otetulle teippinäytteelle ole olemassa toimenpideraja-arvoja. Kaksi viikkoa laskeutuneelle pölylle/kuiduille on olemassa toimenpideraja-arvo, mutta otettujen näytteiden perusteella huoneilmassa tai IV-kanavistossa ei ole kuituja siinä määrin, että niiden määrä ylittyisi laskeutuneessa kuitunäytteessä. Otettujen näytteiden perusteella saadaan kuitenkin viitteitä siitä, että siivouksen tasoa on syytä tehostaa. Lisäksi ilmanvaihtokanaviston näytteissä havaittiin mm. kalkkikiveä sekä vähäisiä määriä kuituja, jonka vuoksi ilmavaihtojärjestelmä suositellaan tarkastettavaksi puhtauden osalta (myös suodattimet ja mahdolliset ohivuodot). Mikäli kanavistoa ei ole nuohottu lähivuosina, suositellaan se toteutettavaksi. Myös poistokanavat suositellaan nuohottaviksi.

## 7 YHTEENVETO TÄRKEIMMISTÄ SUOSITELTAVISTA TOIMENPITEISTÄ

### Lisätutkimustarpeet:

- Käytävän lattiassa havaittu lämmin alue suositellaan selvittäväksi yhteistyössä huoltomiehen kanssa
- Mikäli väestönsuojan mahdollisen eristekerroksen kosteuspitoisuutta halutaan selvittää tarkemmin, suositellaan toteutettavaksi porareikämittauksia välipohjarakenteeseen.
- Tilassa 210 suositellaan toteuttamaan myös vertaileva paine-eromittaus 2 viikon ajalta, sillä olemassa olevat paine-eromittarit eivät sijaitse kyseisessä tilassa. Kyseisen tilan paine-erot voivat erota ympäröivistä tiloista.

### Huoltotoimenpiteet:

- Rakennuksen välitön läheisyys suositellaan pitämään puhtaana ylimääräisistä rikkakasveista ja sadevesikourut puhtaina, jotta perustuksille ei synny ylimääräistä kosteusrasitusta
- Sadevesikouruissa ei havaittu lehtiä tai roskia ja ne suositellaan yleisesti tarkastettaviksi sekä tarpeen mukaan tyhjennettäväksi vähintään kaksi kertaa vuodessa
- Ilmavaihtojärjestelmä suositellaan tarkastettavaksi puhtauden osalta

### Suunnitellut toimenpiteet:

- Ulkoseinän ja ikkunoiden sekä ikkunoiden ja liimapuupalkin liittymien yleistä tiiveyttä suositellaan parannettavaksi erillisen suunnitelman perusteella.
- Ulkoseinän tuuletusta suositellaan parannettavaksi niiltä osin kuin se on mahdollista esim. avaamalla jo olemassa olevia tiiliseinän pystysaumoja
- Vanhojen ilmanvaihtoreikien ummistaminen tarkoituksensa mukaisella tavalla
- Ikkunapeltien puutteellisten kaatojen ja tiiveyden korjaus
- Tiilipintaisen ulkoseinärakenteen tiivistyskorjaus (tila 113)
- Muovisten lattialistojen ja läpivientien liittymien tiiveyden parannus
- Muovikalvon poisto ulkoseinän kohdalta ullakkotilassa (päätyseinä)
- Pinnoitteen/maalipinnan paikkakorjaukset
- Yläpohjan muovikalvon ja ulkoseinän palkin liittymän yleistä tiiveyttä voidaan tarvittaessa parantaa, tiiveyden parantaminen voi olla hankalaa toteuttaa
- Ilmanvaihtokoneiden säädöt suositellaan tarkastettavaksi paine-erojen osalta.

- Tilan 210 lämmitystä suositellaan säätämään hieman matalammaksi, samassa yhteydessä suositellaan toteuttamaan automaatiojärjestelmälle ja IV-järjestelmälle perustarkastuksia, jotta voidaan varmistua koneiston ja tekniikan normaalista toiminnasta. Toimenpiteiden jälkeen tilojen lämpötiloja olisi hyvä seurata toimenpiteiden vaikutuksen seuraamiseksi.
- Mikäli kanavistoa ei ole nuohottu lähivuosina, suositellaan se toteutettavaksi. Myös poistokanavat suositellaan nuohottaviksi.

Viimeistään liittyvien toimenpiteiden (esim. peruskorjaus) yhteydessä tehtävät toimenpiteet:

Kohdassa "normaalit toimenpiteet" esitetyt suositukset voidaan siirtää myös mahdollisen tulevan peruskorjauksen yhteydessä toteutettaviksi.

- Mikäli salaojille tai rakennuksen välittömälle läheisyydelle ollaan toteuttamassa muita toimenpiteitä, suositellaan maan kallistusta lisäämään rakennuksesta pois päin.

Raportin muissa osioissa esitetyt toimenpiteet suositellaan toteuttamaan kokonaisuudessaan sisäilmaolosuhteiden parantamiseksi, jonka jälkeen olosuhteiden tilannetta voidaan seurata ja ottaa tarvittaessa uudelleen vertailevat ilma VOC-näytteet.

Tässä tutkimusraportissa esitetyt korjaussuositukset eivät ole valmis korjaussuunnitelma. Korjauksista ja niiden aikatauluista päätetään erikseen raportin valmistumisen jälkeen.

Oy Insinööri Studio



---

Petri Lönnblad  
Osastopäällikkö  
Rakennusterveysasiantuntija H/Rakter 003/04



---

Riina Paju  
Tutkimusinsinööri  
Rakennusterveysasiantuntija C-24149-26-18

## LIITTEET

1. Tutkimuskartat
2. Analyysivastaus 186948, Ilma-VOC -näytteet (Labroc Oy)
3. Analyysivastaus 185950, Mikrobimateriaalinäyte (Labroc Oy)
4. Analyysivastaus 186764, Kuitulaskeumanäytteet (Labroc Oy)
5. Analyysivastaus 186764, Pölynkoostumusnäytteet (Labroc Oy)
6. Paine-eron seurantakuvaajat
7. Olosuhdemittausten seurantakuvaajat (lämpötila, kosteus, hiilidioksidi)
8. Tutkimusmenetelmät

**Jakelu tilaaja**

TK.01 IV-tulokanava  
PÖ.03 IV-tuloskanava  
PÖ.02 tasopöly

MA.05-US

MA.07-US

01 Järjestysnumero  
US Ulkoseinärakenne  
SOK Sokkelirakenne

MA.01-US

MA.06-US

MA Materiaalinäyte  
VM Viiltomittaus (kosteus)

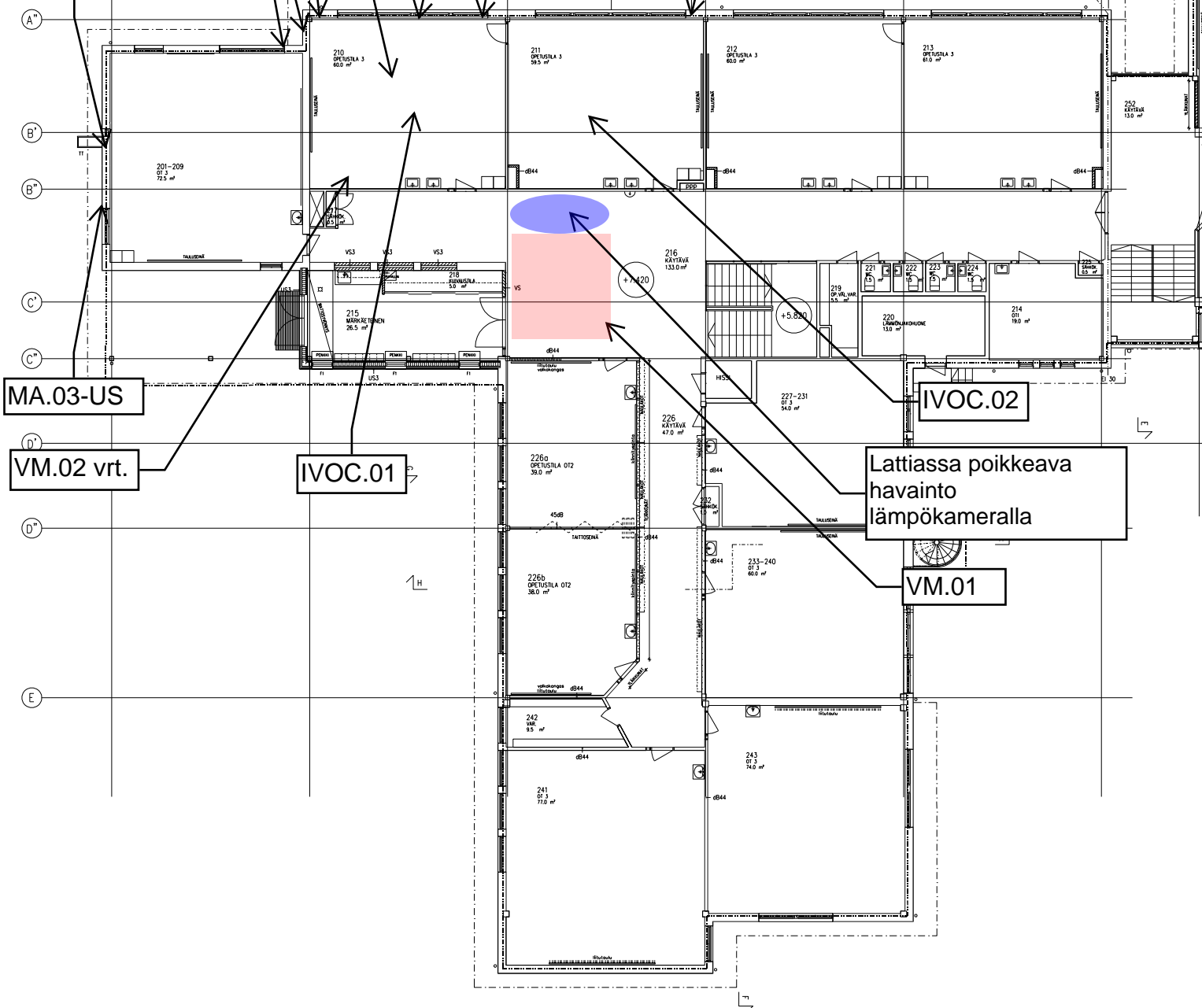
MA.08-US

Seinässä poikkeava havainto lämpökameralla

IVOC IlmaVOC-näyte  
PÖ Pölyn pyyhintänäyte  
TK Teippinäyte

MA.04-US

Lievästi poikkeavan arvon alue



MA.03-US

IVOC.02

Lattiasa poikkeava havainto lämpökameralla

VM.02 vrt.

IVOC.01

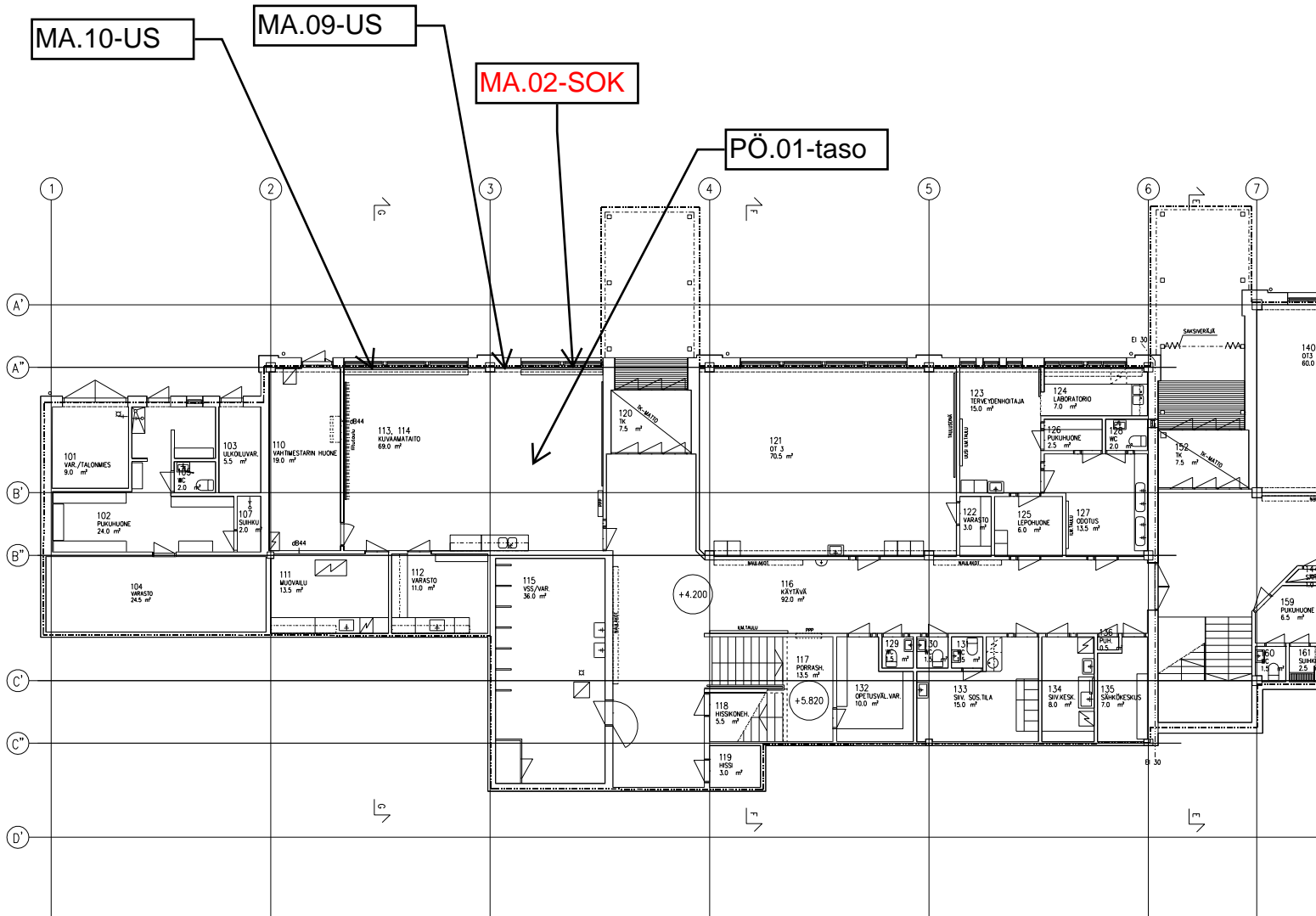
VM.01

E

01 Järjestysnumero  
 US Ulkoseinärakenne  
 SOK Sokkelirakenne

MA Materiaalinäyte  
 VM Viiltomittaus (kosteus)

IVOC IlmaVOC-näyte  
 PÖ Pölyn pyyhintänäyte  
 TK Teippinäyte



## VOC-ANALYYSI ILMANÄYTTEESTÄ

<b>Tilaja':</b>	Oy Insinööri Studio	<b>Tilauspäivä:</b>	13.11.2023
<b>Kohde':</b>	Rajakalliontie 10, Mussalon koulu	<b>Laboratorio:</b>	Kuopio
<b>Projektinnumero':</b>	T23057-01	<b>Vastaanottopäivä:</b>	13.11.2023
<b>Näytteenottaja':</b>	Riina Paju	<b>Analysointipäivät:</b>	13.11.2023
<b>Näytteenottopäivät':</b>	9.11.2023		

### TULOSTEN TULKINTA

Asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpideraja tolueenivasteella laskettuna on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja yksittäisen yhdisteen  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus, 545/2015). Lisäksi neljälle sisäilmaongelmiin liittyvälle yksittäiselle yhdisteelle on säädetty erilliset toimenpiderajat. Omalla vasteella lasketut toimenpiderajat ovat TXIB:lle  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja 2-etyyli-1-heksanolille  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tolueenivasteella lasketut toimenpiderajat ovat styreenille  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ja naftaleenille  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Muiden yksittäisten yhdisteiden toimenpiderajan ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ylityessä sen haitallisuus ja merkitys sisäilman laatuun on selvitettävä ja ryhdyttävä toimenpiteisiin haitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi. Mikäli toimenpideraja ylittyy yhdisteellä, joka ei ole kyseisessä pitoisuudessa terveydelle haitallinen esimerkiksi terpeenit, siloksaanit, ylittyminen ei johda toimenpiteisiin. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III Asumisterveysasetus § 14-19. Valvira ohje 8/216).

### YHTEENVETO TULOKSISTA

Alla olevassa tulostaulukossa TVOC toimenpiderajan ylittymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

Ei toimenpiderajan ylityksiä
Toimenpideraja ylittyy

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä. Yhteenvetotaulukko on muodostettu vertaamalla tuloksia asumisterveysasetuksen toimenpiderajoihin. Mikäli näytteessä havaitut pitoisuudet ylittävät jonkun toimenpiderajan mittausepävarmuus huomioiden, se mainitaan alla olevan taulukon lisätieto-kentässä.

	Näyte'	Tulosyhteenveto	Lisätietoja
	IVOC01, Tila 210	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	IVOC02, Tila 211	Ei toimenpiderajan ylityksiä	

### ANALYYSITULOKSET

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Yhdisteiden CAS-numeroita on saatavilla laboratorion, tai osoitteesta <https://labroc.fi/wp-content/uploads/2021/04/CAS-numerot-1.pdf>.

Näyte'	Näytteenottoaika'	Näytteenottoaika (min)'	Näytetilavuus (l)
IVOC01	Tila 210	90	12
Ryhmä	Yhdiste	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Oma vaste ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
TVOC	-	23	
TERPEENIT	alfa-Pineeni	4	
	3-Kareeni	1	
AROMAATTISET HIILIVEDYT	Styreeni	3	3
	Tolueeni	1	1
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET		7 (30%)	



Näyte'	Näytteenottoaika'	Näytteenottoaika (min)'	Näytetilavuus (l)
IVOC02	Tila 211	90	12
Ryhmä	Yhdiste	Pitoisuus tolueeniekvivalenttina ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Oma vaste ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
TVOC	-	24	
TERPEENIT	alfa-Pineeni	3	
	3-Kareeni	1	
AROMAATTISET HIILIVEDYT	Tolueeni	1	1
ALDEHYDIT	Nonanaali	1	
TUNNISTAMATTOMAT YHDISTEET		9 (39%)	

**Näytekommentit:**

Koska näytteen TVOC-pitoisuus on lähellä määrittärajaa, havaittujen yhdisteiden pitoisuudet ovat pieniä ja luotettava tunnistaminen vaikeaa. Tämän takia tunnistamattomien yhdisteiden suhteellinen osuus on suuri.

## ANALYYSIT

Ilmanäytteet kerättiin Tenax TA adsorbenttiin ja analyysit tehtiin standardin ISO 16000-6 mukaisesti kaasukromatografi-massaspektrometrialaitteistolla. Yhdisteet tunnistettiin retentioaikojen sekä kirjastohaun perusteella (kirjasto NIST11) ja niiden pitoisuudet laskettiin tolueeniekvivalenteina (tolueenivasteina). TVOC-pitoisuus määritettiin laskemalla yhteen kaikkien yhdisteiden tolueeniekvivalenteina määritetyt pitoisuudet n-heksaanin ja heksadekaanin väliltä.

Styreenin, 2-etyyli-1-heksanolin, naftaleenin ja TXIB:n (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyaatti) pitoisuus on laskettu puhtaan vertailuaineen avulla.

Tutkimusraportissa ilmoitetut tulokset perustuvat laboratoriolle ilmoitettuihin näytetietoihin. '-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot.

## MÄÄRITYSRAJA

Yksittäisen yhdisteen määrittämissä raja on 5 litran näytteelle keskimäärin  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . TVOC-pitoisuudelle määrittämissä raja on  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusvälillä) katsoa olevan. TVOC-tuloksen mittausepävarmuus ilman näytteenottoa on 28 % (luottamusvälillä 95 %). Yksittäisten, oman vertailuaineen avulla määritettävien yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat (suluissa tolueeniekvivalenttituloksen mittausepävarmuus): Tolueeni 19% (19%), Styreeni 24% (39%), 2-Etyyli-1-heksanoli 35% (96%), Naftaleeni 37% (40%) ja TXIB 40% (40%) . Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yhdisteiden pitoisuuden määrittämissä on semikvantitatiivinen. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.



Arja Asikainen, Tutkija, FT  
p. 044 776 0471, arja.asikainen@labroc.fi

## VIITTEET

ISO 16000-6, 2021, Indoor air - Part 6: Determination of organic compounds (VVOC, VOC, SVOC) in indoor and test chamber air by active sampling on sorbent tubes, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS FID.

Asumisterveysasetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa III Asumisterveysasetus § 14-19. Valvira ohje 8/2016.

Saarela, K., ym., TVOC-haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio ja sen eri laskentatavat, Sisäilmastoseminaari 2005, Sisäilmayhdistys raportti 23.

**MIKROBIVILJELY MATERIAALINÄYTTEESTÄ, SUORAVILJELY**

<b>Tilaaaja':</b>	Oy Insinööri Studio Riina Paju, riina.paju@insinooristudio.fi	<b>Tilauspäivä:</b>	30.10.2023
<b>Kohde':</b>	Mussalo koulu, esikoulutilat	<b>Laboratorio:</b>	Kuopio
<b>Projektinnumero':</b>	T23057-01	<b>Vastaanottopäivä:</b>	1.11.2023
<b>Näytteenottaja':</b>	Riina Paju	<b>Viljelypäivät:</b>	1.11.2023
<b>Näytteenottopäivät':</b>	27.10.2023		

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä.

**YHTEENVETO TULOKSISTA**

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	<b>Näyte'</b>	<b>Tulosityhteenveto</b>	<b>Johtopäätös</b>
	MA.01-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, lattiakoolauksen päältä	paljon homeita, indikaattorimikrobeita, vähän bakteereita	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MA.02-SOK, Mineraalivilla, Tila 113, SOK, k=300	paljon homeita, indikaattorimikrobeita, vähän bakteereita	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MA.03-US, Mineraalivilla, Tila 209, US, k=440 (tiilen alareunasta)	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MA.04-US, Mineraalivilla, Tila 209, US, k=530 (tiilen alareunasta)	paljon homeita, bakteereissa paljon aktinomykeettejä	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MA.05-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, k=600 ikkunan alta	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MA.06-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, k=160	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	epäily mikrobikasvusta materiaalissa
	MA.07-US, Mineraalivilla, Tila 211, US, k=160, vertailu	homeet alle määritysrajan, vähän bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa

MA.08-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, k=2000	homeet ja bakteerit alle määrittäysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
MA.09-US, Mineraalivilla, Tila 113, US, k=910	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
MA.10-US, Mineraalivilla, Tila 113, US, k=610 ikkunan alta	vähän homeita, bakteerit alle määrittäysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa

### LISÄTIEDOT

Ulkoilman tai maaperän kanssa kosketuksissa olevissa materiaaleissa voi esiintyä huomattavia määriä mikrobeja, mikä ei aina ole seurausta materiaalien kastumisesta ja sitä seuranneesta mikrobikasvusta, vaan esimerkiksi ilmavirtojen mukana kertyneistä ulkoilman mikrobeista tai materiaalin maaperäkontaktista aiheutuneesta kontaminaatiosta. Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

**ANALYYSITULOKSET**
**Näyte': MA.01-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, lattiakoolauksen päältä**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
<b>Kokonaismäärä</b>	+++	++	Kokonaismäärä	+
<b>*Paecilomyces sp.</b>	+(1)	+(1)	muut bakteerit	+(YK)
Penicillium sp.	+++	++	*aktinomykeetit	<mr
Cladosporium sp.		+		

**Näyte': MA.02-SOK, Mineraalivilla, Tila 113, SOK, k=300**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
<b>Kokonaismäärä</b>	+++	++	Kokonaismäärä	+
<b>*Aspergillus versicolores (lr)</b>	+(12)	+(8)	muut bakteerit	+(YK)
Penicillium sp.	+++	++	*aktinomykeetit	<mr

**Näyte': MA.03-US, Mineraalivilla, Tila 209, US, k=440 (tiilen alareunasta)**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
<b>Kokonaismäärä</b>	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
<b>*Coelomycetes (sr)</b>	+(1)		*aktinomykeetit	<mr
Cladosporium sp.		+		

**Näyte': MA.04-US, Mineraalivilla, Tila 209, US, k=530 (tiilen alareunasta)**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
<b>Kokonaismäärä</b>	+	+++	<b>Kokonaismäärä</b>	+++
Cladosporium sp.	+	+++	muut bakteerit	+(YK)
Penicillium sp.	+	+	*aktinomykeetit	+++ (T)
steriilit	+			

**Näyte': MA.05-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, k=600 ikkunan alta**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+
Cladosporium sp.		+	*aktinomykeetit	<mr

**Näyte': MA.06-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, k=160**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
*Chaetomium (sr)	+(6)	+(8)	muut bakteerit	<mr
Cladosporium sp.		+	*aktinomykeetit	+(4)
*Aspergillus usti (lr)		+(1)		

**Näyte': MA.07-US, Mineraalivilla, Tila 211, US, k=160, vertailu**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	+
			muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

**Näyte': MA.08-US, Mineraalivilla, Tila 210, US, k=2000**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	<mr

**Näyte': MA.09-US, Mineraalivilla, Tila 113, US, k=910**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	<mr	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+		muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

**Näyte': MA.10-US, Mineraalivilla, Tila 113, US, k=610 ikkunan alta**

	M2	DG18		THG
<b>HOMEET JA HIIVAT</b>	pmy/malja	pmy/malja	<b>BAKTEERIT</b>	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	<mr
steriilit	+			
Penicillium sp.		+		

**Tulostaulukon merkintöjen selitykset:**

Merkintä	M2 ja DG18 (sienet)	THG (aktinomykeetit)	THG (kokonaismäärä)
+	alle 30	alle 20	alle 75
++	30-49	----	----
+++	50 tai yli	20 tai yli	75 tai yli

< mr = alle määritysrajan

YK = pesäkkeen ylikasvu maljalla, jolloin kysymyksessä on nopeakasvuinen mikrobi, joka leviää maljalla nopeasti peittäen muut mahdolliset pesäkkeet helposti alleen

T = maljat täynnä pesäkkeitä, tarkkaa pesäkemäärää ei voitu laskea.

\* = kosteusvaurioindikaattori.

sr = sukuryhmä

lr= lajiryhmä

Kosteusvaurioindikaattorimikrobien osalta on myös ilmoitettu pesäkemäärää.

Mikrobikasvuun viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.

'-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot



**Marja Hänninen**, Tutkija, Mikrobiologi  
 p. 050 325 0612, marja.hanninen@labroc.fi

## ANALYYSIT

Materiaalinäytteistä määritettiin homeiden ja bakteerien määrä suoraviljelymenetelmällä. Hienonnettua materiaalia siirrettiin noin 0,5 ml suoraan elatusalustoille. Homeet viljeltiin mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18 (DG18)-alustalle ja bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustalle (THG). Elatusalustoja pidettiin +25°C:ssa 7 vuorokautta mesofiilisten sienien (homeet ja hiivat) ja kokonaisbakteeripitoisuuksien määrittämiseksi ja yhteensä 14 vuorokautta aktinomykeettien määrittämiseksi. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV). Homeet tunnistettiin mikroskopoimalla suku- tai lajitasolle. Bakteereista tunnistettiin aktinomykeetit. Mikäli kasvustoa ei saatu viljelymenetelmällä esille, kovilla materiaaleilla käytettiin viljelyn tueksi suoramikroskopointia.

Analyysi on akkreditoitu ja ruokaviraston hyväksymä. Hyväksyntä edellyttää, että menetelmän luotettavuus on osoitettu Asumisterveysasetuksen mukaisesti ja menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys laimennossarjalla saatuihin tuloksiin on varmistettu.

## MÄÄRITYSRAJA

Menetelmän määrittäysraja on 1 pmy/0,5 ml.

## MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusvälillä) katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä aktinomykeeteille 29 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi suoramikroskopoinnista tai näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

## TULOKSEN TULKINTA

Tulokset tulkitaan käyttäen Labroc Oy:n omaa validointiaineistoa. Suoramikroskopointitulokset tulkitaan Laboratoriooppaan (2018) mukaisesti.

Tulkinta	Tulos elatusalustalla
ei mikrobikasvua materiaalissa	- sienten pesäkemäärä enintään + JA - bakteerien pesäkemäärä enintään + JA - alle kahta indikaattorimikrobia/taksonia (mukaan lukien aktinomykeetit) JA - suoramikroskopoinnissa ei kasvustoa osoittavaa määrää sienirihmasto
epäily mikrobikasvusta materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: ++ TAI - vähintään kahta indikaattorimikrobia ja vähintään 3 pesäkettä/alusta kutakin (mukaan lukien aktinomykeetit) TAI - suoramikroskopoinnissa kasvustoa osoittava määrä sienirihmasto TAI - bakteerien pesäkemäärä: +++
selvä mikrobikasvu materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: +++ TAI - aktinomykeettipesäkemäärä: +++

## VIITTEET

Asumisterveysasetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.

A.-M. Pessi ja K. Jalkanen: Laboratorio-opas. Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy 2018.

H. Rintala, P. Tegelberg, M. Hänninen, H. Marttila, T. Meklin. Indikaattorimikrobien merkitys viljelytulosten tulkinnassa – suoraviljelyn, laimennossarjaviljelyn ja qPCR-menetelmän vertailu. Sisäilmastoseminaari 2023



**TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN PITOISUUS LASKEUMAPÖLYSTÄ**

<b>Tilaja:</b>	Oy Unsinööri Studio riina.paju@insinooristudio.fi	<b>Tilauspäivä:</b>	9.11.2023
----------------	--	---------------------	-----------

<b>Kohde:</b>	Mussalon koulu	<b>Toimitettu laboratorioon:</b>	13.11.2023
---------------	----------------	----------------------------------	------------

<b>Projektinnumero:</b>	T23057-01	<b>Laboratorio:</b>	Kuopio
-------------------------	-----------	---------------------	--------

**Menetelmät:**

Geeliteipille kerätystä laskeumapölystä laskettiin valo-/polarisaatiomikroskooppia käyttäen teolliset mineraalikuidut, joiden halkaisija on yli 3µm ja pituuden suhde halkaisijaan on vähintään 3:1. Sisäinen menetelmä pohjautuu menetelmään, joka on esitetty VTT:n tiedotteessa 2360 Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt (2006) sekä TTL:n ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2017). Menetelmän määrittämisraja yhdelle teippinäytteelle on 0,07 kuitua/cm<sup>2</sup> ja kolmen teippinäytteen keskiarvolle 0,02 kuitua/cm<sup>2</sup>. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on 30%. Laskelma ei huomioi näytteenoton mittausepävarmuutta. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.

**Näytteenottaja:** Riina Paju

Näyte'	Näytteenottoaika'	Näytteen kertymäaika'	Kuitua/ cm <sup>2</sup> *	Keskiarvo kuitua/ cm <sup>2</sup> *
TK.04	Tila 210, teippinäyte IV-kanavasta	ei tiedossa	6,36	-

\*STM:n asetus 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista määrittelee teollisten mineraalivillakuitujen toimenpiderajaksi 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup> kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä. Toimenpiderajaa IV-kanaviston sisäpintojen kuitupitoisuudelle ei ole asetuksessa määritetty. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje suosittelee otettavan vähintään kolme rinnakkaista näytettä.

'-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot



**Teija Meklin**, Tutkija, FT, dos.  
p. 045 657 7330, teija.meklin@labroc.fi

## PÖLYNKOOSTUMUS

<b>Tilaja:</b> Oy Insinööri Studio	<b>Tilauspäivä:</b> 9.11.2023
<b>Kohde:</b> Mussalon koulu	<b>Toimitettu laboratorioon:</b> 13.11.2023
<b>Projektinnumero:</b> T23057-01	<b>Laboratorio:</b> Oulu

### Menetelmät:

Tilajan toimittamat pölynäytteet (pyyhintäpöly pussissa) tutkittiin stereomikroskoopilla ja pyyhkäisyelektronimikroskoopilla.

Näytteestä tutkittiin seuraavat pölytyypit:

- rakennusmateriaalipöly (silikaattinen kiviainespöly, kalkkikivi, kipsi, metallioksidit)
- ulkoilmapöly (silikaattinen kiviainespöly, kasvi-/hyönteisperäinen pöly, itiöt, siitepöly)
- huonepöly (tekstiilikuidut, hilse, karvat, kloridit, selluloosakuidut)

Myös edellä mainituista pölytyypeistä poikkeavat partikkelit raportoidaan, mikäli sellaisia näytteessä havaitaan.

Pölytyypin suhteellinen määräärvio on kuvattu: (+++) = runsaasti, (++) = jonkin verran, (+) = yksittäisesti.

Mineraalivillakuitujen määräärvio on ilmoitettu: (+) = alle 1 p-%, (++) = 1-5 p-% ja (+++) yli 5 p-%.

Menetelmällä ei voida määrittellä sellaista orgaanista pölyä, jota ei voida muodon perusteella tunnistaa. Tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.

**Näytteenottaja:** Riina Paju

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Pölynkoostumus
PÖ.01	Tila 113, tasopöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>rakennusmateriaalipölyä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• silikaattinen kiviainespöly (++)</li> <li>• kalkkikivi (++)</li> <li>• kipsi (++)</li> <li>• Fe-oksidi (+)</li> </ul> </li> <li>• <b>huonepölyä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tekstiilikuidut (++)</li> <li>• hilse (++)</li> <li>• kloridit (+)</li> </ul> </li> <li>• <b>ulkoilmapölyä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• silikaattinen kiviainespöly (+)</li> <li>• kasvi-/hyönteisperäinen pöly (+)</li> </ul> </li> <li>• <b>teollisia mineraalikuituja</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kivivilla (+)</li> <li>• lasivilla (+)</li> </ul> </li> </ul>
PÖ.02	Tila 210, tasopöly	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>rakennusmateriaalipölyä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kalkkikivi (+++)</li> <li>• silikaattinen kiviainespöly (++)</li> </ul> </li> <li>• <b>huonepölyä</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• hilse (+++)</li> <li>• tekstiilikuidut (++)</li> </ul> </li> </ul>

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Pölynkoostumus
PÖ.03	Tila 210, IV-tulokanava	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>rakennusmateriaalipölyä</b><ul style="list-style-type: none"><li>• silikaattinen kiviainespöly (++)</li><li>• kalkkikivi (++)</li><li>• kipsi (++)</li><li>• Zn-oksidi (++)</li></ul></li><li>• <b>ulkoilmapölyä</b><ul style="list-style-type: none"><li>• silikaattinen kiviainespöly (+)</li><li>• siitepöly (+)</li></ul></li><li>• <b>teollisia mineraalikuuituja</b><ul style="list-style-type: none"><li>• kivivilla (+)</li><li>• lasivilla (+)</li></ul></li></ul>



**Saku Varpenius**, Tutkija, Insinööri  
p. 040 574 3685, saku.varpenius@labroc.fi

## Paine-eromittaukset

Alla olevissa kuvaajissa on esitetty neljän eri huonetilan (143,151,209,252) paine-erot, eri aikajaksoilla.

### 7 päivää

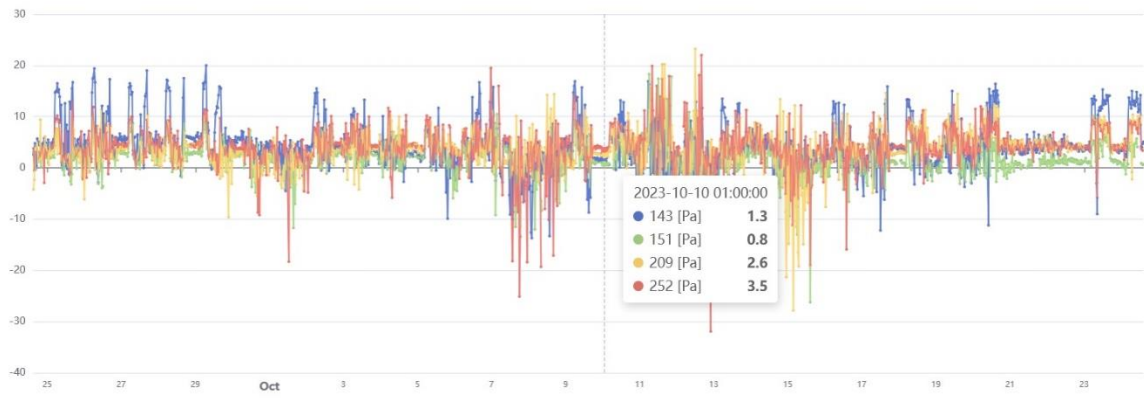


### 3 päivää



# 30 päivää

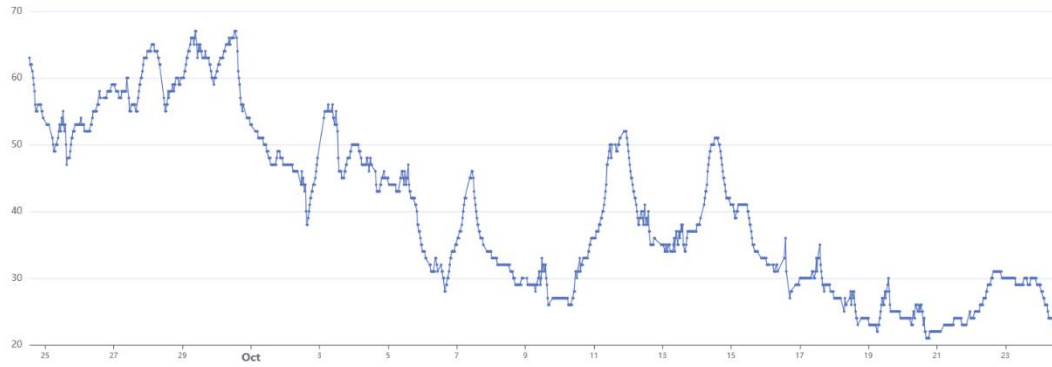
Kuvaajan toiminnot ▾



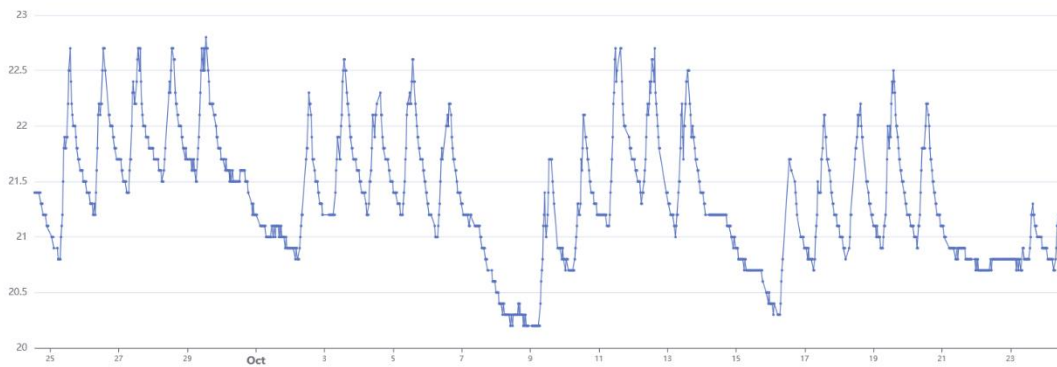
## Olosuhdemittaukset (suhteellinen kosteus, lämpötila, hiilidioksidi)

### Tila 210, viimeiset 30 päivää (25.9.-23.10.2023)

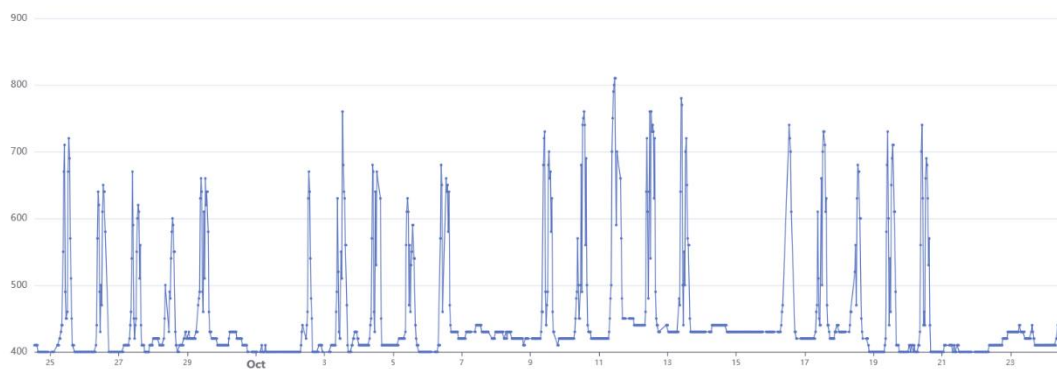
Ilmankosteus



Lämpötila



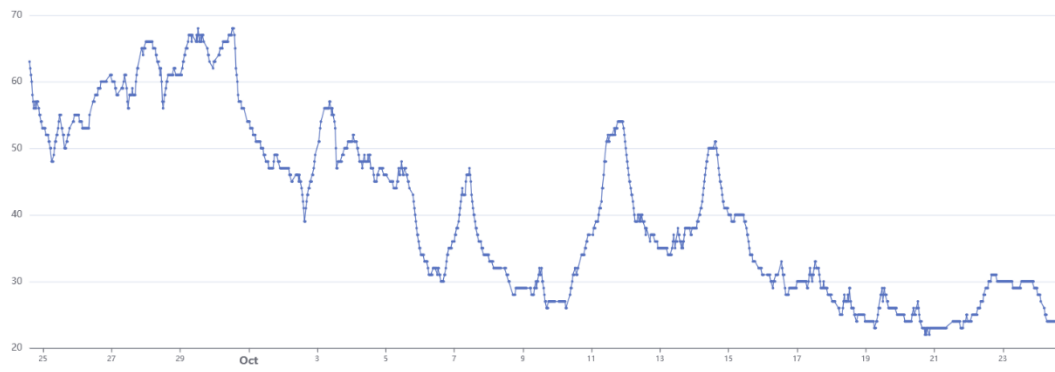
Hiilidioksidi



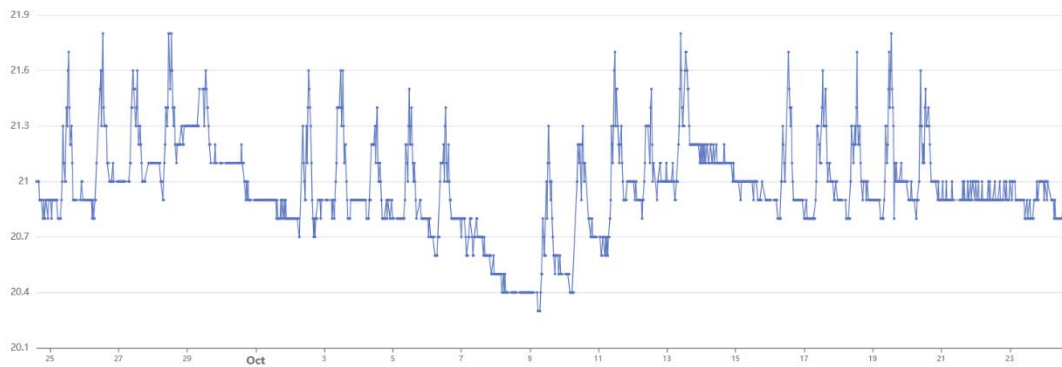


## Tila 227, viimeiset 30 päivää (25.9.-23.10.2023)

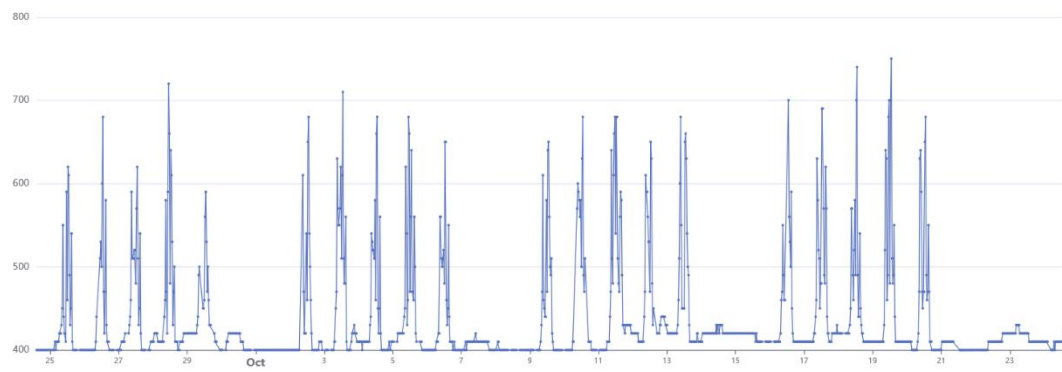
Ilmankosteus



Lämpötila



Hiiidioksidi



## MITTAUS- JA NÄYTTEENOTTOMENETELMÄT

### Kosteuskartoitus

Rakenteiden kosteuspoikkeama-alueita arvioitiin pintakosteuskartoituksella käyttäen pintakosteudenilmaisinta Tramex Moisture Encounter Plus, tarkasteluasteikko 5–30. Pintakosteuskartoitukset ovat ainetta rikkomattomia vertailututkimuksia, joissa samasta rakenteesta eri kohdista mitattuja lukemia verrataan keskenään ja poikkeavien lukemien alueet saadaan kartoitettua. Pintakosteudenilmaisimen toiminta perustuu materiaalien sähkönjohtavuuteen, minkä vuoksi tulokseen vaikuttavat useat tekijät, mm. rakenteiden sisässä olevat vesijohtoputket, teräkset, lämmityskaapelit sekä mitattavan materiaalin koostumus ja rakenteiden pintaosien vaihtelut. Kartoituksessa havaituista kosteuspoikkeamista on mainittu raportissa.

### Rakenteiden kosteusmittaukset

Liimattujen lattiapäällysteiden, kuten muovi- ja linoleumimaton alapintaan ja liimakerrokseen kohdistuva kosteusrasitus selvitettiin viiltomittauksilla Rotronic HC2-P05 mittapäillä. Mittapää asennettiin lattiapinnoitteen alle pinnoitteeseen tehdyn viillon kautta. Viilto tiivistettiin ja mittapään annettiin tasaantua noin 15 minuuttia, minkä jälkeen tulokset luettiin HP22-A / HP23-A-mittalaitteella. Mittausten välissä mittapäiden annettiin tasaantua mitattavan tilan olosuhteisiin ennen uuden mittapisteen viiltoa. Mittapäiden mittaustarkkuus suhteellisen kosteuden osalta on noin  $\pm 2\%$ . Käytetyt mittapäät on kalibroitu 10/2020.

Lattiapäällysteen tartuntaa, liiman koostumusta ja väriä sekä päällysteen alapuolisia hajuja arvioitiin aistinvaraisesti viiltomittauskohdista viiltomittauksen jälkeen.

Tiilirakenteisen ulkoseinän huokosilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauksissa käytettiin Rotronic HC2A-S kosteusmittausantureita sekä HP23-A-mittalaitteita. Porauksen jälkeen mittausreiät puhdistettiin, putkitettiin, putket imuroitiin, mittapäät asennettiin putkiin ja tiivistettiin. Lukemat kirjattiin ylös 60 minuutin tasaantumisaian jälkeen. Mittapäiden mittaustarkkuus suhteellisen kosteuden osalta on noin  $\pm 2\%$ . Käytetyt mittapäät on kalibroitu 10/2020.

### Rakenneavaukset, materiaalinäytteet ja ilmatiiviys

Rakenteiden toteutustapaa ja kuntoa tarkastettiin rakenneavauksista. Paikoin rakennetta tarkasteltiin porareistä endoskoopin avulla. Avauksia tehtiin rakennuksen alapohjiin, välipohjiin, ulkoseiniin sekä ikkunaliittymiin.

Rakenneavauksista otettiin materiaalinäytteitä mikrobi-, asbesti- ja PAH-analyysiä varten. Rakenneavausten ja näytteiden ottopaikat on esitetty liitteessä 1 ja laboratorion mikrobianalyysivastaukset liitteissä 3–5. Näytteiden analysointitavat on esitetty kunkin laboratorion analyysivastauksessa.

### Merkkiainemittaukset

Rakenteiden tiiveyden ja rakenteissa olevien vuotoilmareittien selvittämiseksi käytetään merkkiainetta. Merkkiaineena on typpi-vety-seoskaasua, jota lasketaan tutkittavien rakenteiden eristetilaan pienellä tilavuusvirralla. Sisätiloissa rakenteen vuoto- tai epäjatkuvuuskohtia tutkitaan vetypitoisuutta suoraan osoittavalla vetyvuodonilmaisimella Inficon Sensistor XRS9012. Mittausten aikana rakennuksen ilmanvaihto on normaalitilassa tai tilat voidaan erikseen alipaineistaa esim. tuloilman määrää pienentämällä.

### Ilmanvaihdon toiminta ja hygienia

Ilmanvaihdon toimintaa arvioitiin aistinvaraisesti, koneita ja kanavia avaamalla, tutustumalla ilmanvaihtosuunnitelmiin sekä haastatteleamalla kiinteistön henkilökuntaa. Ilman jakautumista huonetiloissa tarkasteltiin näkyvän merkisavun avulla sekä mittaamalla yhtäaikaisesti tuloilman ja sisäilman lämpötilaa.

Ilmanvaihdon kanaviston puhtautta arvioitiin pistokoeluentoisesi visuaalisella puhtausasteikolla (KH 28-00389, LVI 39-10409). Kanavista otettiin kuitunäytteitä geeliteipille pölystä. Laboratoriossa näytteestä laskettiin yli 20 µm pituiset teolliset mineraalikuidut stereomikroskoopin avulla. Ilmanvaihtojärjestelmän kuitupitoisuuksille ei ole olemassa raja-arvoja. Työterveyslaitoksen käyttämän suosituksen mukaan tuloilmakanavasta otetuissa näytteissä kuitupitoisuuden normaalitasona pidetään 0...30 kuitua/cm<sup>2</sup>. 30...50 kuitua/cm<sup>2</sup> osoittaa kohonnutta pitoisuutta kanavassa ja >50 kuitua/cm<sup>2</sup> osoittaa suurta pitoisuutta.

### **Sisäilman olosuhteet**

Sisäilmaolosuhteita arvioitiin aistinvaraisesti sekä haastatteleamalla rakennuksen käyttäjiä. Lisäksi hiilidioksidipitoisuutta, sisäilman ja ulkoilman lämpötilaa sekä painesuhteita seurattiin yhtäjaksoisena mittauksena. Mittalaitteena olivat Tinytag-loggerit.

### **Kuidut sisäympäristössä**

Lasikuitua, lasivillaa ja vuorivillaa kutsutaan teollisiksi mineraalikuiduiksi. Niitä käytetään ääneneristeinä ilmanvaihtolaitteistoissa ja huoneiden akustiikkalevyissä sekä rakennusten lämmöneristeinä. Ne voivat aiheuttaa ihon, silmien ja hengitysteiden ärsytysoireita.

Teollisten mineraalikuitujen esiintymistä sisätiloissa selvitettiin ottamalla näytteitä geeliteipille pölystä, jonka laskeuma-aika keräysmaljalle oli 2 viikkoa. Laboratoriossa näytteestä laskettiin yli 20 µm pituiset teolliset mineraalikuidut stereomikroskoopin avulla. Sisätilan pintojen teollisten mineraalikuitujen pitoisuuksille on olemassa STM:n asetuksen mukainen toimenpideraja-arvo, 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup> (2 viikon pölylaskeumassa).

### **Pölyn koostumus**

Pyyhintänäytteen avulla selvitettiin pinnoilla olevan pölyn koostumusta. Laboratoriossa näytteet analysoitiin elektronimikroskoopilla ja alkuaineanalyysointilaitteella (EDS). Analyysissä tutkitaan seuraavien hiukkastyypin esiintyminen näytteessä: tavanomainen huonepöly, karkea ulkoilmapöly, teolliset mineraalikuidut, rakennusmateriaalipöly, puupöly, metallipöly ja homeitiöt.

### **Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)**

Työntekijöiden altistumista haihtuville orgaanisille yhdisteille tutkitaan ottamalla sisäilmasta VOC-näyte ADT-keräimen suodattimen läpi. ADT-keräimet analysoidaan laboratoriossa kaasukromatografisesti käyttäen termodesorptiota ja massaselektiivistä ilmaisinta.

Kemiallisten, sisäilmassa esiintyvien aineiden kokonaismäärä ilmassa (TVOC) kertoo mitattavien aineiden kokonaismäärän mittaushetkellä, toimenpideraja n. 400 µg/m<sup>3</sup>.

Yksittäisten yhdisteiden terveysvaikutuksista aineiden alhaisissa pitoisuuksissa on vain vähän tutkittua tietoa. Tolueneivasteella lasketun yksittäisen yhdisteen pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m<sup>3</sup>. Rakenteiden kuntoa tutkittaessa yksittäisten VOC-yhdisteiden avulla voidaan löytää mahdollisia epätyypillisiä rakennusperäisiä päästöjä ja sitä kautta mahdollisia sisäilmahaitan aiheuttajia.