

VAUNUKANKAAN KOULU

Vaunukankaantie 3

04300 Tuusula



SISÄILMATUTKIMUSRAPORTTI


31.5.2017

Sisällysluettelo

1	KOHTEEN YLEISTIEDOT	4
2	KOHTEEN PERUSTIEDOT	4
3	TOIMEKSIANNON YLEISTIEDOT	5
3.1	Tutkimuksen tavoite.....	5
3.2	Tutkimussuunnitelma.....	5
3.3	Lähteet	5
4	TIIVISTELMÄ	6
5	OLOSUHDEMITTAUKSET	7
5.1	Yleistä tutkimuksesta.....	7
5.1.1	Hiilidioksidi	7
5.1.2	Huoneilman lämpötila	7
5.1.3	Huoneilman suhteellinen kosteus.....	8
5.2	Mittalaitteisto	8
5.3	Tulokset.....	8
6	KOSTEUSMITTAUKSET	12
6.1	Pintakosteusmittaus	12
6.1.1	Mittalaitteisto.....	12
6.1.2	Tulokset	13
6.2	Viiltomittaukset	13
6.2.1	Mittalaitteisto.....	13
6.2.2	Tulokset	13
6.3	Poranreikämittaus	14
6.3.1	Mittalaitteisto.....	14
6.3.2	Tulokset	14
6.4	Kosteusmittausten johtopäätökset	16
7	SISÄILMAN MIKROBITUTKIMUS	17
7.1	Yleistä tutkimuksesta.....	17
7.2	Tulokset.....	18
8	TEOLLISET MINERAALIKUIDUT.....	18
8.1	Yleistä tutkimuksesta.....	18
8.1.1	Teolliset mineraalikulidut, pitoisuus.....	19

8.1.2	Pölyn koostumus ja teollisten mineraalikuitujen esiintyminen	19
8.2	Tulokset.....	19
8.2.1	Teolliset mineraalikuidut, pitoisuus.....	19
8.2.2	Pölynkoostumus	20
9	VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ.....	20
9.1	Yleistä tutkimuksesta.....	20
9.2	Tulokset.....	21
10	VOC-MITTAUKSET MATERIAALINÄYTTEISTÄ.....	22
10.1	Yleistä tutkimuksesta.....	22
10.2	Tulokset.....	22
11	JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS.....	22
11.1	Mittalaitteisto	22
11.2	Tulokset.....	23
12	ALLEKIRJOITUS.....	25

1 KOHTEEN YLEISTIEDOT

KOHDE	Vaunukankaan koulu Vaunukankaantie 3 04300 TUUSULA
TILAAJA	Tuusulan kunta / Tilapalvelu Rakennusmestari Pertti Elg +358 40314 555 pertti.elg@tuusula.fi
TUTKIMUKSEN LAATIJA	 Insinööritoimisto Tähtiranta Oy Vanajantie 10 B 13110 Hämeenlinna
YHTEYSHENKILÖ JA SUORITTAJA	Paula Helmi +358 40 450 1834 paula.helmi@tahtiranta.fi
RAPORTTI	Paula Helmi +358 40 450 1834 paula.helmi@tahtiranta.fi Pasi Tuuvanani +358 45 7733 1006 pasi.tuuvanani@tahtiranta.fi
KOSTEUSMITTAUKSET	Carita Larjovuori carita.larjovuori@tahtiranta.fi
KENTTÄTYÖT SUORITETTIIN VIIKOILLA 8 - 19	

2 KOHTEEN PERUSTIEDOT

NIMI	Vaunukankaan koulu
RAKENNUSVUOSI	1986, 2001 ja 2013
RAKENNUSTYYPPI	Koulurakennus
KÄYTETTÄVISSÄ OLLEET ASIAKIRJAT	Terveystarkastusviraston viranomaistarkastus, tarkastuspöytäkirja, (9.2.2017) Pohjapiirustus
MERKITTÄVIMMÄT KORJAUSTYÖT	IV-nuohous kesällä 2016 Automatiikkaa korjattu Luokan 30 ilmanvaihtoa tehostettu erillisellä koneella
TUTKIMUSMENETELMÄT	Sisäilmatutkimus rakenteita rikkomattomin menetelmin

3 TOIMEKSIANNON YLEISTIEDOT

3.1 Tutkimuksen tavoite

Tavoitteena oli selvittää sisäilman laatua ja syitä käyttäjien oireiluihin. Sisäilmatutkimukset tehtiin rakenteita rikkomattomin sisäilman tutkimusmenetelmin. Selvitys ei käsittänyt taloteknisiä tutkimuksia.

3.2 Tutkimussuunnitelma

Tutkimussuunnitelma perustui 7.2.1027 tehdyn terveydensuojeluvalvonnan viranomaistarkastuksen pöytäkirjaan, käyttäjien haastatteluihin ja visuaalisiin havaintoihin.

Tutkimuksessa olevat kohteet:

- Luokka 1001
- Luokka 1003
- Luokka 1004
- Luokka 1033
- Luokka 1047
- Luokka 1050
- Luokka 1103
- Luokka 1104
- Luokka 1106
- Luokka 1107
- Luokka 1122
- Liikuntasali
- Iltapäiväkerho

Tehdyt tutkimukset:

- Pintakosteuskartoitus tutkimuskohteista
- Poranreikäkosteusmittauksia
- Pölyn koostumusmäärityksiä
- Kuitupitoisuusmäärityksiä kahden viikon laskeumasta
- VOC- määrityksiä ilmanäytteistä
- VOC-määrityksiä materiaalinäytteistä
- Rakennuksen painesuhteiden määrityksiä tallentavalla mittalaitteella
- Rakennuksen olosuhdemittaukset tallentavalla laitteella
- Sisäilman mikrobimäärityksiä

3.3 Lähteet

Tutkimukset ja johtopäätökset perustuvat seuraaviin julkaisuihin:

- 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.
- Kansanterveyslaitos, Meklin T.; Putus T.; Hyvärinen A.; Haverinen-Shaughnessy U.; Lignell U.; Nevalainen A., Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot: opas ongelmien selvittämiseen, Kansanterveylaitokset julkaisuja. C 2/2008
- Suomen rakentamismääräyskokoelma, 2010. Osa D, LVI ja energiatalous.

4 TIIVISTELMÄ

Sisäilmasta otettujen mikrobinäytteiden perusteella sisäilman mikrobiologinen laatu on hyvä. Sieni-itiöpitoisuudet ovat hyvin alhaiset. Näytteissä ei ole kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja.

Olosuhdemittausten perusteella tutkittujen luokkien 1104, 1122 ja iltapäiväkerhon hiilidioksidipitoisuudet kohoavat kuormituksen aikana. Kohonneet hiilidioksidipitoisuudet aiheuttavat tunkkaisuutta huoneilmassa. Korkeiden hiilidioksidipitoisuuksien perusteella huoneilma ei täytä RT-ohjeen mukaista sisäilmaluokituksen määrittelemää hyvän sisäilman (S2) laatuluokan vaatimuksia. Luokissa 1004 ja 1050 hiilidioksidipitoisuudet nousivat kuormituksen aikana 600 – 900 ppm ja S2-laatuluokan vaatimukset täyttyvät. Olosuhdemittausten perusteella suositellaan harkittavaksi ilmanvaihdon säätötoimenpiteitä.

Sisäilmasta otettujen VOC-näytteiden perusteella pitoisuudet olivat alhaiset luokissa 1001, 1004, 1103 ja 1104 sekä liikuntasalissa. Kaikissa näytteissä, lukuun ottamatta luokkaa 1103, yksittäisistä yhdisteistä 2-Etyyli-1-Heksanolin suhteellinen osuus oli muihin näytteissä esiintyneisiin yhdisteisiin nähden korkein. Pitoisuudet olivat kuitenkin erittäin alhaiset ja alittavat asetuksen toimenpiderajan. VOC-yhdisteet eivät tutkimuksen perusteella emittoidu sisäilmaan ja heikennä sisäilman laatua haihtuvien orgaanisten yhdisteiden osalta.

Iltapäiväkerhossa otetussa sisäilman VOC-näytteessä 2-Etyyli-1-Heksanolin pitoisuus oli 13,1 µg/m³, eikä täytä asetuksen toimenpiderajavaatimuksia. Toimenpideraja yhdisteelle on 10 µg/m³. Kokonais-VOC-pitoisuus alittaa asetuksen toimenpiderajan.

Iltapäiväkerhon seinäpinnoitteena käytetystä muovimatosta tutkittiin VOC-yhdisteet. Näytteessä esiintyi suhteessa suurimmat osuudet 2-Etyyli-1-Heksanolia (20 %) ja Dietyyliglykolibutyylieetteri (30 %). 2-Etyyli-1-Heksanolin lähteitä ovat muun muassa kosteusvaurio ja maton liiman vauriot. Dietyyliglykolibutyylieetterin lähteitä ovat muun muassa lattiavahat, maalit ja painokemikaalit.

Tutkimuksen perusteella koulun tuloilmakanavien päissä havaittiin suhteessa muuhun pölyyn merkittävästi karkeaa ulkoilmapölyä, joka saattaa johtua kanavien puhdistustarpeesta ja suodattimien uusimistarpeesta. Tuloilmakanavissa esiintyi vähäisiä määriä teollisia mineraalikuituja.

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuudet kahden viikon pölylaskeumasta olivat asetuksen toimenpiderajalla luokissa 1104, 1047 ja 1050 ollen 0,2 kuitua / cm². Myös luokissa 1103, 1104 ja 1033 esiintyi mineraalikuituja, mutta pitoisuus alitti toimenpiderajan. Luokassa 1122 ja iltapäiväkerhossa ei havaittu teollisia mineraalikuituja. Suositellaan mineraalikuitulähteiden selvittämistä.

Pintakosteuskartoituksen perusteella voimakkaasti kohonneita alueita oli C-siivessä ja liikuntasalin pukuhuoneissa. Lievästi kohonneita pintakosteuksia havaittiin A-siivessä sekä B-siiven ja liikuntasalin välisellä alueella.

Suoritettujen kosteusmittausten perusteella viiltomittauksen osalta pintamateriaalin alla on kosteuspitoisuudet ovat hieman koholla.

Porareikämittausten perusteella betonirakenteiden kosteusjakauma on normaali ja kosteuspitoisuudet eivät ole koholla. Tilassa 1107 kosteuspitoisuudet ovat korkeammat kuin muissa mitatuissa tiloissa, mutta tulokseen saattaa vaikuttaa erilainen alapohjarakenne sekä eri rakennuskohta.

Luokkien paine-eroissa ulkoilmaan nähden oli voimakasta vaihtelua. Luokat 1050 ja 1103 olivat ylipaineisia. Ylipaine oli ajoittain yli 10 Pa. Luokassa 1004 oli pääosin lievä alipaine. Luokassa 1122 oli päiväaikaan alle 10 Pa:n alipaine, joka yöaikaan oli jopa 20 Pa.

5 OLOSUHDEMITTAUKSET

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/m³ (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.*

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.*

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.

RT-ohjeen mukainen Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelee sisäilman hiilidioksidipitoisuuden:

S1 Laatu erittäin hyvä	700 ppm
S2 Laatu hyvä	900 ppm
S3 Laatu tyydyttävä	1200 ppm

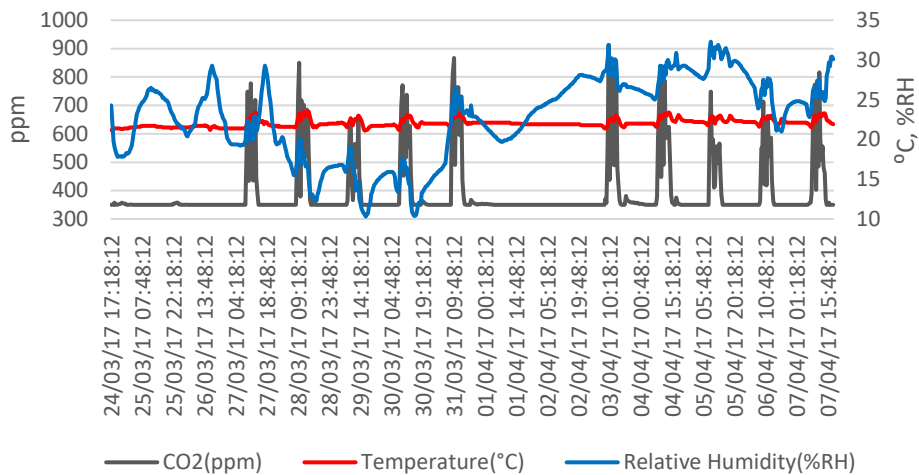
5.2 Mittalaitteisto

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

Olosuhdemittauksia tehtiin luokissa 1004, 1050, 1104, 1122 ja iltapäiväkerhossa noin kahden viikon aikana.

Luokka 1004



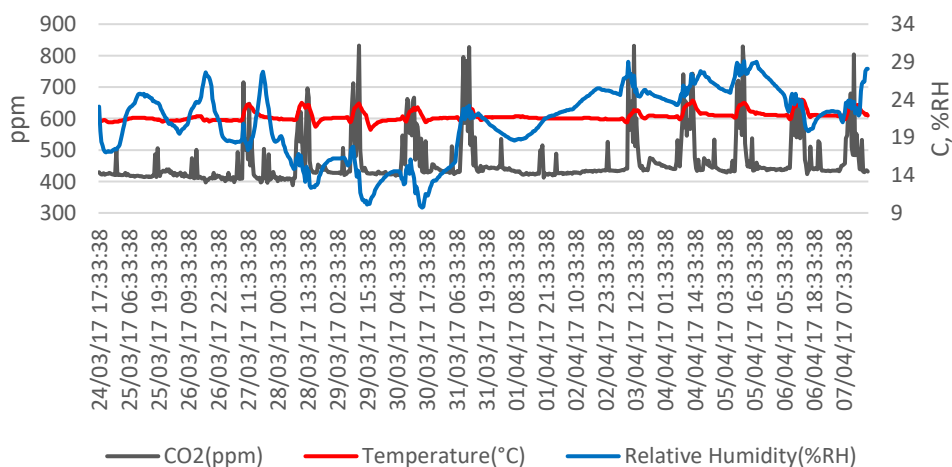
Kuva 1. Olosuhteet luokassa 1004 24.3. – 7.4.2017 välisenä aikana.

Taulukko 1. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 1004.

	Maks	Pvm	Min	Pvm	Ka
CO2(ppm)	913	7.4.2017	350	25.3.1027	391
Lämpötila(°C)	23,5	28.3.2017	21,7	29.3.2017	22,2
Suht. Kosteus (%RH)	31,6	5.4.2017	10,3	29.3.2017	22,7

Luokassa 1004 hiilidioksidipitoisuudet ovat kuormituksen aikana noin 800 - 900 ppm. Luokan lämpötila on normaalilla tasolla. Kosteudet nousivat kuormituksen aikana. Huoneilma oli pakkaskauden aikana erittäin kuiva.

Luokka 1050

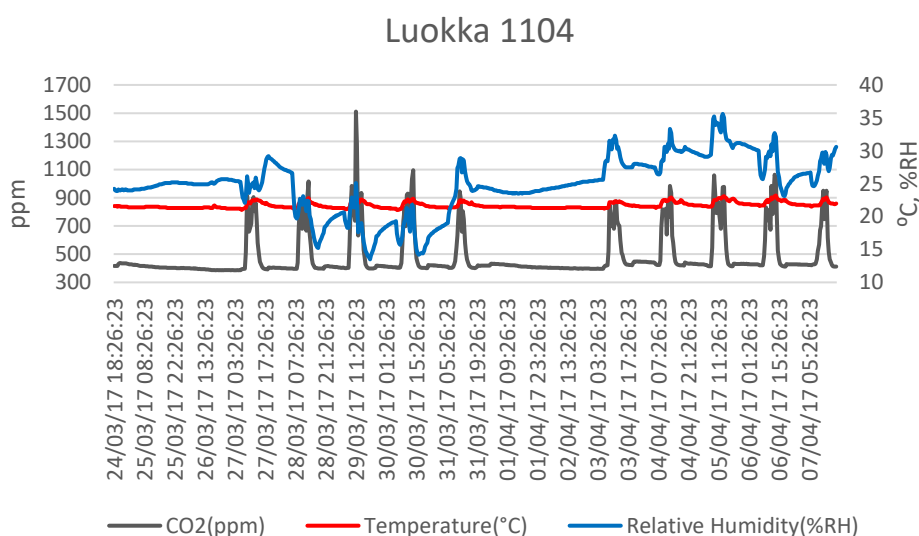


Kuva 2. Olosuhteet luokassa 1050 24.3. – 7.4.2017 välisenä aikana.

Taulukko 2. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 1050.

	Maks	Pvm	Min	Pvm	Ka
CO2(ppm)	832	29.3.2017	388	28.3.1027	461
Lämpötila(°C)	24	6.4.2017	20	29.3.2017	22,2
Suht. Kosteus (%RH)	29,1	5.4.2017	9,7	30.3.2017	21

Luokassa 1050 hiilidioksidipitoisuudet ovat kuormituksen aikanakin alle 900 ppm. Luokan lämpötila on ajoittain toimenpiderajan alatasolla. Pitkänajan keskiarvo täyttää asetuksen vaatimukset. Huoneilma oli pakkaskauden aikana erittäin kuiva.



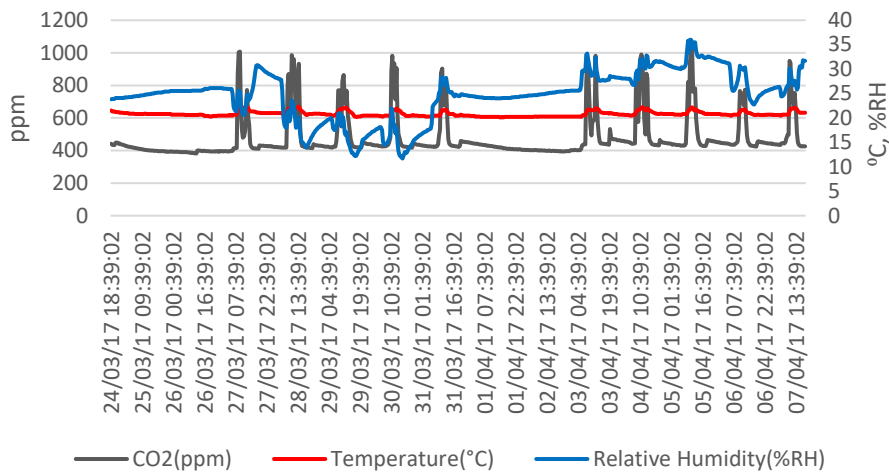
Kuva 3. Olosuhteet luokassa 1104 24.3. – 7.4.2017 välisenä aikana.

Taulukko 3. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 1104.

	Maks	Pvm	Min	Pvm	Ka
CO2(ppm)	1511	29.3.2017	386	26.3.1027	481
Lämpötila(°C)	23,2	29.3.2017	21,5	4.4.2017	21,7
Suht. Kosteus (%RH)	35,6	5.4.2017	13,5	29.3.2017	24,8

Luokassa 1104 oli havaittavissa kuormituksen aikaista hiilidioksidipitoisuuden nousua, jolloin huoneilma saattaa tuntua tunkkaiselta. Toimenpiderajat eivät kuitenkaan ylity yhtä yksittäistä kertaa lukuun ottamatta. Luokan lämpötila on normaalilla tasolla. Kosteudet nousivat kuormituksen aikana. Huoneilma oli pakkaskauden aikana erittäin kuiva.

Luokka 1122



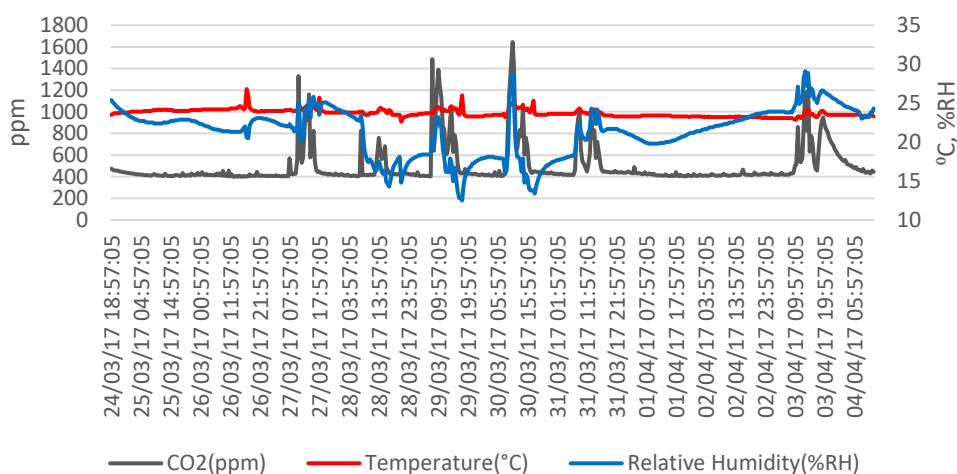
Kuva 4. Olosuhteet luokassa 1122 24.3. – 7.4.2017 välisenä aikana.

Taulukko 4. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 1122.

	Maks	Pvm	Min	Pvm	Ka
CO2(ppm)	1065	5.4.2017	382	26.3.1027	474
Lämpötila(°C)	22,5	28.3.2017	20,3	2.4.2017	20,8
Suht. Kosteus (%RH)	36	5.4.2017	11,7	30.3.2017	24,7

Luokassa 1122 oli havaittavissa kuormituksen aikaista hiilidioksidipitoisuuden nousua, jolloin huoneilma saattaa tuntua tunkkaiselta. Toimenpiderajat eivät kuitenkaan ylity. Luokan lämpötila on normaalilla tasolla. Kosteudet nousivat kuormituksen aikana. Huoneilma oli pakkaskauden aikana erittäin kuiva.

Iltapäiväkerho



Kuva 5. Olosuhteet Iltapäiväkerhossa 24.3. – 4.4.2017 välisenä aikana.

Taulukko 5. Minimi- ja maksimiarvot iltapäiväkerhossa.

	Maks	Pvm	Min	Pvm	Ka
CO2(ppm)	1644	30.3.2017	400	26.3.1027	496
Lämpötila(°C)	26,8	26.3.2017	22,6	28.3.2017	23,7
Suht. Kosteus (%RH)	29,1	3.4.2017	12,5	29.3.2017	21,4

Iltapäiväkerhossa oli havaittavissa kuormituksen aikaista hiilidioksidipitoisuuden nousua, jolloin huoneilma saattaa tuntua tunkkaiselta. Ajoittain pitoisuudet nousivat 1300 – 1600 ppm, jolloin ylitetään tavoitetasot. Luokan lämpötila on normaalilla tasolla. Huoneilma oli pakkaskauden aikana erittäin kuiva.

6 KOSTEUSMITTAUKSET

6.1 Pintakosteusmittaus

Pintakosteusmittauksessa saatu mittauslukema 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.

6.1.1 Mittalaitteisto

Pintakosteusmittaukset suoritettiin Gann Hydrotest LG2 -kosteusmittarilla ja siihen liitetyllä pinta-anturilla B50. Mittalaitteisto on kalibroitu 10/2016.

6.1.2 Tulokset

Vaunukankaan koululla suoritettiin tutkimussuunnitelmassa olevien luokkien lattiapinnoille pintakosteuskartoitus.

Pintakosteusmittauksen tulokset on koottu pohjakuvaan, kuva 6. Lievästi kohonneet pintakosteudet (ero ympäröivään lattiapintaan 5 – 10 mittayksikköä) on merkitty pohjakuvaan vaaleanpunaisella rasterilla ja selvästi kohonneet (ero ympäröivään lattiapintaan > 10 mittayksikköä) pintakosteudet punaisella rasterilla. Vihreällä rasterilla on merkitty huoneet, joissa pintakosteustasot olivat tasaiset ja ympäröivien olosuhteiden tasolla. Alueet, joissa ei suoritettu pintakosteusmittausta on merkitty vihreällä. Mittausta ei suoritettu tiloissa, joissa pintamateriaalina oli laminaatti tai parketti.

Voimakkaasti kohonneita alueita oli laajasti C-siivessä. Pukuhuoneissa liikuntasalin yhteydessä lattian pintakosteus oli myös voimakkaasti koholla. Lievästi kohonneita alueita oli A-siivessä sekä B-siiven ja liikuntasalin välisellä alueella.

6.2 Viiltomittaukset

Viiltomittauksella voidaan selvittää liimattavan lattiapäällysteen, kuten muovi- ja linoleumimaton alapintaan ja liimakerrokseen kohdistuva todellinen kosteusrasitus. Viiltomittauksessa tehdään viilto lattiapäällysteeseen tutkittavalle kohdalle. Viiltoon asennetaan heti viillon teon jälkeen kosteusmittausanturi ja viiltokohta tiivistetään huolellisesti vesihöyrytiiviksi. Käytettäessä nopeasti tasaantuvia mittapäitä anturin tasaantumisaika on 15...20 minuuttia. Viiltomittaus on tarkimmillaan + 20 °C lämpötilassa.

6.2.1 Mittalaitteisto

Viiltomittauksen mittalaitteistona käytettiin Vaisalan HM40-näyttöpäätettä ja siihen liitettyä HM42PROBE-mittausanturia. Anturi on kalibroitu 04/2016.

6.2.2 Tulokset

Pintakosteuskartoituksen perusteella tehtiin täydentävä viiltomittaus luokassa 1122, jolla saatiin selvitettyä muovimaton alapinnalla vallitsevia olosuhteita.

Taulukko 6. Viiltomittauksitulokset huoneessa 1122.

RH %	79,5	22,7
Abs g/m ³	13,69	4,04
T °C	19,9	20,4

Viiltomittauksen perusteella kosteuspiitoisuus on hieman koholla. Lattiapäällysteiden kriittinen kosteusraja-arvo on 85...90 % RH riippuen lattiamateriaalista.

6.3 Porareikämittaus

Porareikämittausmenetelmällä voidaan selvittää tutkittavan rakenteen kosteusprofiili. Menetelmä on tarkimmillaan rakenteen lämpötilan ollessa + 15 – + 25 °C. Rakenteeseen porataan valituille syvyyksille mittausreiät, jotka putkitaan, puhdistetaan imuroimalla ja tiivistetään huolellisesti vesihöyrytiivistä elastista massaa käyttäen.

Mittauksissa on mitattu betonirakenteiden suhteellista kosteutta. Mittaukset on suoritettu RT kortin 14-10984 "betonin suhteellisen kosteuden mittaus" -ohjeiden ja "Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet" -julkaisun mukaisesti porareikämittauksena. Mittausreikien tasaantumisaika on ollut poraamisen jälkeen vähintään 3 vuorokautta ja antureiden tasaantumisaika on ollut vähintään 1 tuntia. Mittaukset on suoritettu SHM40 mittalaitteella ja HMP40S mittausanturilla.

6.3.1 Mittalaitteisto

Porareikämittaukset suoritettiin käyttäen Vaisalan HM40-näyttöpäätettä ja siihen liitettjä HMP110-mittausantureita. Mittalaitteet on kalibroitu 04/2016.

6.3.2 Tulokset

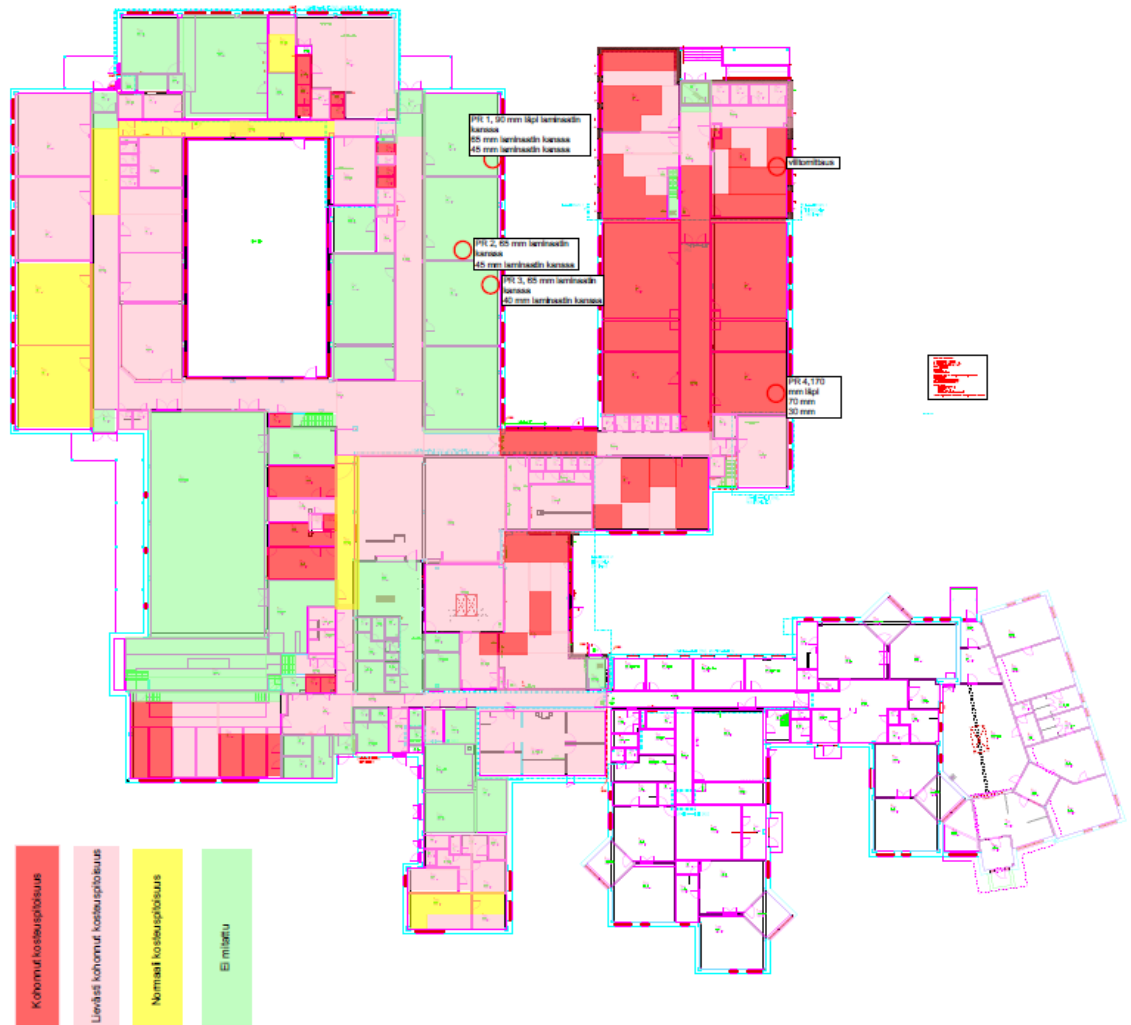
Porareikämittauksia tehtiin pintakosteuskartoituksen ja viiltomittausten perusteella. Tarkoituksena oli selvittää alapohjan betonilaatan kosteustilannetta.

Taulukot 7 - 8. Porareikämittaustulokset.

Sijainti	PR 1, 1050	PR 1, 1050	sisäilma, 1050	PR 2, 1051	PR 2, 1051	sisäilma, 1051
Anturin nro	5	2	GT	3	1	GT
Mittausvyvyys	65 (lam.)	45 (lam.)	-	65 (lam.)	45 (lam.)	-
RH %	53,4	45,6	24,4	56,6	48,2	24,4
Abs g/m3	8,69	7,75	4,65	10,08	8,64	4,68
T °C	18,9	19,7	21,6	20,5	20,6	21,7

Sijainti	PR 3, 1052	PR 3, 1052	sisäilma, 1052	PR 4, 1107	PR 4, 1107	sisäilma, 1107
Anturin nro	SNM1450410	4	GT	4	SNM1450410	GT
Mittaussyvyys	65 (lam.)	40 (lam.)	-	70	30	-
RH %	59,3	53,6	23,9	72,8	70,6	24,4
Abs g/m ³	11,47	10,44	4,72	13,6	13,4	4,63
T °C	21,9	22	22,2	23,9	21,6	21,5

Mitattujen kohtien vallitsevat betonirakenteiden kosteuspitoisuudet ovat normaalilla tasolla. Yleensä vähimmäiskosteus homekasvulle rakennusmateriaaleilla on noin RH 75 ... 80 %. Lyhytaikainen korkea kosteus (esimerkiksi pesutiloissa muutaman tunnin korkea kosteus vuorokaudessa) ei aiheuta homehtumisriskiä rakenteelle, kunhan materiaali pääsee kuivumaan nopeasti ja pitkäaikainen kosteustaso pysyy alle 70–75 % RH. Lattiapäällysteiden kriittinen kosteusraja-arvo on 85...90 % RH riippuen lattiamateriaalista.



Kuva 6. Pintakosteus- ja poranreikämittaustulokset.

Värikoodien tulkinta:

Punainen: Kohonnut kosteuspitoisuus

Vaalean punainen: Lievästi kohonnut kosteuspitoisuus

Keltainen: Normaali kosteuspitoisuus

Vihreä: Ei mitattu

6.4 Kosteusmittausten johtopäätökset

Suoritettujen kosteusmittausten perusteella viiltomittauksen osalta pintamateriaalin alla on hieman kohonnut kosteuspitoisuus.

Porareikämittausten perusteella betonirakenteiden kosteusjakauma on normaali ja kosteuspitoisuudet eivät ole koholla. Tilassa 1107 kosteuspitoisuudet ovat korkeammat kuin

muissa mitatuissa tiloissa, mutta tulokseen saattaa vaikuttaa erilainen alapohjarakenne sekä eri rakennuskohta.

Pintakosteusmittausten perusteella rakennuksessa on paikoin viitteitä korkeista kosteuspitoisuuksista, jonka takia suosittelemme alapohjarakenteille suoritettavaksi lisää porareikämittauksia sekä viiltomittauksia.

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 ilmavuotona 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, äänenkäheys, 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)/m³. Mikrobisuvustot tunnistetaan mikroskooppisesti tutkimalla.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa IV, Asumisterveysasetus § 20. Valvira, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. 8/2016.

- *Sieni-itiöt, 100 – 500 pmy/m³
Sieni-itiöpitoisuus on poikkeavan suuri talviaikana. Tulkinnassa huomioidaan myös muut tekijät, kuten poikkeava suvusto ja muut mahdolliset mikrobilähteet. Alle 100 pmy/m³ mikrobipitoisuus voi viitata mikrobikasvustoon, mikäli näytteessä esiintyy kosteusvaurioindikaattoreita.*

Yli 500 pmy/m³ pitoisuus viittaa mikrobikasvustoon.

- *Bakteerit 4500 pmy/m³
Viitearvon ylittävä bakteeripitoisuus viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.*

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeen (2003) ja sen soveltamisoppaan (2009) mukaiset viitearvot taajamassa sijaitsevien asuntojen sisäilman aktinomykeettipitoisuudet.

- *Aktinomykeetit 10 pmy/m³
Viitearvon ylittävä kohonnut pitoisuus viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.*

7.2 Tulokset

Sisäilman mikrobitutkimuksia tehtiin luokissa 1103, 1104, 1107, 1047, 1050, liikuntasalissa ja iltapäiväkerhossa.

Taulukko 9. Sisäilman mikrobinäytteiden tulokset. Taulukossa on ilmoitettu näytteissä esiintyvät indikaattorimikrobit.

	Luokka 1004	Luokka 1047	Luokka 1050	Luokka 1107	Luokka 1103	Luokka 1104	IP- kerho	Liik.sali
	pmy/m ³	pmy/m ³	pmy/m ³	pmy/m ³	pmy/m ³	pmy/m ³	pmy/m ³	pmy/m ³
Aktinomykeetit	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
DG-18 alusta	<4	4	<4	<4	7	4	<4	<4
MUA - alusta	<4	4	<4	<4	4	<4	11	<4
<i>Aspergillus penicillioides/restrict us</i>		x (1 pes)						

Näytteiden mikrobipitoisuudet olivat erittäin alhaiset. Indikaattorimikrobeja ei esiintynyt näytteissä, lukuun ottamatta yhtä yksittäistä pesäkettä. Yksi yksittäinen mikrobipesäke ei ole tavanomaisesta poikkeavaa.

Näytteiden sieni-itiöpitoisuuksien mediaani on <4, kun vaurioitumattoman koulurakennuksen mediaanin katsotaan olevan alle 12.

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.

8.1.1 Teolliset mineraalikulut, pitoisuus

Teollisten mineraalikulujen pitoisuutta sisäympäristössä arvioidaan geeliteippinäytteiden avulla. Geeliteippiin kerätään tasopinnalle kahden viikon aikana laskeutunutta pölyä, josta valomikroskooppia käyttämällä lasketaan yli 20 mikrometrin pituiset teolliset mineraalikulut. Analyysin tulos ilmoitetaan kuitujen lukumääränä pinta-alaa kohden (kuitua/cm²).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 19 §:

- *Teollisten mineraalikulujen toimenpideraja kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä on 0,2 kuitua / cm².*

8.1.2 Pölyn koostumus ja teollisten mineraalikulujen esiintyminen

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

Pölyn koostumusta ja teollisten mineraalikulujen esiintymistä tutkitaan myös tasopinnoille laskeutuneesta pölystä, jolloin voidaan muiden tutkimusten kanssa tehdä johtopäätöksiä pölyssä mahdollisesti esiintyvien mineraalikulujen lähteestä.

Laboratorio tunnistaa pölystä valomikroskooppilla ja tarvittaessa elektronimikroskooppilla ulkomuodon ja/tai alkuainekoostumuksen perusteella muun muassa seuraavia pölyhiukkasia:

- teolliset mineraalikulut (vuorivilla, lasivilla, lasikulut, keraamiset kuidut)
- 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.

8.2 Tulokset

8.2.1 Teolliset mineraalikulut, pitoisuus

Mineraalikulumäärityksiä tehtiin luokissa 1103, 1104, 1047,1004, 1050 ja 1033.

Taulukko 10. Mineraalikuitupitoisuudet kahden viikon aikana laskeutuneessa pölyssä.

	Teolliset mineraalikuidut pitoisuus >20 µm kuitua / cm ²
Luokka 1104	0,1
Luokka 1033	0,1
Luokka 1047	0,2
Luokka 1050	0,2
Luokka 1122	<0,1
Luokka 1103	0,1
Luokka 1104	0,2
Iltapäiväkerho	<0,1

Pääosassa näytteistä esiintyi teollisia mineraalikuituja. Mineraalikuitupitoisuus oli toimenpiderajalla luokissa 1050, 1047 ja 1104.

8.2.2 Pölynkoostumus

Pölynkoostumusnäytteitä otettiin tuloilmakanavien päistä pyyhkäisynäytteinä luokista 1050, 1004, 1122 ja 1033.

Taulukko 11. Pölyn koostumus tuloilmakanavien päätelaitteissa.

	Teollisia mineraalikuituja	Rakennus- materiaalipölyä	Tavanomaista huonepölyä	Karkeaa ulkoilmapölyä	Orgaanista pölyä
Luokka 1050	< 1 p-% vuorivillaa	Hiukan	Runsaasti	Runsaasti	
Luokka 1004		Hiukan	Runsaasti	Runsaasti	
Luokka 1122	< 1 p-% vuorivillaa		Hiukan	Runsaasti	
Luokka 1033	< 1 p-% vuorivillaa, lasikuitua		Runsaasti	Runsaasti	Hiukan

Tutkittujen näytteiden perusteella ilmanvaihtokanavissa havaittiin vähäisiä määriä teollisia mineraalikuituja.

Kaikkien tutkittujen näytteiden perusteella kanavissa oli runsaasti ulkoilmapölyä.

9 VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ

9.1 Yleistä tutkimuksesta

Sisäilmassa esiintyvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää tutkitaan keräämällä sisäilmaa Tenax-hartsiputkeen pumpulla noin puolen tunnin ajan 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)

9.2 Tulokset

Taulukko 12. VOC-ilmanäytteiden tulokset. Suluissa on esitetty yhdisteen osuus kokonaispitoisuudesta.

	Kokonais-VOC-pitoisuus $\mu\text{g}/(\text{m}^3)$	2-Etyyliheksanoli $\mu\text{g}/(\text{m}^3)$	Bentseeni $\mu\text{g}/(\text{m}^3)$	Nonanaali $\mu\text{g}/(\text{m}^3)$
Yleisiä lähteitä		Mikrobivauriot		
Luokka 1001	22	3,5 (16 %)		2,1 (10 %)
Luokka 1004	10	2,8 (29 %)	1,2 (12 %)	1,0 (11 %)
Luokka 1103	6			0,9 (15 %)
Luokka 1104	12	1,7 (15 %)	1,7 (15 %)	
Liikuntasali	13	3,3 (26 %)	2,2 (17 %)	1,4 (11 %)
Iltapäiväkerho	69	13,1 (19 %)		

10 VOC-MITTAUKSET MATERIAALINÄYTTEISTÄ

10.1 Yleistä tutkimuksesta

Materiaalinäytteen VOC-pitoisuus ilmoitetaan yksikkönä ng/(g h). Näytteiden emissiot tutkitaan mikrokammiomenetelmällä ja analysoidaan kaasukromatografisesti. Menetelmä ei ole kvantitatiivinen, vaan kertoo mitä aineita ja missä suhteessa niitä emittoituu koeolosuhteissa.

Näyte otetaan muovimatosta leikkaamalla noin 10 x 10 cm:n kokoinen pala mattoveitsellä siten, että alla olevaa liimaa saadaan myös näytteen mukaan.

Jos yksittäisen yhdisteen pitoisuus ylittää 10 % kokonais-VOC-pitoisuudesta, sitä voidaan pitää epätavanomaisena.

10.2 Tulokset

Näytteet otettiin seinän muovimatosta leikkaamalla pala mattoveitsellä siten, että alla olevaa liimaa saatiin myös näytteen mukaan.

Taulukkoon 13 on koottu yhdisteet, joiden osuudet olivat yli 10 % TVOC-pitoisuudesta.

Taulukko 13. VOC-tulokset mattonäytteestä.

	Lähteitä	Ilmapäiväkerho
Kokonais- VOC-pitoisuus, ng/(g h)		320
2-etyyliheksanoli	Kosteusvaurio, maton liiman vauriot	63 (20 %)
Dietyyliyglykolibutyylieetteri	lattiavahat, maalit, painokemikaalit	97 (30 %)

Näytteessä esiintyi 2-etyyliheksanolia, joka voi ilmaista kosteuden aiheuttamaa muutosta muovimattojen liimassa ja pehmittimissä tai mikrobivauriota.

11 JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS

Koululla suoritettiin jatkuvatoimiset (loggaavat) paine-eromittaukset, joiden tarkoituksena oli selvittää tilojen paine-eroa ulkoilmaan nähden.

11.1 Mittalaitteisto

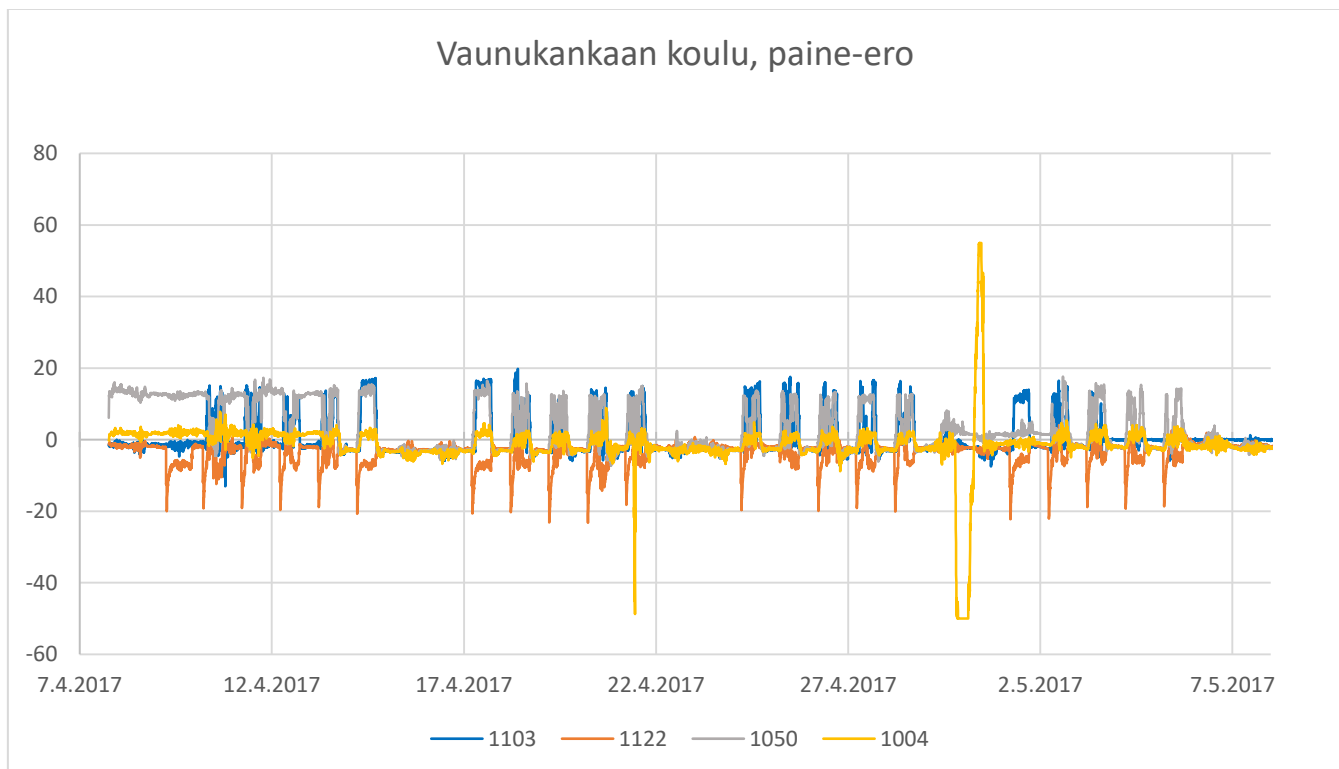
Mittaukset suoritettiin Gemini TGC-0046 loggerilla ja Beck 984Q lähettimellä viiden minuutin välein.

11.2 Tulokset

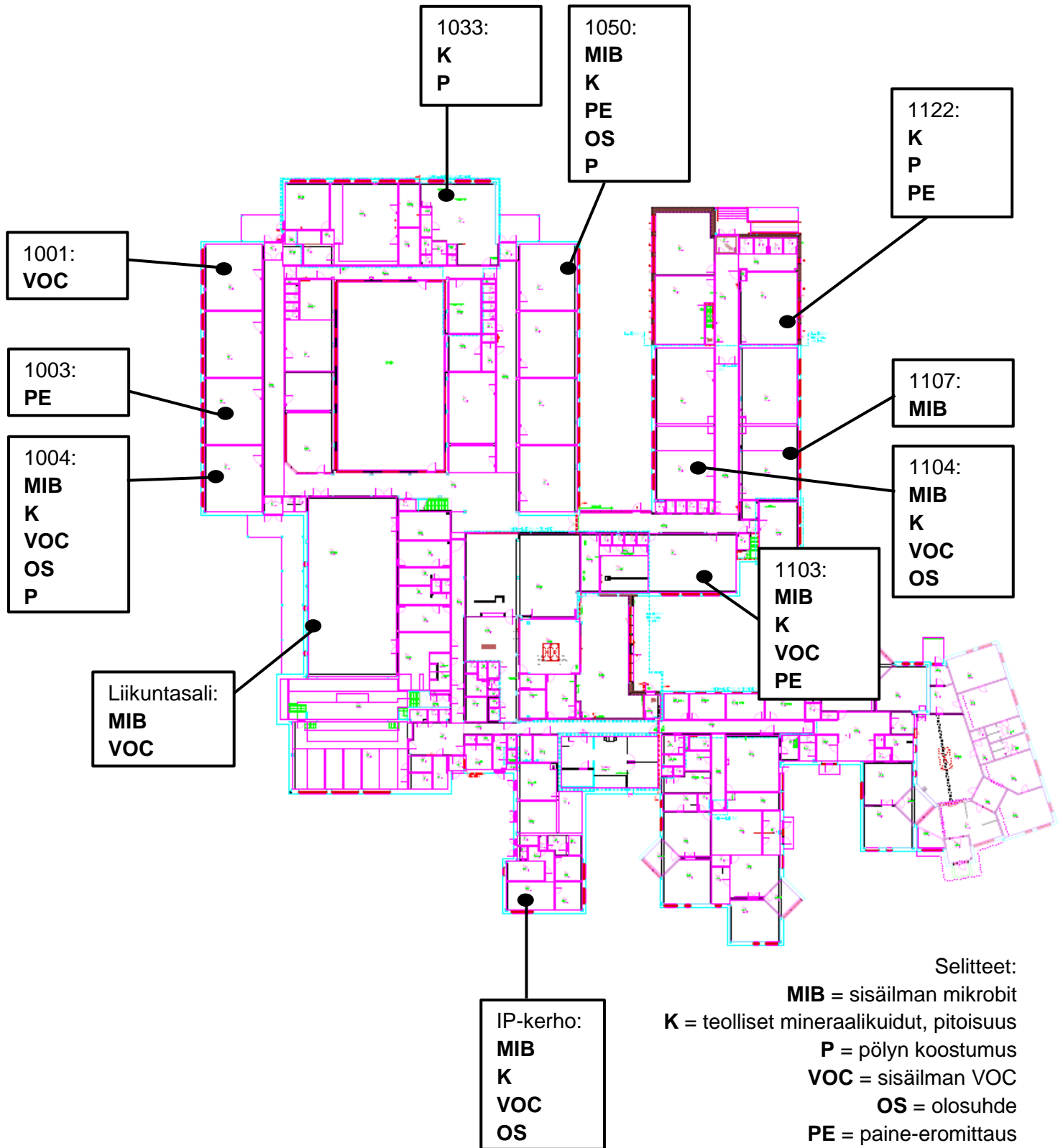
Paine-eromittausten tulokset on esitetty alla olevassa kuvaajassa.

Tuloksista voidaan havaita, että luokat ovat viikonloppuisin pääosin hieman alipaineiset.

Luokassa 1103 on arkisin ylipainetta 10 -14 Pa aamuisin ja iltapäivällä. Luokassa 1004 vallitsee lievä alipaine. Luokassa 1122 on pääosin alle 10 Pa:n alipaine. Yöaikaan alipaine voi olla 10 – 20 Pa. Luokassa 1050 vallitsee pääosin yli 10 Pa:n ylipaine.



Kuva 7. Paine-eromittaukset ulkoilmaan nähden luokissa 7.4. – 7.5.2017 välisenä aikana.



Kuva 8. Näytteenottokohdat, paine-ero- ja olosuhdeloggereiden sijainnit luokittain.

12 ALLEKIRJOITUS

Hämeenlinnassa 31.5.2017
Insinööritoimisto TähtiRanta Oy



Paula Helmi
Insinööri, AMK
Sisäilmatutkija



Pasi Tuuvanen
Insinööri, AMK
Kuntotutkija

LIITTEET:

Pohjapiirustus, Pintakosteuskartoitus, poranreikämittaus ja viiltomittaus
Pohjapiirros, näytteenottokohdat
AHA-LAB Oy, Analyysivastaus 201704121225
AHA-LAB Oy, Analyysivastaus 201704121226
Ositum, Analyysivastaus 2293017
KVVY, testausseleste 17 - 3917
Metropolilab, Testausseleste 2017 - 4021