

**RUOTSINKYLÄN KOULU  
RÄVBÄCKINKUJA 29  
04360 TUUSULA**



**RAPORTTI**

**27.2.2018**

**SISÄILMATUTKIMUS**

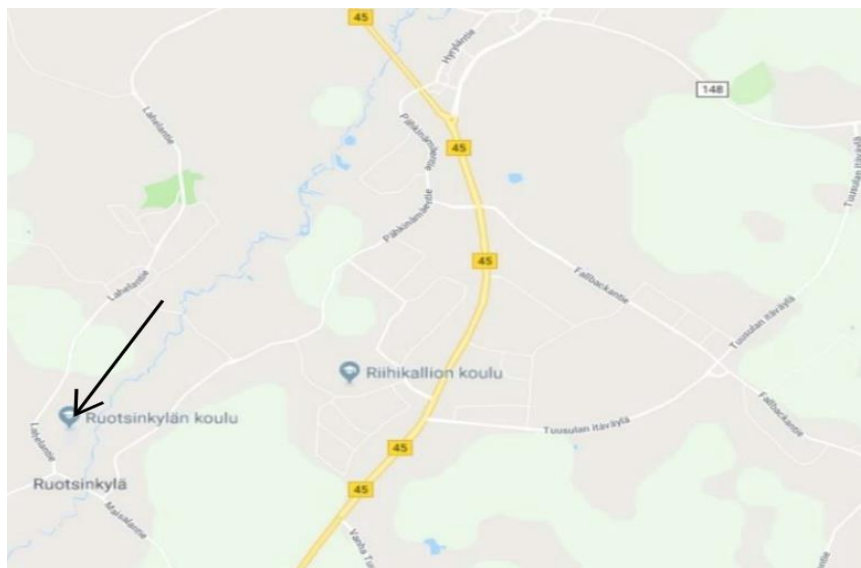
## Sisällysluettelo

1	KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT .....	4
1.1	Kohdetiedot ja tilaaja .....	4
1.2	Toimeksiannon yleistiedot .....	4
1.3	Tutkimuksen tavoite ja laajuus.....	4
1.4	Valmistuneet tutkimukset ja mittaukset.....	5
2	YHTEENVETO TUTKIMUKSISTA JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....	5
2.1	Yhteenveto tutkimuksesta.....	5
2.2	Toimenpide-ehdotukset .....	6
3	VISUAALISET HAVAINNOT .....	7
4	PINTAKOSTEUSMITTAUS .....	7
4.1	Tulokset.....	8
5	OLOSUHTEET .....	9
5.1	Yleistä tutkimuksesta.....	9
5.1.1	Hiilidioksidi .....	9
5.1.2	Huoneilman lämpötila .....	9
5.1.3	Huoneilman suhteellinen kosteus.....	10
5.2	Mittalaitteisto .....	10
5.3	Tulokset.....	10
6	JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS.....	13
6.1	Mittalaitteisto .....	13
6.2	Painesuhteet, rakennus/ ulkoilma, tulokset.....	13
6.3	Painesuhteet rakennuksen muihin osiin, tulokset .....	14
7	SISÄILMAN MIKROBITUTKIMUS .....	15
7.1	Yleistä tutkimuksesta.....	15
7.2	Tulokset.....	16
8	TEOLLISET MINERAALIKUIDUT.....	16
8.1	Yleistä tutkimuksesta.....	16
8.2	Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus .....	17
8.2.1	Tulokset .....	17
8.3	Teollisten mineraalikuitujen esiintyminen.....	17
8.3.1	Tulokset .....	17
9	PÖLYNKOOSTUMUS .....	18
9.1.1	Tulokset .....	18
10	VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ.....	18

10.1	Yleistä tutkimuksesta.....	18
10.2	Tulokset.....	19
11	RAKENNEVAUKSET OPETUSTILASSA 1.....	19
12	MATERIAALINÄYTTEEN MIKROBITUTKIMUS.....	20
12.1	Suoramikroskopointi.....	20
12.1.1	Tulokset.....	20
12.2	Materiaalinäytteen mikrobiviljely.....	21
12.2.1	Tulokset.....	21
13	ILMAVUOTOJEN MÄÄRITYS MERKKIAINEKOKEELLA.....	22
13.1	Kalusto.....	22
13.2	Tulokset.....	22
14	ALLEKIRJOITUS.....	23

Tutkimukset ja johtopäätökset perustuvat seuraaviin julkaisuihin:

- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016, Ympäristöministeriö, Miia Pitkäranta
- Terveydensuojelulaki 73/1994
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osat 1 – 4 (8/2016).
- Asumisterveysohje, 2003. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Edita Prima Oy, Helsinki 2003.
- Asumisterveysopas, 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen soveltamisopas. Ympäristö- ja terveys -lehti, Pori 2009.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2010. Osa D, LVI ja energiatalous.
- Kansanterveyslaitos, Meklin T.; Putus T.; Hyvärinen A.; Haverinen-Shaughnessy U.; Lignell U.; Nevalainen A., Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot: opas ongelmien selvittämiseen, Kansanterveyslaitokset julkaisuja. C 2/2008



Kannen kuva ja kartta: Lähde Google Maps, 19.1.2018

## 1 KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

### 1.1 Kohdetiedot ja tilaaja

Kohde ja tilaaja

Ruotsinkylän koulu  
Rävbäckinkuja 29  
04360 TUUSULA

Tuusulan kunta/tilapalvelu  
Rakennusmestari Pertti Elg  
+358 40 314 555  
[pertti.elg@tuusula.fi](mailto:pertti.elg@tuusula.fi)

Tutkimuksen toteutus

PH Ympäristötekniikka Oy  
Puusepänkatu 5  
13110 Hämeenlinna

Paula Helmi  
Ympäristöinsinööri, AMK  
Sisäilmatutkija  
+358 50 468 8448  
[paula.helmi@phyt.fi](mailto:paula.helmi@phyt.fi)

Pasi Tuuvan  
Insinööri, YAMK  
Kuntotutkija, RTA  
+358 400 247 015  
[pasi.tuuvan@esrk.fi](mailto:pasi.tuuvan@esrk.fi)

### 1.2 Toimeksiannon yleistiedot

Ruotsinkylän kouluun kuuluu 1958 rakennettu kaksikerroksinen kivikoulu, ja yksikerroksinen niin sanottu viipalekoulu, joka on rakennettu 1976 ja laajennettu vuosina 2004 ja 2013.

Käyttäjiltä on tullut viestiä oireilusta, jonka on epäilty olevan sisäilmasta johtuvaa. Oireet ovat alkaneet syksyllä loman jälkeen.

Terveysturvallisuuden viranomaistarkastus suoritettiin 29.9.2017 (tarkastuspöytäkirja 12.10.2017).

Sisäilmatutkimukset aloitettiin haastattelemalla rehtoria ja muuta henkilökuntaa.

### 1.3 Tutkimuksen tavoite ja laajuus

Tavoitteena oli selvittää Ruotsinkylän koulun sisäilman laatua sisäilmatutkimuksin ja alustavalla rakenneavauksella.

Sisäilmatutkimus käsitti koulun eri aikakausien rakennukset lukuun ottamatta liikuntasalia ja teknisen käsityön luokkaa, joka oli remontoitu liikuntasalin rakentamisen yhteydessä 2013. Sisäilmatutkimuksen yhteydessä suoritettiin yksi rakenneavaus luokkahuoneen 1 alapohjarakenteeseen.

Visuaalisen kartoituksen ja haastattelujen perusteella valittiin näytteenottomenetelmät ja -kohdat koulussa.

## 1.4 Valmistuneet tutkimukset ja mittaukset

Kenttätutkimukset ja näytteenotot tehtiin 12.10.2017 – 1.1.2018.

- Mikrobitutkimus materiaalinäytteestä, 5 kpl
- Materiaalinäytteen mikroskooppinen tutkimus, 4 kpl
- Sisäilman mikrobitutkimukset, 5 kpl
- Teollisten mineraalikulitujen määräytys pintapölystä, 5 kpl
- Teollisten mineraalikulitujen pitoisuus laskeumanäytteestä, 5 kpl
- Pölyn koostumus tuloilmakanavissa, 3 kpl
- Sisäilman VOC-määritys, 2 kpl
- Painesuhdemittaukset, 5 kpl
- Olosuhdemittaukset, 3 kpl

## 2 YHTEENVETO TUTKIMUKSISTA JA TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

### 2.1 Yhteenveto tutkimuksesta

Tutkimusten alkaessa havaittu voimakas polttoöljyn haju musiikkiluokassa ja yläkerran opettajanhuoneen käytävässä on poistunut öljysäiliötilan alipaineistamisen ja tukkeutuneen korvausilmaventtiin korjaamisen ansiosta.

Kenttätöiden yhteydessä havaittiin, että lämpötilat ovat vaihdelleet syksyn ja talven aikana eri käyntikerroilla voimakkaasti. Loka-marraskuussa luokkien lämpötilat olivat alhaiset ja osittain alittivat alemman toimenpiderajan. Joululoman aikana lämpötilat olivat hetkellisesti mitattuina niin korkeat, että voivat pakkaskaudella aiheuttaa sisäilman kuivumista. Kuiva sisäilma aiheuttaa hengitysteiden ja limakalvojen kuivumista sekä ihon ärsytysoireita.

Luokkahuoneet ovat lievästi alipaineiset suhteessa alapohjaan ja ulkoilmaan.

Voimakas mikrobiologinen haju, joka on sisäympäristössä riski sisäilman laadulle, ilmestyi luokan 1 (OT 1) vesipisteen läheisyyteen tutkimusten ollessa käynnissä. Mikrobiperäinen haju kulkeutui luokkahuoneen sisäilmaan rakennuksen alapohjan tuulettuvasta tilasta allaskaapin ja viemärikoteloinnin viemäriputkien läpivientien kautta. Rakenneavausten yhteydessä havaittiin vesi- ja viemäriputkistojen alapohjan läpiviennit epätiiviiksi.

Alapohjan tuulettuvan tilan ja sisäilman ilmayhteys testattiin merkkikaasukokeen avulla. Alapohja tuulettuvan tilaan laskettiin merkkikaasua ja luokkahuoneen sisältä paikallistettiin ilma- vuotopaikat kaasutunnistimen avulla. Pistokoeluntuonaisen merkkikaasukokeen perusteella ilma- vuotoa havaittiin vesi- ja viemäriputkien läpivientien kohdalla.

Luokan 1 lattian rakenneavauksesta tehtiin havaintoja alapohjan rakenteesta ja otettiin materiaalinäytteitä. Tuulensuojalevy oli kosteuden vaikutuksesta turvonnut ja tuulensuojalevyssä kuten myös alapohjan tuulettuvassa tilassa havaittiin mikrobiperäistä hajua. Luokkahuoneen alapohjan rakenneavauksen yhteydessä otetuissa materiaalinäytteissä (tuulensuojalevy) havaittiin laboratoriotutkimuksissa ja mikroskooppisessa tutkimuksessa vahva viite kosteusvauriosta.

Sisäilman mikrobiutkimuksia tehtiin talviolosuhteissa viidessä tilassa eri puolilla koulurakennusta. Ennen sisäilman mikrobinäytteenottoa ja näytteenoton aikana ilmanpuhdistimet olivat näytteenottotiloissa käytössä. Sisäilman mikrobiutkimukset kuvaavat sisäilman mikrobiologista tilaa näytteenottohetkellä ja ilmanpuhdistimien sen hetkistä vaikutusta sisäilman laatuun. Tutkituissa tiloissa mikrobipitoisuudet ja -suvustot olivat näytteenottohetkellä tavanomaiset, lukuun ottamatta terveydenhoitajan huonetta (H 053). Sisäilmanäytteiden tuloksia ei voida verrata asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen Osa IV Asumisterveysasetus § 20 antamiin ohjeisiin, koska ilmanpuhdistimet olivat näytteenottohetkellä käytössä.

Huoneessa 053 sieni-itiöpitoisuudet olivat tavanomaista korkeammat ja näytteessä löytyi indikaattorimikrobeja.

Kuitupitoisuus opetustilassa 8 ylitti asetuksen toimenpiderajan.

Tuloilmakanavissa havaittiin runsaasti ulkoilmapölyä, joka voi viitata IV-kanaviston nuohoustarpeeseen.

## 2.2 Toimenpide-ehdotukset

Sisäilmatutkimuksissa on selvitetty sisäilman laatua ja yhden rakenneavauksen perusteella on varmistettu tutkimuksen yhteydessä luokahuoneen 1 sisäilmassa havaitun mikrobiperäisen hajun lähde. Alipaineistamalla alapohjan tuulettuva tila käännetään ilmapvirtausten suunta oikeaoppisesti puhtaammasta tilasta likaisempaan tilaan ja tiivistämällä alapohjan läpiviennit varmistetaan alapohjan ilmatiiveys, jos rakennuksessa syntyy hetkellisiä painesuhdevaihteluja esimerkiksi voimakkaan tuulen aikana. Suositellaan koulurakennuksen olemassa olevien ilmanvaihtokoneiston ja alapohjan tuulettuvan tilan alipaineistajien säätötoimin varmistamaan ilmapvirtauksien liikkuminen puhtaammasta tilasta likaisempaan tilaan. Säätötöiden jälkeen painesuhde suositellaan varmistettavaksi pitkäaikaisella painesuhdemitauksella ja merkkikaasukokein.

Jos edellä mainitut toimenpiteet eivät auta mikrobiperäisten hajujen poistumiseen, niin suositellaan koulurakennukseen tehtäväksi koko koulua kattava kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, jossa selvitetään koulun rakenteiden kunto ja vauriot.

Opetustilassa 8 otetun näytteen teollisten mineraalikulitujen pitoisuus kahden viikon laskeumassa ylittää asetuksen 545/2015 toimenpiderajan. Teollisten mineraalikulitujen lähde suositellaan selvitettäväksi.

Suosittellaan jatkamaan ilmanpuhdistimien käyttöä, kunnes alapohjan ja mahdollisesti myös yläpohjan ilmayhteydet saadaan korjattua.

Sisäilman mikrobiutkimus suositellaan uusittavaksi (545/2015) tämän talven aikana sisäilman mikrobiologisen laadun varmistamiseksi.

Ilmanpuhdistimien säännöllisen huollon toteutuminen on syytä varmistaa.

Suosittellaan kiinnittämään huomiota tilojen pölyn hallintaan.

### 3 VISUAALISET HAVAINNOT

Kenttätutkimukset aloitettiin visuaalisella kartoituksella koko koulun tiloissa 12.10.2017 ja syysloman aikana 18.10.2017.

Luokkahuoneissa ja muissa huoneissa havaittiin runsaasti yläpölyä. Useissa tiloissa kaappien päällä säilytettiin tavaroita, jotka hankaloittavat pölynhallintaa.

Selkeitä valuma- ja kosteusvauriojälkiä ei havaittu seinäpinnoilla. Viipalekoulun liikuntasaliin johtavan käytävän alakattolevyn yläpuolella havaittiin valumajälkiä seinässä.

Epäjatkuvuuskohtia ala- ja yläpohjaan havaittiin useissa kohdissa koululla.

Liikuntasaliin johtavan käytävän liikuntasauaman kohdalla havaittiin lievää ummehtunutta hajua. Terveystoimittajan huoneen viereisessä ilmastoimattomassa komerossa oli lievä ummehtunut haju. Hajulähteet suositellaan selvitettäväksi. Muualla koulun tiloissa ei havaittu tavanomaisesta poikkeavaa hajua.

Koululta tuli 14.11.2017 tutkijalle ilmoitus luokkahuoneeseen 1 havaitusta homeen hajusta. Luokkahuoneen tarkastukset ja alustavat rakenneavaukset suoritettiin 15.11.2017. Tarkastuksessa havaittiin luokan allaskaapin sisällä ja viemäriputken koteloinnin sisällä voimakas mikrobiperäinen haju. Mikrobiperäinen haju paikallistettiin kulkeutuvan alapohjan tuulettuvasta tilasta viemäri- ja käyttövesiputkien läpivientien kautta sisäilmaan. Hajun lähteen selvittäminen lisättiin tutkimusohjelmaan.

Kenttätöiden jatkuessa joululoman aikana viipalekoulussa havaittiin aiempaa korkeampia lämpötiloja.

Huoneessa 046 kattolevyjen yläpuoliset eristevillat olivat näkyvillä.

Musiikkiluokassa (OT9) sekä opettajanhuoneen (066) ja rehtorin huoneen (064) ulkopuolella käytävässä (062) havaittiin voimakas polttoöljyn haju. Kellarin polttoainevarastossa oleva erittäin voimakas polttoöljyn haju viittasi heikkoon tuuletuksen polttoöljysäiliötilassa. Tilakeskuksen toimenpiteiden johdosta polttoöljyn haju oli poistunut huonetiloista 20.10.2017.

### 4 PINTAKOSTEUSMITTAUS

Pintakosteusmittauksessa saatu mittaustulokset on yksikötön ja yhdestä tilasta mitattuja arvoja verrataan keskenään, jotta saadaan suuntaa antava käsitys tutkittavan alueen kosteustilanteesta. Pintakosteusmittauksen lukemiin vaikuttavat oleellisesti mitattavat pintamateriaalit ja rakennetyyppi. Tuloksia voidaan pitää siitä syystä vain viitteellisinä.

Viiltomittauksissa lattiapäällysteiden kriittinen kosteusraja-arvo on 85...90 % RH riippuen lattiämateriaalista.

Pintakosteusmittauksen lukemiin vaikuttavat oleellisesti mitattavat pintamateriaalit, rakennetyyppi ja rakenteiden sisällä olevat materiaalit.

Rakennusten lattiapintojen, myös muidenkin kuin betonilattiapintojen, pintakosteustasot kartoitettiin kauttaaltaan Gann Hydromette HB 30 pintaosoittimella ja B 50 mittapäällä.

## 4.1 Tulokset

Kuvissa 1 ja 2 on kuvattu betonilattioiden pintakosteustasot. Kuviin on myös merkitty näytteenottokohdat.

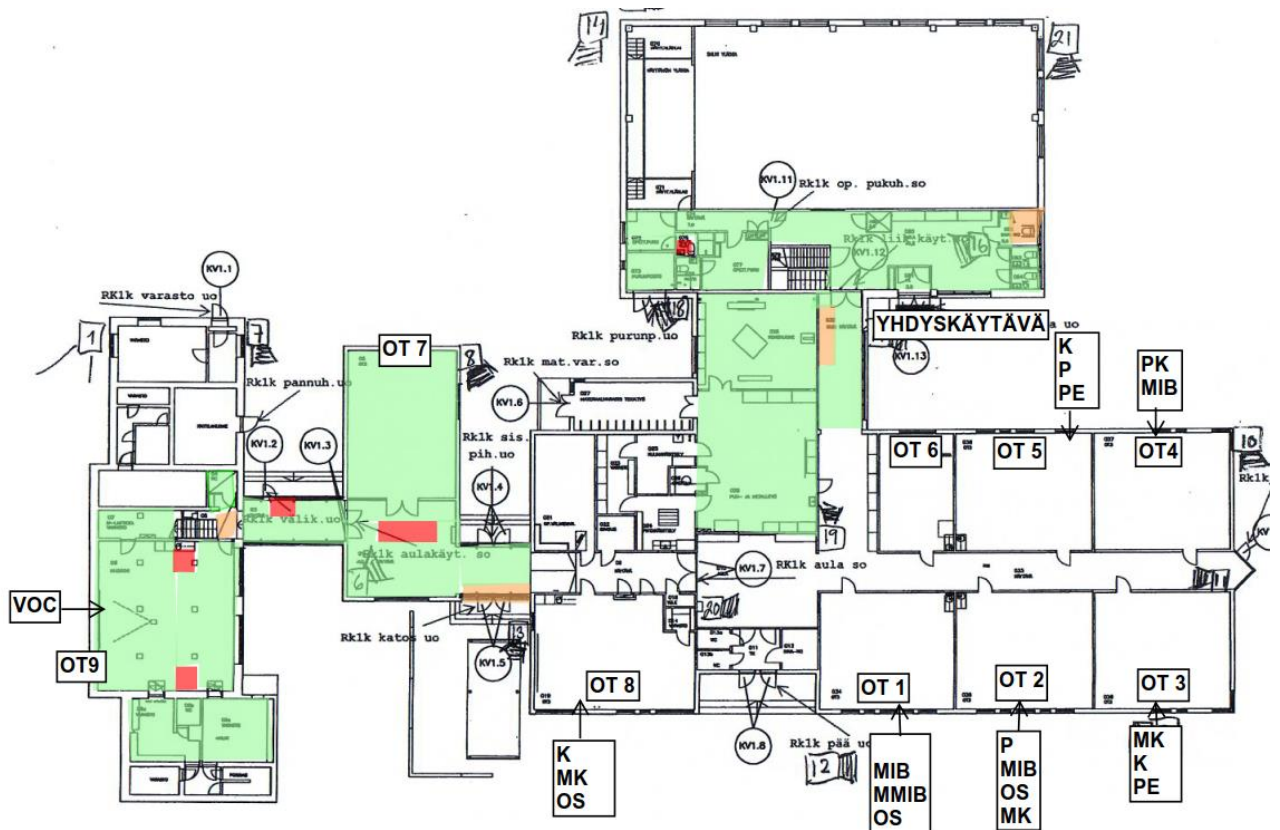
Luokkahuoneiden puulattioissa ei pintaosoittimella havaittu merkittäviä eroavaisuuksia mittaustuloksissa. Tarkemmat mittaustulokset saadaan mittaamalla puun kosteuspitoisuutta piikkimittarilla.

Alla on kuvissa 1 ja 2 esiintyvien merkkien selitykset:

### Pintakosteus

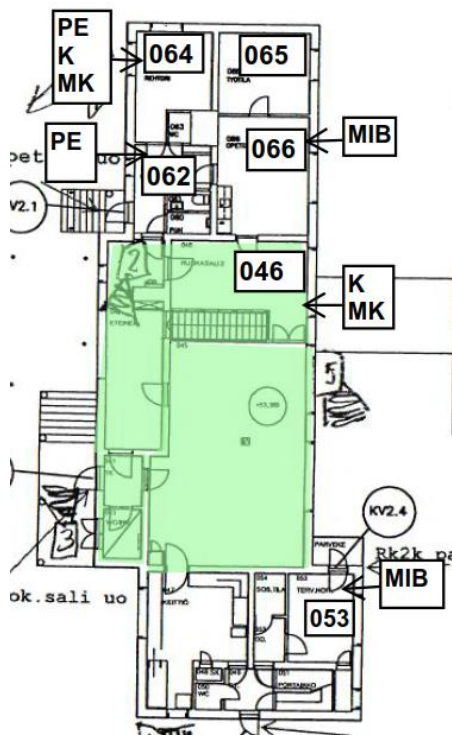


- MIB = Sisäilman mikrobit
- MMIB = Materiaalinäytteen mikrobit
- K = Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus laskeumanäytteessä
- MK = Mineraalikuitujen esiintyminen pyyhintänäytteessä
- P = Pölyn koostumus tuloilmakanavan päässä
- VOC = Sisäilman VOC-yhdisteet
- OS = Olosuhdemittaukset
- PE = Painesuhdemittaukset



Kuva 1. Pintakosteusmittaukset ja näytteiden ottokohdat ensimmäisessä kerroksessa.





Kuva 2. Pintakosteusmittaukset ja näytteiden ottokohdat toisessa kerroksessa.

## 5 OLOSUHTEET

### 5.1 Yleistä tutkimuksesta

#### 5.1.1 Hiilidioksidi

Ihmisen aineenvaihdunta tuottaa sisäilmaan hiilidioksidia ja muita epäpuhtauksia. Hiilidioksidin määrää sisäilmassa voidaan pitää ihmisestä peräisin olevien sisäilman epäpuhtauksien indikaattorina. Hiilidioksidi tulisi mitata sisäilmasta, jos sisäilma tuntuu tunkkaiselta tai ilmanvaihdon riittävyttä on syytä epäillä.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 8 §:

- *Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on 2100 mg/m<sup>3</sup> (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa.*

Sisäilmaluokituksen 2008 ja Suomen Rakentamismääräyskokoelman D2 mukaisesti vähimmäisvaatimukset sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle on 1200 ppm, joka vastaa tyydyttävää luokkaa S 3. Tavoiteltavana olevan hyvän sisäilman (S2) hiilidioksidipitoisuuden enimmäisarvo on 900 ppm.

#### 5.1.2 Huoneilman lämpötila

Ihmisen kokemaan lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötila, lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus sekä vaatetus ja ihmisen toiminnan laatu. Lämpöaistimukset ovat

yksilöllisiä ja ihmiset kokevat samat olosuhteet eri tavoin. Korkea lämpötila aiheuttaa huoneilman kuivumista.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 6 §:

- *Huoneilman lämpötila voidaan mitata oleskeluvyöhykkeeltä, mikä on tarpeen terveyshaitan selvittämiseksi. Huoneilman lämpötila mitataan noin 1,1 metrin korkeudelta. Huoneilman toimenpiderajaksi oppilaitoksissa on määritetty lämmityskaudella +20 – 26 °C.*

### 5.1.3 Huoneilman suhteellinen kosteus

Huoneilman suhteellinen kosteus tulisi olla noin 20 – 60 %, jonka saavuttaminen ei läheskään aina ole mahdollista ilmastollisista syistä. Suomessa ilma on talvella lähes aina kuivaa. Näistä arvoista poikkeamista ei voida kuitenkaan pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 5 §:

- *Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä.*

## 5.2 Mittalaitteisto

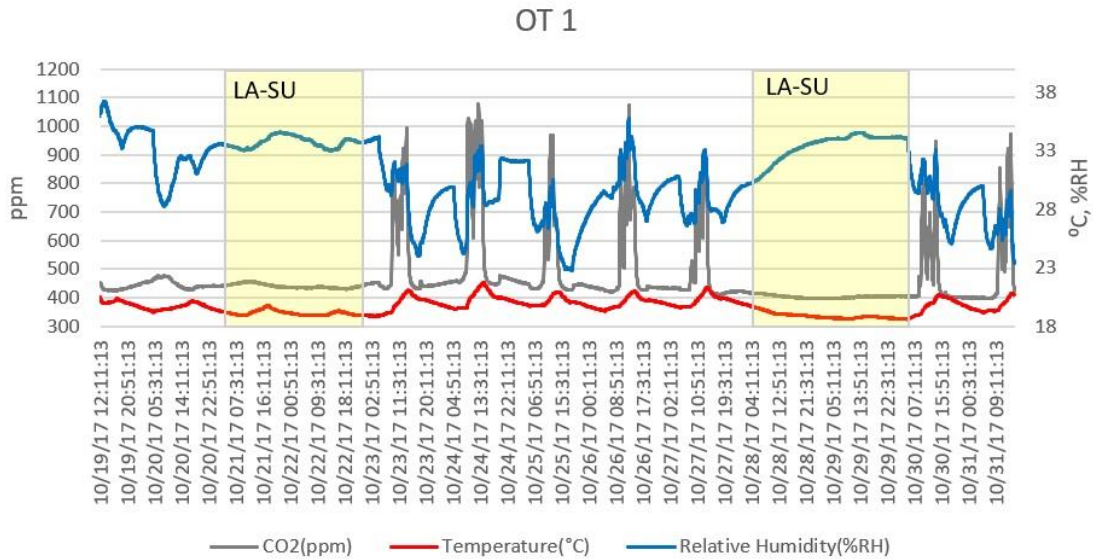
Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden tasoja ja niiden vaihteluja mitattiin tallentavaa Trotec BZ 30 hiilidioksidiloggeria käyttäen. Mittaussyklinä käytettiin 30 minuuttia. Mittauksen aikana mitataan lisäksi huoneilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

## 5.3 Tulokset

Olosuhdemittaukset tehtiin 19.10. – 31.10.2017. Mittausjakso alkoi syysloman aikana ja jatkui 23.10.2017 alkaen koulutyön aikana.

Olosuhteita tallentavan mittausjakson aikana luokkahuoneissa oli ajoittain kylmä ja lämpötila laski silloin alle asetuksen toimenpiderajan. Opetustila 01:ssä mittausjakson keskiarvo alitti toimenpiderajan.

Huomioitavaa on, että joululomalla tehtyjen kenttätöiden yhteydessä havaittiin tiloissa olevan poikkeuksellisen lämmin. Lyhytaikaisella mittauksella havaittiin silloin lämpötilojen olevan paikoin lähellä ylempää toimenpiderajaa.

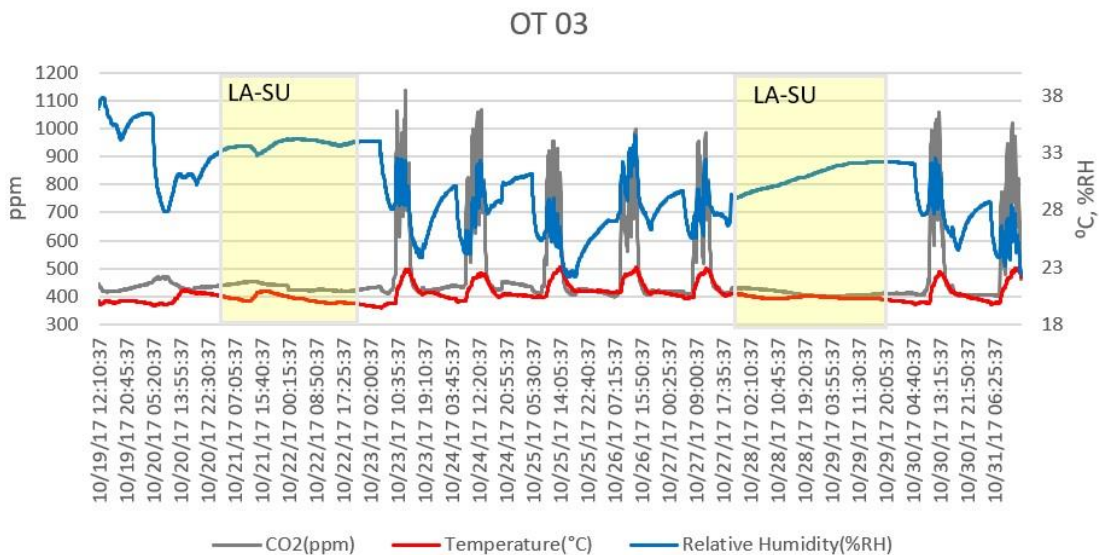


Kuva 3. Olosuhteet opetustilassa 01 19.10. -31.10.2017 välisenä aikana.

Taulukko 1. Minimi- ja maksimiarvot opetustilassa 01.

	Maks	Pvm	Klo	Min	Pvm	Klo	Ka
CO2 (ppm)	1078	24.10.2017	13.01	396	28.10.2017	22.11	467
Lämpötila (°C)	21,7	24.10.2017	14.16	18,5	20.10.2017	5.11	19,7
Suht. Kosteus (%RH)	37,2	19.10.2017	13.16	22,8	25.10.2017	18.21	31,0

Opetustila 1:n hiilidioksidipitoisuus on ollut kuormituksen aikana lyhytaikaisesti noin 1000 ppm. Asetuksen 545/2015 toimenpiderajat eivät ylity, mutta ilma saattaa tuntua silloin tunkkaiselta. Mittausjakson aikainen lämpötilan keskiarvo alitti asetuksen alemman toimenpiderajan. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyyppillisellä tasolla.

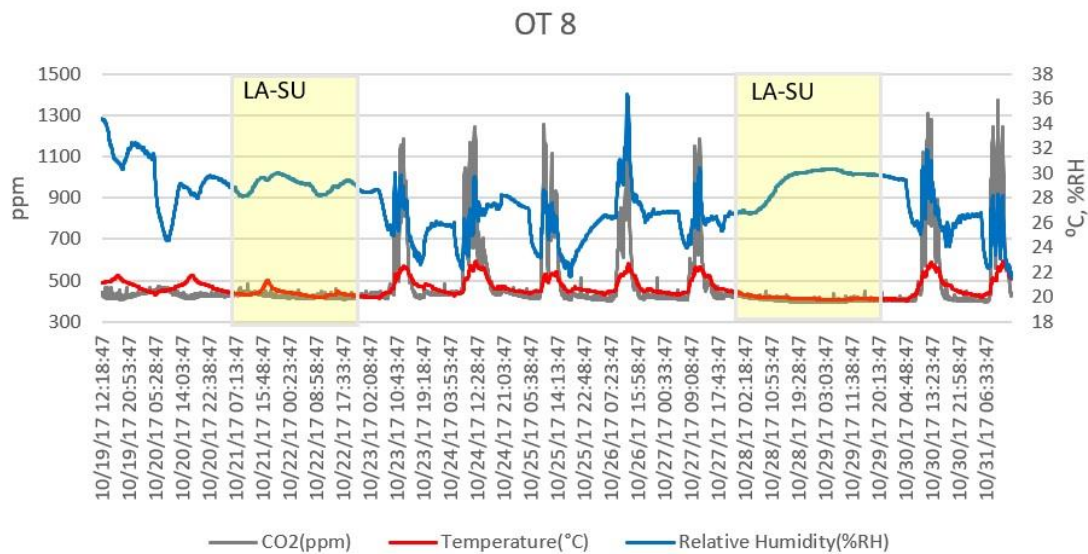


Kuva 4. Olosuhteet opetustilassa 03 19.10. -31.10.2017 välisenä aikana.

Taulukko 2. Minimi- ja maksimiarvot opetustilassa 03.

	Maks	Pvm	Klo	Min	Pvm	Klo	Ka
CO2 (ppm)	1138	23.10.2017	13.05	398	26.10.2017	7.15	469
Lämpötila (°C)	23	25.10.2017	14.00	19,4	23.10.2017	5.25	20,6
Suht. Kosteus (%RH)	36,4	20.10.2017	04.45	22,2	25.10.2017	16.15	30,1

Opetustila 03:n hiilidioksidipitoisuus on ollut kuormituksen aikana lyhytaikaisesti noin 1000 ppm. Asetuksen 545/2015 toimenpiderajat eivät ylity, mutta ilma saattaa tuntua silloin tunkkaiselta. Lämpötila oli ajoittain alle alemman toimenpiderajan ja pitkänajan mittauksessa lämpötilan keskiarvo on vain 0,6 °C toimenpiderajan yläpuolella. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.



Kuva 5. Olosuhteet luokassa 08 19.10. -31.10.2017 välisenä aikana.

Taulukko 3. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 08.

	Maks	Pvm	Klo	Min	Pvm	Klo	Ka
CO2 (ppm)	1374	31.10.2017	10.33	393	28.10.2017	23.08	477
Lämpötila (°C)	22,9	24.10.2017	12.03	19,7	20.10.2017	5.08	20,7
Suht. Kosteus (%RH)	37,2	19.10.2017	12.03	21,7	25.10.2017	18.13	27,7

Opetustila 08:n hiilidioksidipitoisuus on ollut kuormituksen aikana lyhytaikaisesti noin 1000 – 1300 ppm. Asetuksen 545/2015 toimenpiderajat eivät ylity, kun ottaa huomioon ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden. Ilma saattaa tuntua kuormituksen aikana tunkkaiselta. Lämpötila oli ajoittain alle toimenpiderajan ja pitkänajan mittauksessa lämpötilan keskiarvo on vain 0,7 °C toimenpiderajan yläpuolella. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.

## 6 JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS

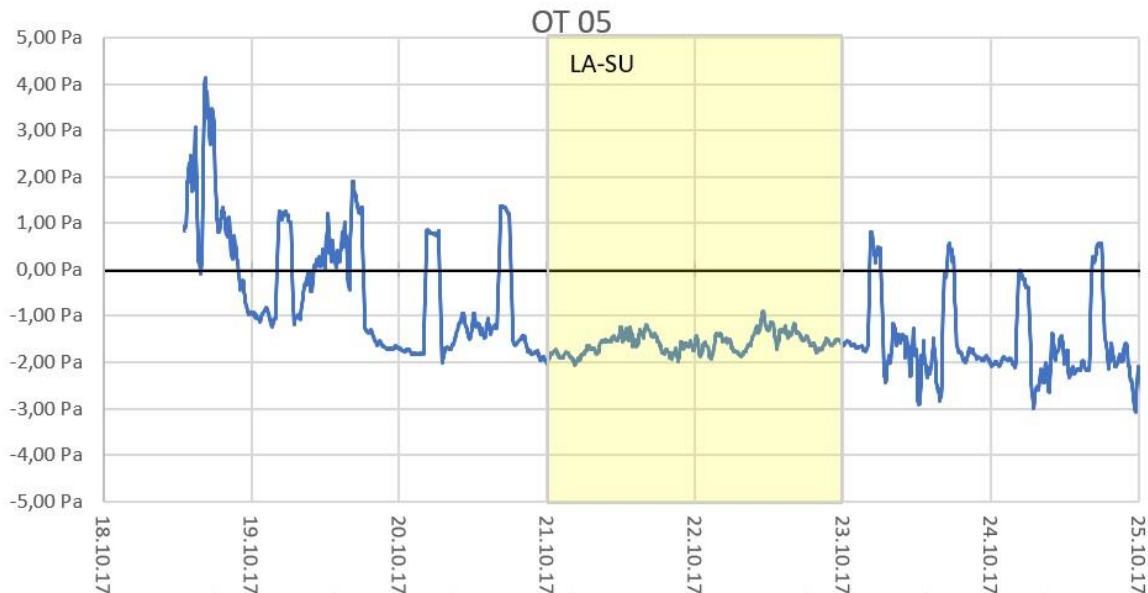
### 6.1 Mittalaitteisto

Koululla suoritettiin jatkuvatoimiset (loggaavat) paine-eromittaukset, joiden tarkoituksena oli selvittää tilojen paine-eroa ulkoilmaan ja rakennuksen eri osiin nähden. Mittaukset suoritettiin Gemini TGC-0046 loggerilla ja Beck 984Q lähettimellä.

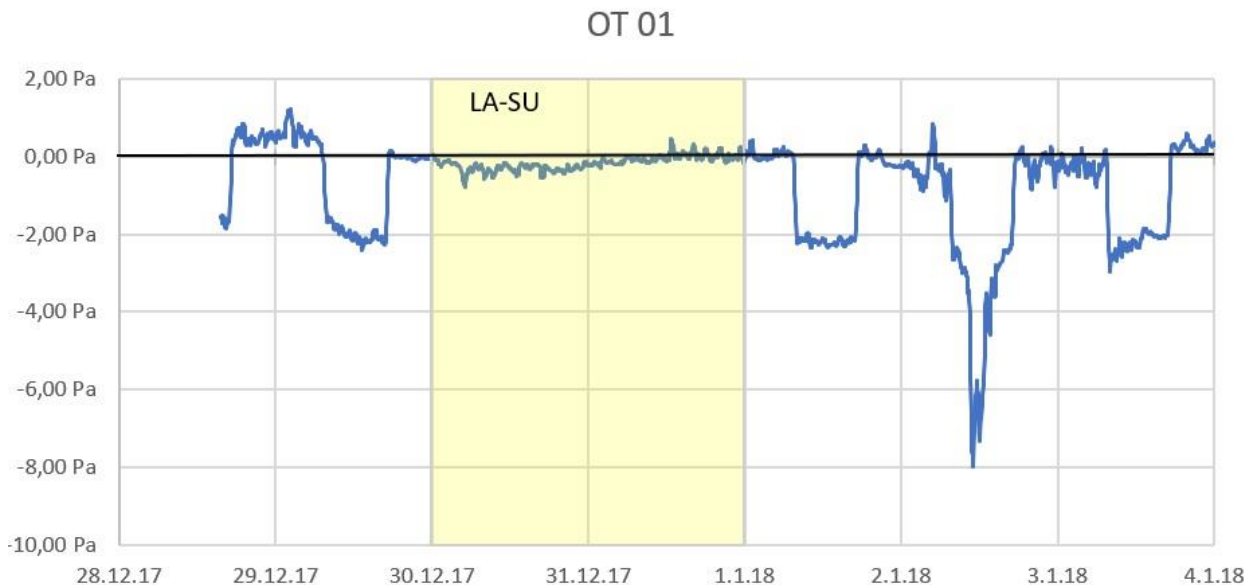
### 6.2 Painesuhteet, rakennus/ ulkoilma, tulokset

Painesuhteiden mittausjakso luokkahuoneessa 5 alkoi syysloman aikana jatkuen reilun viikon sen jälkeen koulutyön aikana. Luokkahuoneessa 1 mitattiin painesuhteita ulkoilmaan nähden joululoman jälkeen.

Luokkahuoneet ovat pääosin heikosti alipaineisia suhteessa ulkoilmaan. Rakennusten paine-eron tavoitteena on heikosti alipaineinen suhteessa ulkoilmaan.



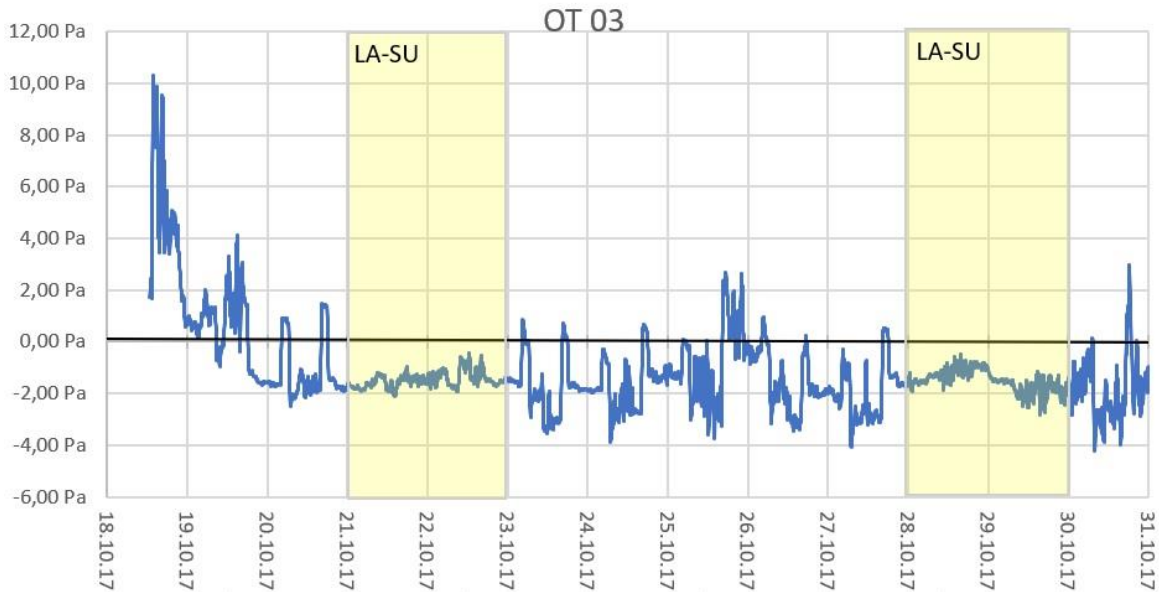
Kuva 6. Paine-eromittaukset luokassa OT 03 ulkoilmaan nähden 18.10. – 25.10.2017.



Kuva 7. Paine-eromittaukset luokassa OT 013 ulkoilmaan nähden 28.12.2017 – 4.1.2018.

### 6.3 Painesuhteet rakennuksen muihin osiin, tulokset

Luokkahuoneet ovat myös lievästi alipaineisia suhteessa alapohjan tuulettuvaan tilaan. Luokkahuoneen ihannearvona alapohjan suhteen pidetään lievästi ylipaineisena, jolloin sisäilmaan ei kulkeudu mahdollisia epäpuhtauksia alapohjarakenteiden maa-aineksista.



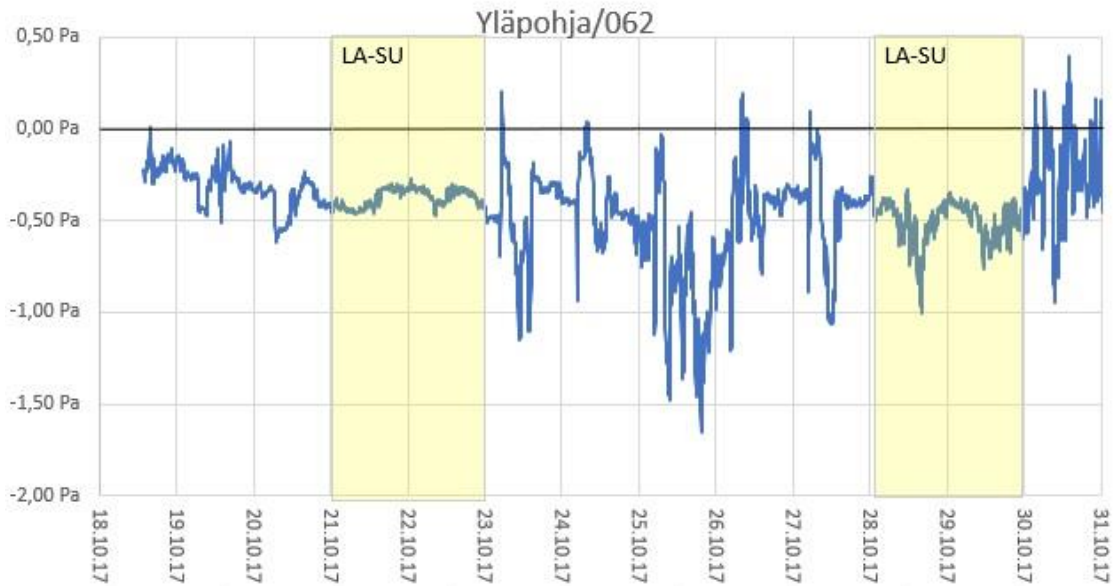
Kuva 8. Paine-eromittaukset opetustilassa OT 03 alapohjaan nähden 18.10. – 25.10.2017.

Opetustilassa 3 vallitsi mittausjakson aikana pääosin lievä alipaine alapohjaan nähden.



Kuva 9. Paine-eromittaukset huoneesta 064 alapohjaan nähden 18.10. – 31.10.2017.

Huone 064 (rehtorin huone) oli pohjakerroksen ulkovälinevarastoon nähden lievästi alipaineinen mittausjakson aikana.



Kuva 10. Paine-eromittaukset opettajanhuoneen käytävästä (062) yläpohjaan nähden 18.10. – 31.10.2017.

Koulun toinen kerros oli lievästi ylipaineinen yläpohjaan nähden.

## 7 SISÄILMAN MIKROBITUTKIMUS

### 7.1 Yleistä tutkimuksesta

Mittausten tarkoituksena on selvittää, ovatko sisäilman mikrobipitoisuudet ja -suvusto tavanomaisia sijaintiin, ikään ja vuodenaikaan nähden.

Mittaukset tehdään talviaikaan, kun maa on jäässä ja/tai lumen peitossa, jolloin sisäilmassa esiintyvien mikrobien voidaan olettaa olevan peräisin lähes yksinomaan rakennuksen sisälähteistä.

Ilmanäytteiden avulla arvioidaan sisäilman laatua mm. silloin, kun on tarpeen selvittää mikrobien leviämistä sisäilmaan muualta rakenteissa mahdollisesti sijaitsevasta vauriosta tai ilmapuotona esimerkiksi ulkoilmasta tai kellarista. Kosteusvaurion varmistamiseksi tarvitaan lisäksi aina myös rakennusteknisiä selvityksiä.

Sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat yleensä voimakkaasti ja tästä syystä näytteenotto suositellaan toistettavaksi vähintään kaksi – kolme kertaa.

Kosteusvauriomikrobit voivat aiheuttaa sisäilmassa hyvin monenlaisia oireita. Tyypillisiä oireita ovat silmien, ihon ja limakalvojen ärsytysoireet, kuten nenän tukkoisuus ja nuha, äänenkähäisy, yskä ja limannousu keuhkoista, toistuvat nenäverenvuodot, hengenahdistus ja hengitysvaikeudet. Yleisoireina voi olla mm. selittämätöntä päänsärkyä ja kuumeilua. Näiden oireiden syyt voivat johtua myös muista sisäilmatekijöistä. Oireiden liittyminen sisäilman laatuun on todennäköistä, jos oireet lievittyvät tai poistuvat, kun ollaan rakennuksesta poissa.

Tulokset ilmoitetaan yksikkönä pmy (kpl)/m<sup>3</sup>. Mikrobisuvustot tunnistetaan mikroskooppisesti tutkimalla.

## 7.2 Tulokset

Sisäilman mikrobinäytteet otettiin 1.1.2018. Näytteiden ottoaikana ulkoilman lämpötila oli - 3 – 0 astetta ja maassa oli lumipeite. Ilmanpuhdistimet olivat toiminnassa.

Sisäilman mikrobitutkimuksia edeltävissä tutkimuksissa havaittiin runsaasti ilmayhteyksiä alaja yläpohjaan ja ainakin alapohjasta kulkeutuvaa mikrobiperäistä hajua. Ilmanpuhdistimet oli asennettu koululle marras – joulukuun aikana.

Näiden havaintojen ja toimenpiteiden perusteella, sisäilman mikrobitutkimukset tehtiin ilmanpuhdistimien toiminnan aikana. Tällä tutkimuksella selvitettiin sisäilman mikrobiologista laatua, kun ilmanpuhdistimet puhdistavat sisäilmaa.

Näytteiden OT 01, OT 02, OT 04 ja H 053 mikrobipitoisuudet olivat näytteenottohetkellä alhaiset. Indikaattorimikrobeja ei esiintynyt näytteissä lukuun ottamatta yhtä yksittäistä pesäkettä. Yksi yksittäinen mikrobipesäke ei ole tavanomaisesta poikkeavaa.

Terveydenhoitajan huoneen (053) mikrobipitoisuus on tavanomaista korkeampi.

Tutkimustulokset kertovat sisäilman mikrobiologisesta laadusta näytteenottohetkellä ja ilmanpuhdistimien sen hetkisen puhdistustehon vallitessa.

*Taulukko 4. Sisäilman mikrobinäytteiden tulokset. Taulukkoon on merkitty rastilla näytteissä esiintyvät indikaattorimikrobit.*

	OT 04	OT 02	H053	Opettajanhuone	OT 01
	pmy/m <sup>3</sup>	pmy/m <sup>3</sup>	pmy/m <sup>3</sup>	pmy/m <sup>3</sup>	pmy/m <sup>3</sup>
MEA - alusta	<5	<5	200	14	<5
DG-18 alusta	39	39	380	<5	14
Bakteerit	92	170	230	180	95
Aktinomykeetit	<5	<5	<5	<5	<5
<i>Aspergillus restrictus</i>			x		
<i>Phialophora sp.</i>				x (1 pmy)	

## 8 TEOLLISET MINERAALIKUIDUT

### 8.1 Yleistä tutkimuksesta

Teollisten mineraalikulitujen esiintymistä on aiheellista tutkia tuloilmakanavien suilta ja tasopinnoilta, jos kiinteistössä epäillään sisäilmaongelmaa. Teollisia mineraalikulitua ovat yli 20 µm:n pituiset kuidut, joita esiintyy mm. eriste- tai akustiikkamateriaaleissa.

Altistuminen kuiduille sisäilmassa voi aiheuttaa mm. silmien, ihon ja hengitysteiden ärsytysoireita sekä äänenkäytön ongelmia.



## 8.2 Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuutta sisäympäristössä arvioidaan geeliteippinäytteiden avulla. Geeliteippiin kerätään tasopinnalle kahden viikon aikana laskeutunutta pölyä, josta valomikroskooppia käyttämällä lasketaan yli 20 mikrometrin pituiset teolliset mineraalikuidut. Analyysin tulos ilmoitetaan kuitujen lukumääränä pinta-alaa kohden (kuitua/cm<sup>2</sup>).

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus 545/2015 19 §:

- *Teollisten mineraalikuitujen toimenpideraja kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä on 0,2 kuitua / cm<sup>2</sup>.*

### 8.2.1 Tulokset

Laskeumanäytteet kerättiin 31.10.2017 – 14.11.2017.

Opetustilassa 8 otetun näytteen teollisten mineraalikuitujen pitoisuus kahden viikon laskeumassa ylittää asetuksen 545/2015 toimenpiderajan.

Huoneen 064 kuitupitoisuutta ei pystytty määrittämään. Geeliteippi, johon näyte kerättiin tasopinnalta, oli viallinen. Geeliteipin liiman ilmakuplat häiritsevät mikroskooppista tutkimusta ja kuitulaskentaa.

*Taulukko 5. Mineraalikuitupitoisuudet kahden viikon aikana laskeutuneessa pölyssä.*

	Teolliset mineraalikuidut pitoisuus >20 µm kuitua / cm <sup>2</sup>
H 046	0,1
H 064	Näytettä ei pystytty tutkimaan
OT 03	<0,1
OT 05	<0,1
OT 08	0,4

## 8.3 Teollisten mineraalikuitujen esiintyminen

### 8.3.1 Tulokset

Näytteet otettiin 19.10.2017

Tasopinnoilta otetuissa pyyhintänäytteissä havaittiin hyvin pieniä määriä mineraalikuituja, lukuun ottamatta opetustila 8, jossa havaittiin lasivillakuituja 1 – 5 %.

*Taulukko 6. Mineraalikuitujen esiintyminen pyyhintänäytteissä.*

Sijainti	Teollisten mineraalikuitujen esiintyminen tasopinnoilla
OT 02	Sisältää < 1p-% vuorivillakuituja
OT 03	Sisältää < 1 p-% vuorivillakuituja
OT 08	Sisältää 1 – 5 p-% lasivillakuituja
H 046	Sisältää < 1p-% vuorivillakuituja
H 064	Sisältää < 1p-% vuorivillakuituja

## 9 PÖLYNKOOSTUMUS

Pölyn koostumusta tutkitaan tuloilmakanavan päästä, jolloin voidaan selvittää ilmanvaihdon kautta leviävän pölyn vaikutus sisäilman laatuun. Tämän menetelmän avulla voidaan kanavien puhdistustarvetta tai puhdistuksen ja korjauksen onnistumista.

Laboratorio tunnistaa pölystä valomikroskoopilla ja tarvittaessa elektronimikroskoopilla ulkomuodon ja/tai alkuainekoostumuksen perusteella muun muassa seuraavia pölyhiukkasia:

- teolliset mineraalikulut (vuorivilla, lasivilla, lasikulut, keraamiset kulut)
- kiviainespöly
- siitepöly
- rakennusmateriaalipöly
- metallihiukkaset
- asbestikulut
- homeitiöt

Näytteessä havaittujen pölyhiukkasten suhteellista määrää arvioidaan kolmiasteisella asteikolla perustuen silmämääräiseen arvioon: sisältää vähäisiä määriä (+), sisältää kohtalaisesti (++) ja sisältää runsaasti (+++).

Pölynkoostumustutkimuksella ei määritetä pölyn määrää, vaan menetelmä on kvalitatiivinen. Laboratorio arvioi lausunnossaan näytteessä olevien pölyhiukkasten suhteellisen määrän.

### 9.1.1 Tulokset

Näytteet pölynkoostumustutkimuksiin otettiin 19.10.2017 tuloilmakanavien päistä.

Karkean ulkoilmapölyn suhteellinen osuus on kaikissa näytteissä korkea, joka voi viitata tuloilmakojen suodattimien vaihtotarpeeseen, suodattimien ohivirtaukseen tai mahdollisesti kanaviston nuohoustarpeeseen.

Taulukko 7. Pölyn koostumus tuloilmakanavien päissä.

	Teollisia mineraalikulut	Tavanomaista huonepölyä	Karkeaa ulkoilmapölyä	Orgaanista pölyä	Rakennusmateriaalipölyä
H 064	<1 p-% vuorivilla	+++	+++		+++
OT 02	<1 p-% lasivillaa	+++	+++		+
OT 05	< 1 p-% lasivillaa	+++	+++		+

## 10 VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ

### 10.1 Yleistä tutkimuksesta

Sisäilmassa esiintyvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää tutkitaan keräimällä sisäilmaa Tenax-hartsiputkeen ja tutkimalla näyte kaasukromatografilla. VOC-pitoisuus ilmoitetaan TVOC-tuloksena (Total Volatile Organic Compounds). Näytteestä analysoidaan

sisäilman yksittäisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet välillä n-heksaani – n-heksadekaani. Sisäilmaan voi emittoitua haihtuvia kemiallisia yhdisteitä lukuisista eri syistä.

Tyypillisiä VOC-päästöihin liittyviä oireita voivat olla erilaiset ärsytysoireet, kuten nenä-, kurkku-, silmä- tai iho-oireet. VOC-yhdisteiden esiintyminen huoneilmassa voi aiheuttaa myös mm. hajutuntemuksia ja päänsärkyä.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 15 §:

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Poikkeuksena ovat yhdisteet 2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyraatti, 2-etyyli 1-heksanoli ja naftaleeni, joiden toimenpideraja on  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sekä styreeni, jonka toimenpideraja on  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Vaikka yhteispitoisuus olisi pieni, mutta yksittäisen yhdisteen pitoisuus on tuloksissa selvästi vallitseva,  $20\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ :n tasolla, on yhdisteen päästölähde syytä jäljittää tarkemmin ja ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. (Työterveyslaitos)

## 10.2 Tulokset

Näytteet otettiin 20.10.2017. VOC-yhdisteiden pitoisuudet olivat tutkituissa näytteissä hyvin alhaiset.

Taulukko 8. VOC-ilmanäytteiden tulokset.

Tila	Sisäilman TVOC-pitoisuus, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2-Etyyli-1-heksanoli $\mu\text{g}/\text{m}^3$
H 062	22	
OT 09	14	1,5 (11%)

## 11 RAKENNEAVAUKSET OPETUSTILASSA 1

Sisäilmatutkimuksen yhteydessä suoritettiin luokkahuoneeseen 1 rakenneavaus alapohjaan. Sisäilmatutkimuksen aikana em. luokkahuoneeseen ilmestyi mikrobiperäinen haju ja rakenneavauksen tarkoituksena oli varmistaa mikrobiperäisen hajun lähde. Tässä tutkimuksessa keskityttiin suorittamaan tutkimuksia rakenteita rikkomattomin menetelmin, jonka takia koulurakennusten muihin tiloihin ei tässä tutkimuksessa suoritettu rakennetutkimuksia.

Opetustilassa 1 havaitun mikrobiperäisen hajun lähdeä selvitettiin avaamalla rakenteita ja merkkikaasukokein. Merkkikaasukokeen tulokset on esitetty kappaleessa 13.

Luokan 1 vesipisteen läheisyydessä havaittiin voimakas mikrobiperäinen haju, joka voimistui allaskaapin sisällä. Rakenneavauksen yhteydessä havaittiin allaskaapin alapuolella ja koteloinnin sisällä tiivistämättömiä läpivientejä alapohjan eristetilaan. Kaapin viereisen koteloinnin sisällä kulkevan viemäriputken läpivienti oli tukittu eristevillalla. Villasta otettiin näyte mikrobiviljelyyn (17-25676). Näytteen sieni-itiöpitoisuus ylitti toimenpiderajan (545/2015) ja -suvustot olivat tavanomaisesta poikkeava.

Rakenneavaus lattiaan tehtiin allaskaapin kautta.

Lattian rakenne luokkahuoneen sisältä alaspäin:

- muovimatto
- lastulevy
- tervapaperi
- 200 mm kantavat vasat, joiden välit oli täytetty eristevillalla
- bitumikyllästetty tuulensuojalevy
- 200...300 mm tuulettuva tila
- maa-ainekset

Pohjalla oli soramurske, jonka raekoko ei vastaa kapillaarikatkon vaatimuksia. Sorassa havaittiin orgaanista materiaalia.

Avauksen kohdalla näkyvässä tuulensuojalevyssä, joka on sorapatjalla olevien kantavien vasojen varassa, oli kosteusrasituksen jälkiä. Levy oli taipunut vasojen välissä. Näytteeksi otettu pala oli pehmennyt.

## 12 MATERIAALINÄYTTEEN MIKROBITUTKIMUS

### 12.1 Suoramikroskopointi

Mikroskopointitutkimuksella selvitetään materiaalinäytteessä sieni-itiöiden ja rihmaston esiintymistä. Mikäli suoramikroskopoinnissa havaitaan sienirihmasto, tämä voi viitata homekasvustoon tai lahovaurioon näytteessä. Pelkkien itiöiden havaitseminen voi viitata kontaminaatioon muusta lähteestä.

Tutkimus ei sovellu bakteerikasvuston havainnointiin, joka on tehtävä viljelymenetelmällä. Mikroskopoinnilla havaitut sienirihmastot ja -itiöt voivat olla peräisin vanhasta jo kuivuneesta kosteusvauriosta.

#### 12.1.1 Tulokset

Lattian rakenneavaus opetustilassa 1 tehtiin allaskaapin kohdalla 28.12.2017.

Tervapaperissa ja tuulensuojalevyssä havaittiin runsaasti sieni-itiöitä ja rihmastoja. Havainto voi viitata vanhaan kosteusvaurioon. Pohjasorassa ja siellä olevassa orgaanisen materiaalin jäännöksessä havaittiin kohtalaisesti sieni-itiöitä ja -rihmastoja.

*Taulukko 9. Materiaalinäytteiden suoramikroskopointitulokset.*

Näyte			Tulkinta
81913	Eristevilla	Vähän sienirihmastoja ja -itiöitä	Heikko viite vanhasta vauriosta
81914	Tervapaperi	Runsaasti sienirihmastoja ja -itiöitä	Vahva viite vanhasta vauriosta
81915	Tuulensuojalevy	Runsaasti sienirihmastoja ja -itiöitä	Vahva viite vanhasta vauriosta
81916	Pohjasora	Kohtalaisesti sienirihmastoja ja -itiöitä	Viite vanhasta vauriosta

## 12.2 Materiaalinäytteen mikrobiviljely

Mikrobikasvu rakennusmateriaalissa todetaan mikrobien kasvatukseen perustuvalla laimennossarjamenetelmällä ja mikroskopoimalla tehdyillä tutkimuksilla. Näytteestä tutkitaan mikrobipitoisuus sekä tunnistetaan siinä esiintyvät mikrobisuvut. Sosiaali- ja terveysministeriö on listannut mikrobit, jotka ovat kosteusvaurioon viittaavia indikaattorisukuja sekä ne suvut, joiden aineenvaihduntatuotteiden tiedetään aiheuttavan terveyshaittaa.

Mikrobinäytteistä tutkitaan bakteerit, aktinomykeetit, sieni-itiöpitoisuus (THG-alusta bakteereille, MEA-alusta hiivoille ja homeille sekä DG-18-alusta kuivissa oloissa viihtyville hiivoille ja homeille). Tulokset ilmoitetaan yksikkönä pmy (kpl)/ g.

Rakennusmateriaalinäytteissä on aina mikrobeja. Maaperän kanssa kosketuksissa olevissa alapohjan ja ulkoseinän materiaaleissa voi esiintyä mikrobeja suurinakin pitoisuuksina. Erityisesti rakennuksen uloimmissa rakenteissa olevissa materiaaleissa, kuten lämmöneristeissä ja tuloilmakanavien suodattimissa on luonnostaan ulkoilmasta peräisin olevia mikrobeja. Terveyshaittana edellä mainittua kasvustoa voidaan pitää siinä tapauksessa, jos itiöt ja mikrobien aineenvaihduntatuotteet pääsevät kulkeutumaan sisälle.

Jos mikrobikasvusto esiintyy kosteusvaurion seurauksena alapohjan tai ulkoseinärakenteen materiaalissa, vaurion syy tulee korjata ja mikrobikasvusto poistaa.

Rakennusmateriaalinäytteiden mikrobituloksien tulkinta perustuu *Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asumisterveysasetukseen 545/2015 ja sen soveltamisohjeeseen (Osat 1-4, 8/2016)*:

*Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän mikrobikasvustoa, kun näytteen home- ja hiivasienten pitoisuus on laimennossarjamenetelmällä tutkittuna vähintään 10 000 pmy/g tai aktinomykeettien pitoisuus 3 000 pmy/g. Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 pmy/g viittaa bakteerikasvuun näytteessä.*

Kun sieni-itiöpitoisuus jää alle 10 000 pmy/g, kosteusvaurion tulkinnassa tarkastellaan suvustojen esiintymistä ja jakaantumista asetuksen 545/2015 tulkintaohjeiden mukaisesti.

### 12.2.1 Tulokset

Opetustilassa 1 havaitun mikrobiperäisen hajun lähdettä selvittäessä 22.11.2017 otettiin näyte mikrobitutkimukseen viemäriputken läpiviennissä olevasta eristevillasta.

Näytteen sieni-itiöpitoisuudet ylittivät asetuksen 545/2015 toimenpiderajan ja suvusto oli tavanomaisesta poikkeava.

*Taulukko 10. Opetustila 1:n kotelarakenteesta otetun eristemateriaalin mikrobitulokset laimennossarjamenetelmällä.*

Näyte		Aktinomykeetit	Bakteerit	DG-18	MUA	Indikaattorimikrobit	Tulkinta
OT 1, 17-25676	Eristevilla	<100	48 000	<b>11 000</b>	7 700	<i>Aspergillus penicillioides/restrictus, Acremoium, Exophiala</i>	Viite vauriosta

Näytteet otettiin 28.12.2017 opetustila 01:n lattian rakenneavauksen yhteydessä allaskaapin kohdalta.

Eristevilla- ja tervapaperinäytteiden sieni-itiöpitoukset täyttivät asetuksen toimenpiderajavaatimukset. Tervapaperista otetussa näytteessä oli hieman tavanomaisesta poikkeava sienisuvusto.

Tuulensuojalevystä (81914) otetussa näytteessä aktinomykeettipitoisuus oli korkea ja ylitti asetuksen (545/2105) toimenpiderajan. Sienisuvusto oli tavanomaisesta poikkeava.

Taulukko 11. Opetustila 1:n rakenneavauksen yhteydessä otettujen materiaalinäytteiden mikrobi tulokset laimennossarjamenetelmällä.

Näyte		Aktinomykeetit	Bakteerit	DG-18	MUA	Indikaattorimikrobit	Tulkinta
OT 1, 81913	Eristevilla	<100	100	270	100	<i>Aspergillus penicillioides/restrictus</i>	Ei viitettä vauriosta
OT 1, 81914	Tervapaperi	<100	820	180	100	<i>Aspergillus penicillioides/restrictus, Scopulariopsis</i>	Heikko viite vauriosta
OT 1, 81915	Tuulensuojalevy	37 000	85 000	640	1 200	<i>Oidiodendron, Aktinomykeetit</i>	Vahva viite vauriosta
OT 1, 81916	Pohjasora	4 700	27 000	2 300	1 200	<i>Engyodontium, Acremonium, Aktinomykeetti</i>	Vahva viite vauriosta

## 13 ILMAVUOTOJEN MÄÄRITYS MERKKIAINEKOKEELLA

Luokkahuoneen 1 alapohjan ilmapuotoapaikat määritettiin merkkikaasulla rakennuksen normaalissa painesuhteessa. Merkkikaasuna kokeessa käytettiin Typpi-vety-seosta (N<sub>2</sub> 95%, H<sub>2</sub> 5%). Merkkikaasukokeet suoritettiin rakennuksen alapohjarakenteille. Merkkiainekokeet suoritettiin RT-kortin ” RT 14-11197, Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein” ohjeistusta mukailten.

### 13.1 Kalusto

- Trotec, T3000, monitoimimittari, kalibroitu 8/2017
- Trotec, TS810SDI, vetyanturi
- Trotec, TA400, paine-ero- ja virtausmittari
- ELGA, TIGex I, paineensäädin virtausmittarilla

### 13.2 Tulokset

Alapohjarakenteen alapuolella olevaan tuulettuvan tilaan päästettiin merkkikaasua ja luokkahuoneen sisäpuolelta määritettiin vuotoapaikat merkkikaasutunnistimella.

Merkkikaasumäärityksen perusteella havaittiin ilmapuotoja alapohjan tuulettuvasta tilasta sisäilmaan viemäri- ja käyttövesiputkien läpivientien kautta.

## 14 ALLEKIRJOITUS

Hämeenlinnassa 27.2.2018

ph Ympäristötekniikka



Paula Helmi  
Insinööri AMK, ympäristötekniologia  
Sisäilmatutkija

Raportin tarkastanut:



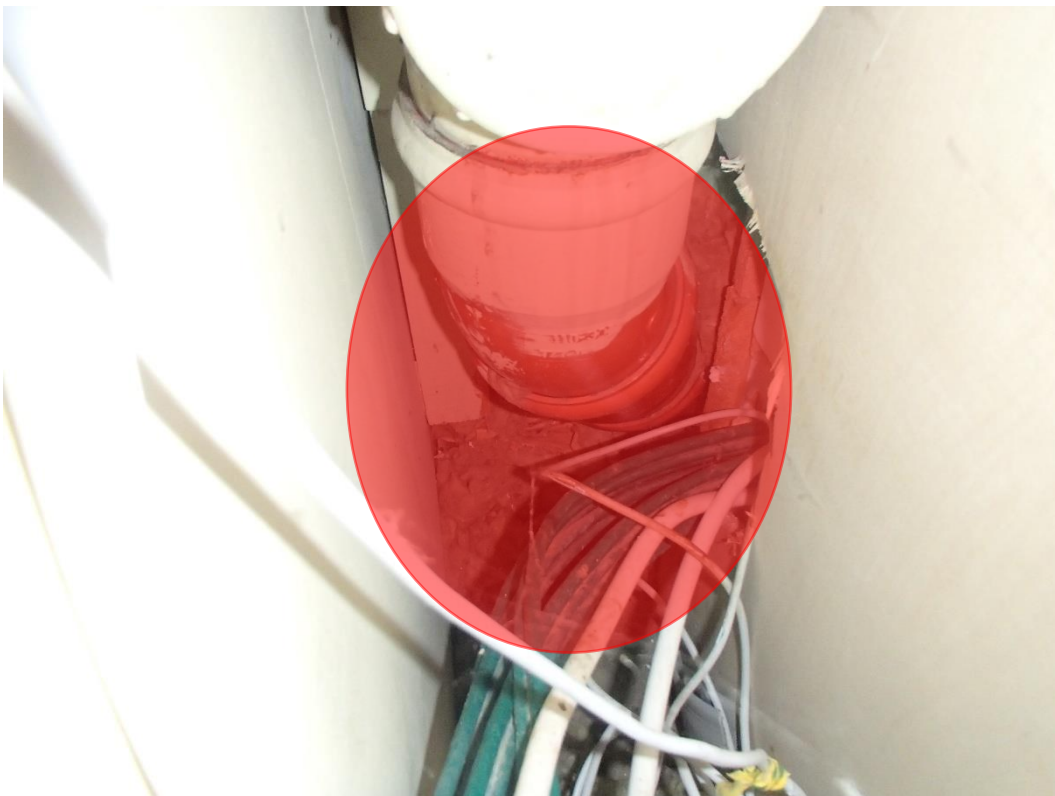
Pasi Tuuvanen  
Ins. (YAMK), Korjausrakentaminen  
Kuntotutkija  
Rakennusterveysasiantuntija  
VTT-C-23271-26-17  
Rakenteiden kosteuden mittaaja  
VTT-C-21806-24-16

LIITTEET:

KVVY, Testausseloste 17-25676  
KVVY, Testausseloste 18-791  
AHA-LAB, Analyysivastaus 201711233472  
AHA-LAB, Analyysivastaus 201710253066  
AHA-LAB, Analyysivastaus 201711163372  
Vita Laboratorio, Viljelyn tulokset, I\_0001-0005\_18  
Metropolilab, Testausseloste 2017-25350



*Kuva 11. Ilmavuotopaikkoja havaittiin vesipisteen alapohjan läpivientien kautta.*



*Kuva 12. Ilmavuotoja havaittiin viemäriputkien läpivientien kautta.*





*Kuva 13. Ilmavuotoja havaittiin käyttövesiputkien läpivientien kautta*



*Kuva 14. Kantavien vasojen välit on täytetty eristevillalla. Vasojen puu oli kuiva ja kosteuden vaikutusta ei havaittu avauskohdassa.*



*Kuva 15. Tuulensuojalevy on taipunut vassojen välissä.*