

**RIIHIKALLION KOULU
PELLAVAMÄENTIE 15
04320 TUUSULA**



9.11.2017

SISÄILMATUTKIMUS

Sisällysluettelo

1	KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT	3
1.1	Kohdetiedot ja tilaaja	3
1.2	Toimeksiannon yleistiedot	3
1.3	Tutkimuksen tavoite ja laajuus.....	3
1.4	Valmistuneet tutkimukset ja mittaukset.....	4
2	YHTEENVETO TUTKIMUKSISTA.....	4
3	OLOSUHTEET	4
3.1	Yleistä tutkimuksesta.....	4
3.1.1	Hiilidioksidi	4
3.1.2	Huoneilman lämpötila	5
3.1.3	Huoneilman suhteellinen kosteus.....	5
3.2	Mittalaitteisto	5
3.3	Tulokset.....	6
4	TEOLLISET MINERAALIKUIDUT.....	7
4.1	Yleistä tutkimuksesta.....	7
4.2	Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus	7
4.2.1	Tulokset	7
4.3	Teollisten mineraalikuitujen esiintyminen tuloilmakanavissa	8
5	PÖLYNKOOSTUMUS	8
5.1.1	Tulokset	8
6	VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ.....	9
6.1	Yleistä tutkimuksesta.....	9
6.2	Tulokset.....	9
7	VOC-MITTAUKSET MATERIAALINÄYTTEISTÄ.....	10
7.1	Yleistä tutkimuksesta.....	10
7.2	Tulokset.....	10
8	ALLEKIRJOITUS.....	11

1 KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

1.1 Kohdetiedot ja tilaaja

Kohde ja tilaaja

Riihikallion koulu
Pellavamäentie 14
04320 TUUSULA

Tuusulan kunta/tilapalvelu
Rakennusmestari Pertti Elg
+358 40314 555
pertti.elg@tuusula.fi

Tutkimuksen toteutus

PH Ympäristötekniikka Oy
Puusepänkatu 5
13110 Hämeenlinna

Paula Helmi
Ympäristöinsinööri, amk
Sisäilmatutkija
+35850 468 8448
paula.helmi@phyt.fi

1.2 Toimeksiannon yleistiedot

Riihikallion koulun alakoulusiivessä on tehty kesän aikana lattioiden pintakosteusmittauksia ja viiltomittauksia. Samassa yhteydessä tutkittiin ruokasalin lattian rakennetta sekä pintakosteuksia ja viiltomittauksilla kosteuksia ruokasalin lisäksi pääoven aulasta ja ruokasalin käytävästä.

Luokassa on 57 on mitattu lattian rakennekosteutta porareikämenetelmällä ja tutkittu lattian rakennetta. Rakenneavauksessa havaittiin rakenteiden olevan kahden tiiviin muovikalvon välissä, jolloin rakenteisiin kulkeutunut kosteus ei pääse poistumaan rakenteista. Porareikämittausten perusteella kosteuspitoisuus on kohonnut 0...40 mm syvyydellä betonipinnasta ja syvemmällä rakenteissa kosteuspitoisuudet ovat normaalilla tasolla. On todennäköistä, että kosteus on kulkeutunut rakenteisiin luokkahuoneen kautta.

Useassa siiven luokassa on vaiheittain uusittu matot vanhojen poiston, lattian hionnan ja kapseloinnin jälkeen.

1.3 Tutkimuksen tavoite ja laajuus

Tutkimuksia on jatkettu olosuhdemittauksin, mineraalikituselvityksin, joita tehtiin myös koulun muissa osissa ja VOC-mittauksin. Mattonäytteiden oton yhteydessä on tehty havaintoja mattoliiman kunnosta ja maton alla olevasta hajusta.

Alakoulun siiven luokkien lisäksi on aloitettu tutkimukset luokissa 132 ja 135 sekä koulusihteerin huoneessa, joista saatu viestiä henkilökunnalta.

1.4 Valmistuneet tutkimukset ja mittaukset

Tutkimukset ja näytteenotot tehtiin 30.8. – 17.10.2017.

- VOC-määritys materiaalinäytteestä, 4 kpl
- VOC-määritys ilmanäytteestä, 4 kpl
- Teollisten mineraalikuitujen esiintyminen tuloilmakanavista, 4 kpl
- Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus, 2 kpl
- Pölyn koostumusmääritys tuloilmakanavista ja pintapölystä, 6 kpl
- Olosuhdemittaukset, 2 kpl

2 YHTEENVETO TUTKIMUKSISTA

Luokassa 68 hiilidioksidipitoisuudet pysyivät hyvin tavoitearvoissa. Luokassa 65 havaittiin kuormituksen aikana hiilidioksidipitoisuudessa nousua noin 1000 ppm:n tasolle, jolloin sisäilma saattaa tuntua tunkkaiselta. Asetuksen toimenpiderajat eivät kuitenkaan ylity. Luokkien lämpötilat ja suhteelliset kosteudet olivat vuodenajalle tyypilliset lukuun ottamatta syysloman aikaista lämpötilaa. Luokassa 65 se oli alle toimenpiderajan loman aikana.

Pölynkoostusmittauksissa havaittiin yleisesti pieniä määriä teollisia mineraalikuituja tuloilmakanavissa. Muualta koulun alueelta tutkittaessa havaittiin pieniä määriä kuituja luokissa 132, 137 ja 5. Tuloilmakanavissa havaittiin runsaasti karkeaa ulkoilmapölyä, joka voi viitata kanavien nuohoustarpeeseen. Huoneissa 37 ja 65 teollisten mineraalikuitujen pitoisuus kahden viikon laskeumassa täytti asetuksen vaatimukset.

Sisäilman VOC-pitoisuudet alakoulun siivessä olivat alhaiset.

Kolmessa alakoulun siivessä otettujen mattonäytteiden VOC-pitoisuudet ennen mattojen uusimisista sisälsivät suhteessa yli 10 % kokonais-VOC-pitoisuudesta 2-Etyyli-Heksanolia, joka voi olla peräiseän vaurioituneesta maton liimasta. Maton liima oli pistävän hajuinen. Luokassa 132 VOC-pitoisuus mattonäytteessä oli alhainen. Maton liima oli myös hyvässä kunnossa.

3 OLOSUHTEET

3.1 Yleistä tutkimuksesta

3.1.1 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 käyttäjän*

ulkopuolella ilmanvaihdon tulee olla sellainen, ettei rakennus- ja sisustus-materiaaleista 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.

3.1.2 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.*

3.1.3 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.

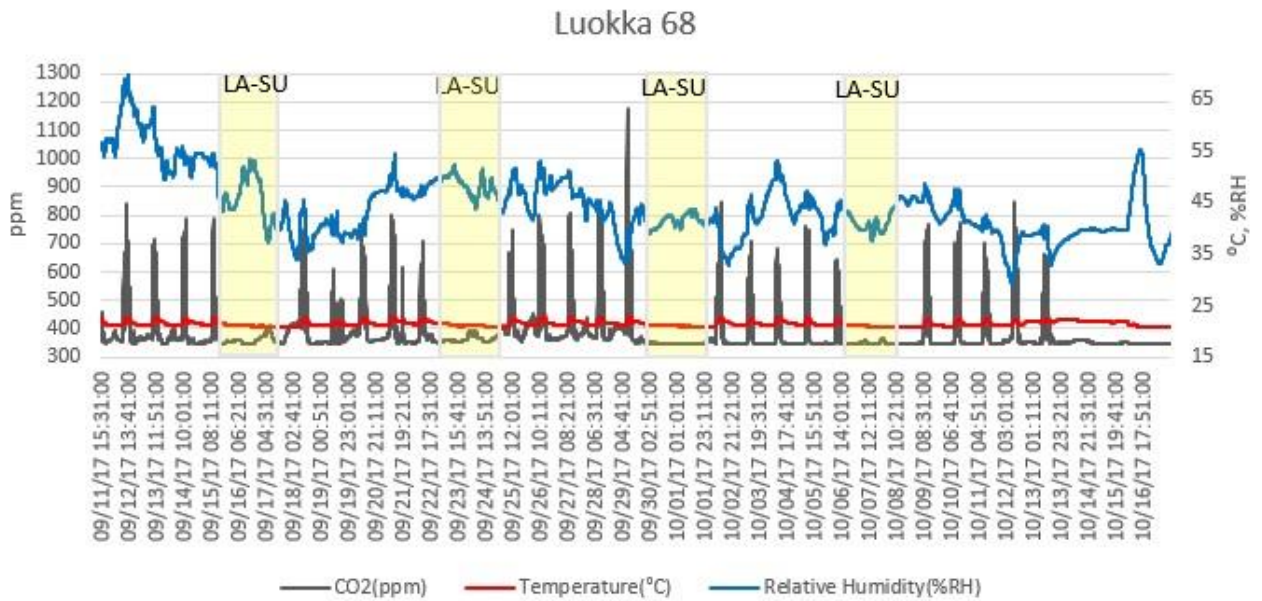
Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 5 §:

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

3.2 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.

3.3 Tulokset

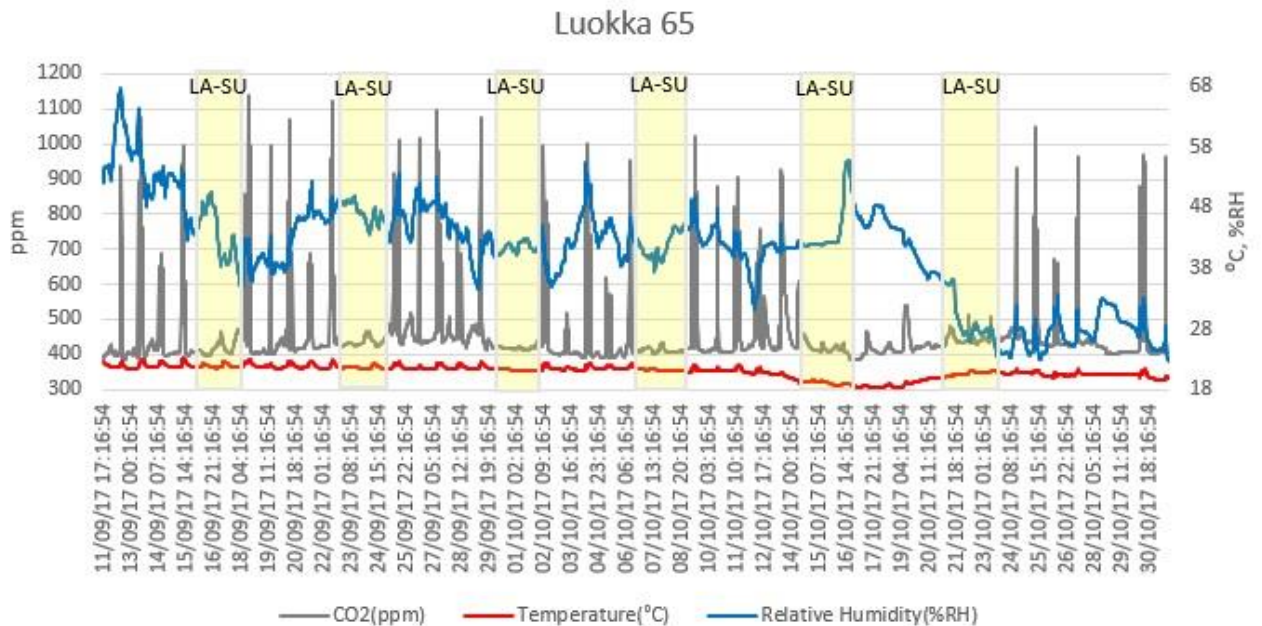


Kuva 1. Luokkahuoneen 68 olosuhteiden mittaukset 11.9. – 16.10.2017.

Taulukko 1. Luokkahuoneen olosuhteet minimi- ja maksimiarvot.

	Maks	Pvm	Klo	Min	Pvm	Klo	Ka
CO2 (ppm)	1173	29.9.2017	8.36	350	11.9.2017	18.11	384
Lämpötila (°C)	22,9	26.9.2017	18.11	20,8	8.10.2017	15.46	21,45
Suht. Kosteus (%RH)	69,9	12.9.2017	13.26	28,9	12.10.2017	8.01	44,3

Luokassa 68 hiilidioksidipitoisuudet olivat kuormituksenkin aikana noin 800 ppm. Lämpötilat ja ilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.



Kuva 2. Luokkahuoneen 65 olosuhteiden mittaukset 11.9. – 30.10.2017.

Taulukko 2. Luokkahuoneen olosuhteet minimi- ja maksimiarvot.

	Maks	Pvm	Klo	Min	Pvm	Klo	Ka
CO2 (ppm)	1137	18.9.2017	13.16	383	16.10.2017	22.16	449
Lämpötila (°C)	23,4	11.9.2017	15.16	18,3	17.10.2017	5.46	20,9
Suht. Kosteus (%RH)	67,6	12.9.2017	13.46	22,5	31.10.2017	16.46	40,8

Luokassa 65 hiilidioksidipitoisuudet nousivat kuormituksen aikana lyhytaikaisesti noin 1000 ppm:n tasolle. Asetuksen 545/2015 toimenpiderajat eivät ylity, mutta ilma saattaa tuntua tunkkaiselta kuormituksen aikana. Lämpötilat ovat olleet syysloman aikana noin 18 °C, joka on alle asetuksen minimiarvon 20 °C ja alittaa siten toimenpiderajan. Ilman suhteelliset kosteudet ovat olleet vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.

4 TEOLLISET MINERAALIKUIDUT

4.1 Yleistä tutkimuksesta

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

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

4.2 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/cm²).

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 545/2015 19 §:

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

4.2.1 Tulokset

Näytteet kerättiin 10.10. – 31.10.2017.

Taulukko 3. Mineraalikuitupitoisuudet kahden viikon aikana laskeutuneessa pölyssä.

	Teolliset mineraalikuidut pitoisuus >20 µm kuitua / cm ²
H 65	< 0,1
H 37	< 0,1

Tasopinnoille laskeutuneen pölyn teollisten mineraalikuitujen pitoisuudet alittavat asetuksen toimenpiderajan pitoisuuden.

4.3 Teollisten mineraalikulitujen esiintyminen tuloilmakanavissa

Näytteet on otettu 17.10.2017

Taulukko 4. Teollisten mineraalikulitujen esiintyminen tuloilmakanavissa.

Sijainti	Teollisten mineraalikulitujen esiintyminen tuloilmakanavan päässä
Luokka 05	Ei sisällä mineraalikulitua
Luokka 20	Sisältää vuorivillakuituja noin < 1 p-%
Luokka 132	Sisältää vuorivilla- ja lasivillakuituja noin < 1 p-%
Luokka 137	Sisältää lasikulitua noin <1 p-%

5 PÖLYNKOOSTUMUS

Pölyn koostumusta tutkitaan tuloilmakanavan päästä, 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 mineraalikulitujen esiintymistä tutkitaan myös tasopinnoille laskeutuneesta pölystä, jolloin voidaan muiden tutkimustulosten kanssa tehdä johtopäätöksiä pölyssä mahdollisesti esiintyvien mineraalikulitujen ja muiden partikkeleiden lähteistä.

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

- teolliset mineraalikulit (vuorivilla, lasivilla, lasikulit, keraamiset kuidut)
- kiviainespöly
- siitepöly
- rakennusmateriaalipöly
- metallihiukkaset
- asbestikulit
- 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.

5.1.1 Tulokset

Näytteet otettu 30.8.2017.

Taulukko 5. Pölyn koostumus tuloilmakanavien päissä, luokassa 68 myös tasopinnalta.

	Teollisia mineraalikuituja	Tavanomaista huonepölyä	Karkeaa ulkoilmapölyä	Orgaanista pölyä	Rakennusmateriaalipölyä
H 37	1 – 5 p-% lasi- ja vuorivilla	+++	+++		
Lk 61		+++	+++		
Lk 63	< 1 p-% lasikuitua	+++	+++		++
Lk 68	<1 p-% lasivillaa	+++	+++		+
Lk 69	< 1 p-% lasi- ja vuorivillaa	+++	+++	+	++
Lk 68, tasopinta		+++	+++		+

Tutkittujen näytteiden perusteella ilmanvaihtokanavissa havaittiin pieniä määriä kuituja. Luokan 68 tasopinnalla ei havaittu kuituja.

Karkean ulkoilmapölyn suhteellinen osuus kaikissa näytteissä korkea, joka voi viitata tuloilmakojeen suodattimien ohivuotoihin.

6 VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ

6.1 Yleistä tutkimuksesta

Sisäilmassa esiintyvien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärää tutkitaan keräämällä 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)

6.2 Tulokset

Sisäilman VOC-näytteet otettiin 11.9.2017.

Taulukko 6. VOC-ilmanäytteiden tulokset. Suluissa on 2-Etyyli-1-Heksanolin suhteellinen osuus kokonaispitoisuudesta.

Tila	Sisäilman TVOC-pitoisuus, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2-Etyyli-1-heksanoli $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Lk 61	25	1 (5%)
Lk 63	57	3,1 (6%)
Lk 57	69	3,8 (5%)
Lk 68	40	6,2 (16%)

Sisäilman VOC-pitoisuudet olivat tutkituissa luokissa alhaiset. 2-Etyyli-Heksanoli-pitoisuudet eivät olleet merkittäviä. Luokassa 68 se oli hieman suhteessa kohonnut, mutta kokonaispitoisuus oli hyvin alhaiset.

10.1.2017 tutkittiin VOC-pitoisuus luokassa 69, joka oli tuolloin $40,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 26.4.2017 tutkittiin VOC-pitoisuudet luokassa 65 ($6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja koulusihteerin huoneesta ($72 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

7 VOC-MITTAUKSET MATERIAALINÄYTTEISTÄ

7.1 Yleistä tutkimuksesta

Materiaalinäytteen VOC-pitoisuus ilmoitetaan yksikkönä $\mu\text{g}/(\text{g g})$. Näytteiden emissiot tutkitaan mikrokammion menetelmällä ja analysoidaan kaasukromatografisesti. Menetelmä ei ole kvantitatiivinen, vaan kertoo mitä aineita ja missä suhteessa niitä emittoituu koeolosuhteissa. Näyte otetaan muovimatosta leikkaamalla noin $10 \times 10 \text{ cm}$:n kokoinen pala mattoveitsellä siten, että alla olevaa liimaa saadaan myös näytteen mukaan. Näytteenoton yhteydessä tehdään havaintoja liiman laadusta ja maton kiinnityksestä, betonipinnan kosteudesta sekä hajuhavaintoja maton alla.

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

7.2 Tulokset

Taulukko 7. VOC-tulokset mattonäytteistä. 2-Etyyli-Heksanoli-pitoisuuden osuus kokonaispitoisuudesta on ilmoitettu suluissa.

Näyte otettu	Tila	Liiman kunto, haju	Pintakosteustaso Matto/betoni	Materiaalin VVOC-pitoisuus, $\mu\text{g}/(\text{m}^3 \text{ g})$	2-Etyyli-heksanoli, $\mu\text{g}/(\text{m}^3 \text{ g})$
30.8.2017	Lk 57	irti, pistävä haju	92/120	1356,6	216,7 (16%)
30.8.2017	Lk 61	kohtalainen, pistävä haju	97/120	820,5	211,5 (26 %)
11.9.2017	Lk 65	hyvä, pistävä haju	69/80	323,0	77,0 (24%)
	Lk 63	irti, pistävä haju	84/115		
17.10.2017	Lk 132	hyvä	45/51	654,03	21,2 (3%)

Näytteissä esiintyi yksittäisistä yhdisteistä suhteellisesti eniten 2-Etyyliheksanolia. Luokissa 57, 61 ja 65 suhteellinen osuus oli yli 10 % kokonaispitoisuudesta. Luokassa 132 ei 2-Etyyli-Heksanolin osuus oli alhainen.

24.3.2017 on tutkittu luokan 69 mattonäytteen VOC-pitoisuus, joka oli 110 µg/(m³ g). Näytteessä esiintyi 2-Etyyli-Heksanolia 17 % kokonais-VOC-pitoisuudesta.

8 ALLEKIRJOITUS

Hämeenlinnassa 9.11.2017

ph Ympäristötekniikka



Paula Helmi
Insinööri AMK, ympäristötekniikka
Sisäilmatutkija

Tutkimukset ja johtopäätökset perustuvat seuraaviin julkaisuihin:

- 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

LIITTEET:

Metropolilab, testausseoste 2017-20569
Metropolilab, testausseoste 2017-21724
Metropolilab, testausseoste 2017-21725
Metropolilab, testausseoste 2017-24840
AHA-LAB, Analyysivastaus 201709012466
AHA-LAB, Analyysivastaus 201710192996
AHA-LAB, Analyysivastaus 201711083257