

RAPORTTI
19.11.2018
SISÄILMATUTKIMUS



PAIJALAN KOULU
PAIJALANTIE 44
04300 TUUSULA

Sisällysluettelo

1	KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT	4
1.1	Kohdetiedot ja tilaaja	4
1.2	Yleistiedot.....	4
1.3	Tutkimuksen tavoite.....	4
1.4	Tutkimusten kulku	5
1.5	Valmistuneet tutkimukset ja mittaukset.....	5
2	YHTEENVETO TUTKIMUKSISTA.....	5
3	TOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	6
4	RAKENNUKSEN AISTINVARAINEN TARKASTUS	6
5	RAKENTEIDEN KOSTEUSKARTOITUS.....	7
5.1	Pintakosteusmittaus	7
5.2	Viiltomittaukset	9
6	OLOSUHTEET	10
6.1	Yleistä tutkimuksesta.....	10
6.1.1	Hiilidioksidi.....	10
6.1.2	Huoneilman lämpötila	10
6.1.3	Huoneilman suhteellinen kosteus.....	11
6.2	Tulokset.....	11
7	JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS.....	13
7.1	Painesuhteet, rakennus/ ulkoilma, tulokset.....	14
8	TEOLLISET MINERAALIKUIDUT, PITOISUUS.....	14
8.1	Tulokset.....	15
9	PÖLYNKOOSTUMUS	15
9.1	Tulokset.....	16
10	VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ.....	16
10.1	Tulokset.....	17
11	VOC-YHDISTEIDEN MÄÄRITYS MATERIAALINÄYTTEESTÄ	17
11.1	Tulokset.....	17
12	ILMAVUOTOJEN MÄÄRITYS MERKKIAINEKOKEELLA	18
12.1	Tutkimuksen laajuus ja tutkimusmenetelmät.....	18
12.2	Tulokset.....	19
13	MITTALAITTEISTO	26
14	ALLEKIRJOITUS.....	26



Lähde karttapaikka 3.9.2018.

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.
- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016, Ympäristöministeriö, Miia Pitkäranta
- 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:

AHA-LAB analyysiraportti 201808012964

AHA-LAB analyysiraportti 201808012965

MetropoliLab testauseloste 2018-17484

Ositum analyysivastaus 2724718

1 KOHTEEN JA TUTKIMUKSEN YLEISTIEDOT

1.1 Kohdetiedot ja tilaaja

Kohde ja tilaaja

Paijalan koulu
Paijalantie 44
04300 TUUSULA

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

Tutkimuksen toteutus

PH Ympäristötekniikka Oy
Paula Helmi
+35850 468 8448
paula.helmi@phyt.fi

Tutkijat

Paula Helmi, Insinööri, AMK, Ympäristötekniologia
Sisäilmatutkija
Ympäristönäytteenottaja, SYKE - 87
PH Ympäristötekniikka Oy

Meri Helmi, DI
Sisäilmatutkija
PH Ympäristötekniikka Oy

Pasi Tuuvananen, Insinööri YAMK, Korjausrakentaminen
Kuntotutkija
Rakennusterveysasiantuntija, VTT-C-23271-26-17
Rakenteiden kosteuden mittaaja, VTT-C-21806-24-16
Etelä-Suomen Rakennuskonsultit Oy

1.2 Yleistiedot

- Rakennuksia, 1 kpl
- Kerroksia, 1 kpl

Paijalan koululle on rakennettu vuonna 2006 liikuntasali ja rakennusta on laajennettu vuonna 2008 muun muassa ruokasalilla ja teknisen työn tiloilla. Vuonna 2016 on rakennusta laajennettu edelleen luokkatiloilla, jolloin opettajanhuone vanhemmassa osassa muutettiin luokkatiloiksi.

1.3 Tutkimuksen tavoite

Paijalan koulussa on tehty terveydensuojeluvalvonnan viranomaistarkastus 27.3.2018, jonka tarkastuspöytäkirja on toimitettu 11.4.2018. Tarkastus on ollut Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen terveystarkastuksen valvontasuunnitelman mukainen ja perustui terveydensuojelulakiin.

Tavoitteena oli tehdä tutkimukset, joista on kirjattu toimenpidekehotukset viranomaistarkastuksen pöytäkirjassa. Kohteet ovat 2006 ja 2008 rakennetuissa koulun osissa sekä 2008 ja 2016 rakennusten liittymäkohdissa.

Keskiuudenmaan Ympäristökeskus on antanut tarkastuspöytäkirjassa seuraavat sisäilman laatuun liittyvät toimenpidekehotukset, joiden määräaika on 30.8.2018:

1. Paijalan koulun vanhemman puolen, erityisesti luokan 62 sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä tulee selvittää. Onko rakenteissa tai laitteissa sellaisia tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa tiloissa oleskeleville terveyshaittaa.
2. Selvityksessä tulee huomioida myös luokat 29, 56, 61 ja 38/68.
3. Selvityksessä tulee katselmoida rakenneosien kunto (ylä- ja alapohja, seinät), muovimaton kunto ja tarvittaessa kosteusmittaukset
4. Selvityksessä tulee huomioida ilmanvaihdon tasapaino, ja mahdolliset ilmapuodot rakenteista
5. Sisäilma/kuntotutkijan tulee ottaa riskiperusteisesti kantaa tarvittaviin tutkimuksiin tai näytteisiin, joilla on mahdollista terveyshaitta ja sen syytä lähdetään selvittämään.

1.4 Tutkimusten kulku

Tallentavat olosuhde- ja painesuhdemittaukset ulkoilmaan nähden sekä alustavat visuaaliset havainnot tehtiin toukokuussa koulutyön aikana. Kesäkuussa otettiin mineraalikuitulaskeumanäytteet ja tuloilmakanavien päistä pölynkoostumusnäytteet. Heinäkuussa suoritettiin pintakosteuskartoitus ja katselmoitiin rakenneosien ja muovimaton kunto. Pintakosteuskartoituksen ja koira-avusteisen kosteusvauriokartoituksen (Tmi Home-etsivä raportti 13.6.2018) perusteella tehtiin viiltomittauksia sekä mattonäytteiden VOC-tutkimuksia.

Koulun ilmapuotopaikkoja määritettiin merkkikaasulla (SF6) rakennuksen normaalissa painesuhhteessa eri rakennusvaiheiden liittymäkohdissa.

1.5 Valmistuneet tutkimukset ja mittaukset

Sisäilmatutkimukset ja näytteenotot tehtiin 9.5.2018 – 10.8.2018. Merkkikaasukokeiden kenttätutkimukset tehtiin 4.10.2018.

- Aistinvarainen tarkastus
- Pintakosteuskartoitus
- Viiltomittaukset 7 kpl: LK4, 38, 55, 61, 62, 56, käytävä
- Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus laskeumanäytteestä 4 kpl: LK38, 55, 62, 56
- Pölyn koostumus tuloilmakanavissa 6 kpl: LK4, 38, 55, 61, 62, 56
- Sisäilman VOC-määritys 5 kpl: LK 4, 38, 55, 61, 62
- Materiaalinäytteen VOC-määritys 5 kpl: LK 4, 61, 62, 65, 68
- Painesuhdemittaukset, 2 kpl
- Olosuhdemittaukset, 4 kpl
- Rakenneosien katselmointi
- Merkkikaasututkimukset

2 YHTEENVETO TUTKIMUKSISTA

Sisäilmatutkimuksissa havaittiin luokkahuoneiden lämpötilojen ajoittain nousevan korkeiksi, kun ulkona oli hellelämpötilat. Suurin yksittäinen lämpötila oli 31 °C. Hiilidioksidipitoisuudet täyttivät mittausaikana asetuksen 545/2015 vaatimukset.

Teollisten mineraalikulitujen pitoisuudet sekä sisäilman VOC-pitoisuudet täyttivät asetuksen vaatimukset.

Luokan 61 mattonäytteessä havaittiin yksittäisistä yhdisteistä suhteessa eniten 2-Etyyli-Heksanolia, jota oli 28 % kokonaispitoisuudesta. Tutkituissa mattonäytteissä havaittiin suhteessa muihin yhdisteisiin merkittävä määrä (1-metyylipentyyli)syklopropania ja 6-metyyli-1-oktanolia.

Tuloilmakanavista otetuissa pölyn koostumusnäytteissä havaittiin korkea suhteellinen osuus kärkeää ulkoilmapölyä, joka voi viitata ilmanvaihtokanaviston huoltotarpeeseen.

Painesuhteet itäpuolen luokassa olivat ylipaineiset, kun taas länsipuolen luokassa vallitsi alipaine.

Merkkiainetestin perusteella vuotopaikkoja havaittiin rikkoutuneiden lattiamattojen, avautuneiden mattosaumojen ja sähkökaapin alapohjan läpivientien kautta.

3 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Suosittelaa jatkotutkimuksia oireilujen lähteen selvittämiseksi rakenneavauksin. Rakenteiden merkkiainetutkimuksin suositellaan selvitettäväksi mahdolliset epätiiveyskohdat rakenteissa.

Suosittelaa ilmanvaihdon tasapainottamista ja tarvittaessa selvittämään yöaikana havaitun noin 10 Pa:n alipaineen vaikutukset sisäilman laatuun.

Suosittelaa musiikkiluokan lattiapinnoitteen uusimista tarvittavine toimenpiteineen.

4 RAKENNUKSEN AISTINVARAINEN TARKASTUS

Rakennuksen aistinvaraista kartoitusta tehtiin kenttätöiden yhteydessä. Perusteellinen visuaalinen kartoitus suoritettiin 30.7.2018.

Kartoituksessa tarkastettiin vanhat, korjatut katto- ja putkivuotokohdat IV-konehuoneesta sekä teknisen työn luokassa aiemmin ilmennyt ja korjattu vesivuotokohta. Sulanut lumi oli IV-konehuoneessa valunut lattialle ja seinään talvella 2018 rajun lumimyräkän seurauksena ja vesi oli kulkeutunut teknisen työn tilaan. Vesi pumpattiin huoltomiehen kertoman mukaan pois IV-konehuoneesta ja lattia kuivattiin. IV-laitteita ei irrotettu tai siirretty kuivauksen ajaksi. Lattialla ja seinustalla ollut vesi oli valunut IV-konehuoneesta alakerran teknisen työn luokkaan. Teknisen työn tilassa veden määrä lattialla oli vähäinen ja saatiin kuivattua pyyhkeellä. Teknisen työn luokan kattopalkkiin on tehty vahingon selvittämisen yhteydessä tarkastusluukku. Lisäksi vesikatolle asennettiin säleikkö estämään lumen pääsyä tuloilmakanaviin. IV-konehuoneessa havaittiin muovimatossa kuivuneita lätköitä, mutta kosteusvaurion jälkiä ei havaittu. Vesi ei ole aiheuttanut teknisen työn luokassa vaurioita. Korjaustoimenpiteet havaittiin visuaalisesti katsottuna riittäviksi. Teknisen työn luokassa kattopalkissa havaittiin halkeama.

Tarkastettiin alakattolevyjen yläpuolella kulkevien käyttövesiputkien tulppaukset liikuntasalin ulkopuolella olevalla käytävällä ja luokan 62 ulkopuolella olevalla käytävällä. Alakattolevyjen pinoilla ei havaittu kosteusjälkiä eikä vuotoja. Putkien kierretulppien pitävyys tarkastettiin, eikä niissä havaittu vuotoja. Liitoskohdissa ja kierretulppien kohdissa putkien ympäristössä oli vain kuivaa pölyä/rakennuspölyä.

Lisäksi tarkastettiin vanhan opettajanhuoneen (38/68) sekä liikuntasalin ja ruokalan rakenteiden liitoskohdan kunto visuaalisesti. Maton halkeamia havaittiin muun muassa liitoskohdissa ja maton nostoissa.

Heinäkuussa kenttätöiden aikana sisäilman lämpötila oli 28 ° C. Ilma tuntui tunkkaiselta ja ilman suhteellinen kosteus oli noin 70 %RH.

5 RAKENTEIDEN KOSTEUSKARTOITUS

5.1 Pintakosteusmittaus

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

Rakennusten lattiapintojen pintakosteustasot kartoitettiin kauttaaltaan. Kuvissa 1, 2 ja 3 on kuvattu lattioiden pintakosteustasot. Kuviiin on myös merkitty myös näytteiden ottokohdat. Kuvassa 4 on kokonaiskuva pintakosteustasoista koululla.



Kuva 1. Pintakosteudet ja näytteenottoapaikat eteläsiipi



Kuva 2. Pintakosteudet ja näyttöpaikat ruokasali ja luokka 4.



Kuva 3. Pintakosteudet liikuntasalin käytävä, varasto, pukukopit, suihkutilat.



Kuva 4. Koko tutkitun alueen pintakosteudet.

Kuvissa esiintyvien merkintöjen selitykset:

- K = Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus laskeumanäytteessä
- P = pölyn koostumus tuloilmakanavan päässä
- VM = viiltomittaus
- FLEC = Materiaalin VOC-yhdisteet
- VOC = Sisäilman VOC-yhdisteet
- OS = Olosuhdemittaukset
- PE = Painesuhdemittaukset

5.2 Viiltomittaukset

Viiltomittauksella voidaan selvittää liimattavan lattiapäällysteen, kuten muovi- ja linoleumimaton alapintaan ja liimakerrokseen kohdistuva todellinen kosteusrasitus. Viiltomittauksessa tehdään viilto lattiapäällysteeseen tutkittavalle kohdalle.

Viilton 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.

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

Liiman kiinnitys arvioitiin asteikolla hyvä – tyydyttävä – heikko – irti.

Viiltomittaukset tehtiin 30.7.2018 osaan luokista, mutta lattialämpötilan ollessa liian korkea (yli 25 ° C), päädyttiin siirtämään viiltomittaukset myöhempään ajankohtaan.

Viiltomittauksia tehtiin 7.8.2018 luokkiin 4, 55, 61, 62, 38, 68 ja käytävälle inva-WC:n eteen. Tällöin sisäilman lämpötila oli mittauksiin suosituslämpötilassa, 20,4 astetta.

Alla olevassa taulukossa 1. on esitetty viiltomittauksen tulokset.

Taulukko 1. Viiltomittausten tulokset

Mittapiste	Luokka	Lämpötila ° C	Suht. kosteus, %RH	Kosteussisältö g/m ³	Liiman kiinnitys
VM 1	LK 4	20,9	72,7	13,30	tydyttävä
VM 2	LK 38	22,3	58,0	11,46	tydyttävä
VM 3	LK 68	21,5	53,1	10,05	tydyttävä
VM 4	LK 55	21,6	64,3	12,21	tydyttävä
VM 5	LK 61	22,4	87,5	17,38	irti
VM 6	LK 62	21,4	69,5	11,19	hyvä
VM 7	Käytävä	22,8	64,8	13,21	hyvä
Sisäilma		20,4	55,5	9,83	

Luokan 4 viiltomittauksessa liiman kiinnitys tyydyttävä, liima ok, haju melko voimakas

Luokan 38 viiltomittauksessa liiman kiinnitys tyydyttävä, liima ok, ei hajua

Luokan 68 viiltomittauksessa liiman kiinnitys oli tyydyttävä, liima ok, ei hajua

Luokan 55 viiltomittauksessa liiman kiinnitys oli tyydyttävä, liima ok, ei hajua

Luokan 61 viiltomittauksessa liiman kiinnitys oli irti, liiman haju melko voimakas

Luokan 62 viiltomittauksessa liiman kiinnitys oli hyvä, liima ok, ei hajua

Käytävän (invavessan edestä) viiltomittauksessa liiman kiinnitys oli hyvä, liima ok, lievä haju

6 OLOSUHTEET

6.1 Yleistä tutkimuksesta

6.1.1 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 sisustusmateriaaleista tai muista lähteistä vapautuvien ja kulkeutuvien epäpuhtauksien kertyminen sisäilmaan aiheuta käyttöaikana tiloissa oleskeleville terveyshaittaa.*

6.1.2 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.*

6.1.3 Huoneilman suhteellinen kosteus

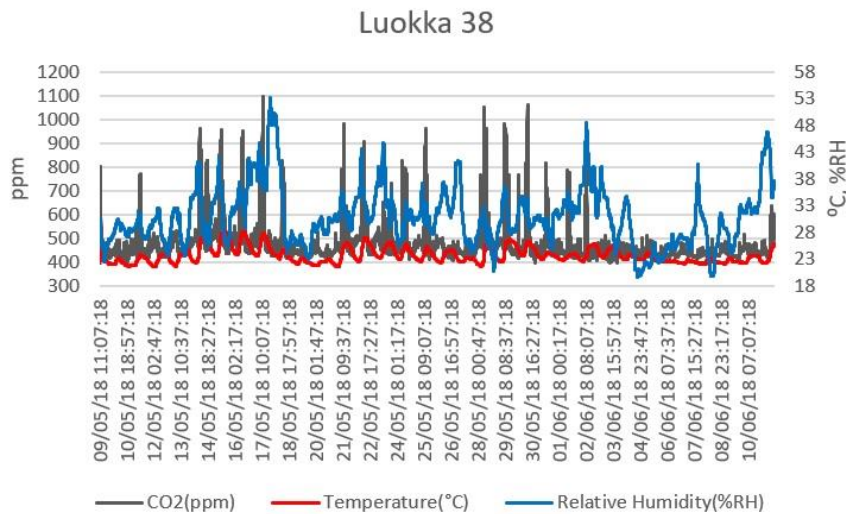
Huoneilman suhteellinen kosteus tulisi olla noin 20 – 60 %, jonka saavuttaminen ei läheskään aina ole mahdollista ilmastollisista syistä. Suomessa ilma on talvella lähes aina kuivaa. Näistä arvoista poikkeamista ei voida kuitenkaan pitää terveyshaitana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät.

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.*

6.2 Tulokset

Olosuhdemittaukset tehtiin koulutyön aikana 9.5 – 10.6.2018. Lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidipitoisuutta mitattiin tallentavalla mittarilla, jonka mittaussyklinä oli 30 minuuttia.



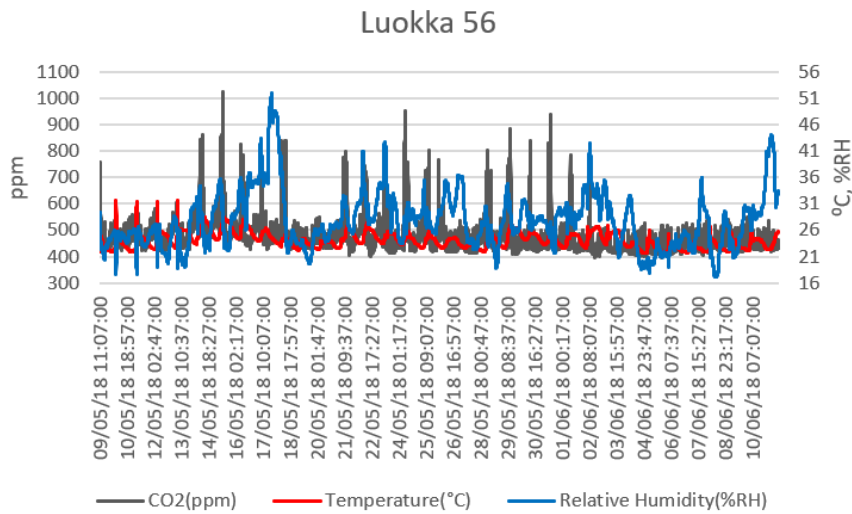
Kuva 5. Olosuhteet luokassa 38 9.5 – 10.6.2018 välisenä aikana.

Taulukko 2. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 38.

	Maks	Pvm	Aika	Min	Pvm	Aika	Ka
CO2 (ppm)	1095	17.5.2018	11:12	394	3.6.2018	11:12	469
Lämpötila(°C)	28,3	15.5.2018	13:52	21,6	10.5.2018	20:42	23,7
Suht. kosteus(%RH)	53,1	17.05.2018	20:02	19,7	4.6.2018	20:42	30,8

Luokan 38 hiilidioksidipitoisuus on ollut kuormituksen aikana lyhytaikaisesti noin 1000 – 1100 ppm. Asetuksen 545/2015 toimenpiderajat eivät ylity, kun ottaa huomioon ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden. Ilma saattaa tuntua kuormituksen aikana tunkkaiselta. Korkein mitattu lämpötila oli 15.5.2018

kello 13:52, jolloin ulkoilman lämpötila oli 29 ° C. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.

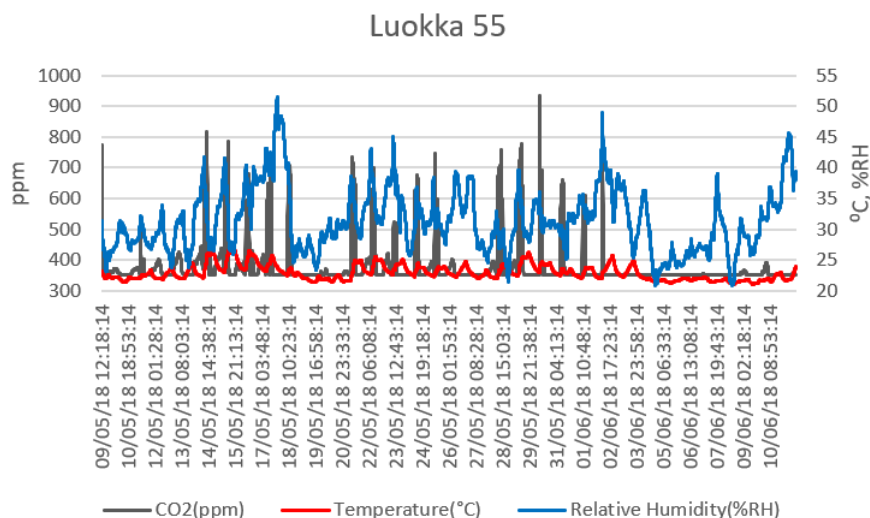


Kuva 6. Olosuhteet luokassa 56 9.5 – 10.6.2018 välisenä aikana.

Taulukko 3. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 56.

	Maks	Pvm	Aika	Min	Pvm	Aika	Ka
CO2 (ppm)	1023	15.5.2018	10:57	396	5.6.2018	20:02	466
Lämpötila(°C)	31,7	10.5.2018	6:22	21,7	4.6.2018	23:07	24,1
Suht. kosteus(%RH)	52	17.5.2018	20:00	17,1	8.6.2018	13:02	27,8

Luokan 56 hiilidioksidipitoisuus on ollut kuormituksen aikana lyhytaikaisesti noin 700 - 1000 ppm. Asetuksen 545/2015 toimenpiderajat eivät ylity, kun ottaa huomioon ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden. Korkein mitattu lämpötila oli 10.5.2018 kello 6:22, jolloin ulkoilman lämpötila oli yön jälkeen 7 ° C. Edellisinä päivinä ulkolämpötila oli ollut korkeimmillaan 16 ° C. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.

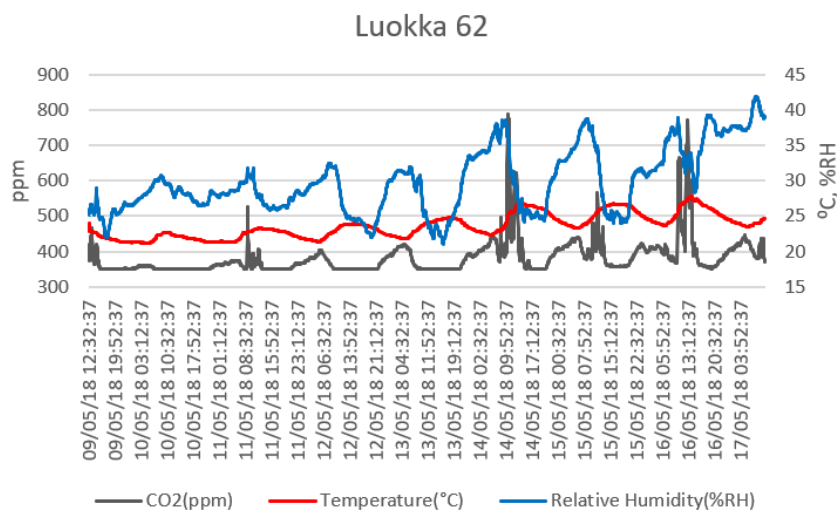


Kuva 7. Olosuhteet luokassa 55 9.5 – 10.6.2018 välisenä aikana.

Taulukko 4. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 55.

	Maks	Pvm	Aika	Min	Pvm	Aika	Ka
CO2 (ppm)	935	30.5.2018	9:48	350	10.5.2018	9:58	373
Lämpötila(°C)	26,5	15.5.2018	19:48	21,1	8.6.2018	13:23	22,9
Suht. kosteus(%RH)	51.5	17.5.2018	21:03	20,8	4.6.2018	21:48	31,4

Luokan 55 hiilidioksidipitoisuus täyttää myös kuormituksen aikana asetuksen 545/2015 toimenpiderajat, kun ottaa huomioon ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden. Korkein mitattu lämpötila oli 15.5.2018 kello 19:48, jolloin ulkoilman lämpötila oli 26 ° C. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.



Kuva 8. Olosuhteet luokassa 62 9.5 – 17.5.2018 välisenä aikana.

Taulukko 5. Minimi- ja maksimiarvot luokassa 62.

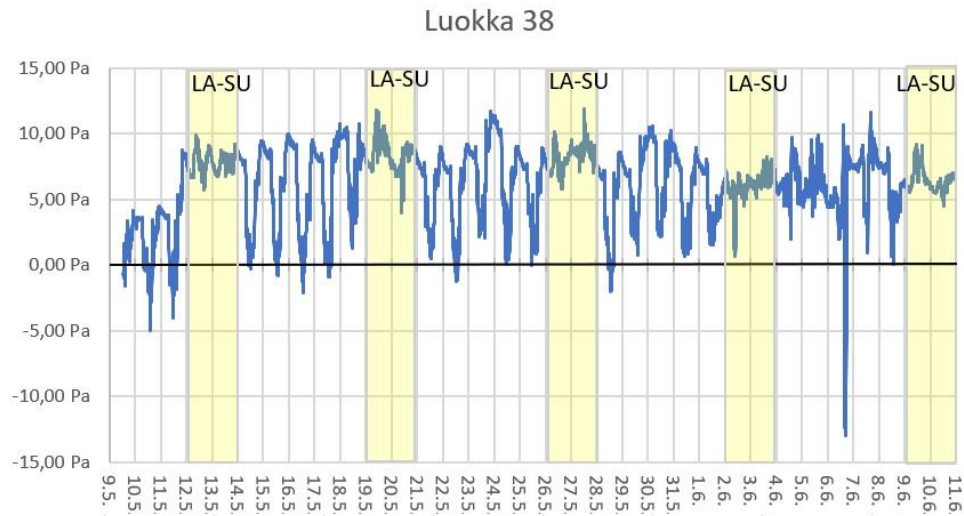
	Maks	Pvm	Aika	Min	Pvm	Aika	Ka
CO2 (ppm)	789	14.5.2018	10:22	350	09/05/18	15:52	382
Lämpötila(°C)	27,8	16.5.2018	14:02	21,2	10.5.2018	0:42	23,6
Suht. kosteus(%RH)	43,8	9.5.2018	12:27	21	13.5.2001	16:12	29,9

Luokan 62 hiilidioksidipitoisuus täyttää myös kuormituksen aikana asetuksen 545/2015 toimenpiderajat, kun ottaa huomioon ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden. Korkein mitattu lämpötila oli 16.5.2018 kello 14:02, jolloin ulkoilman lämpötila oli 25 ° C. Sisäilman suhteelliset kosteudet olivat vuodenaikaan nähden tyypillisellä tasolla.

7 JATKUVATOIMINEN PAINE-EROMITTAUS

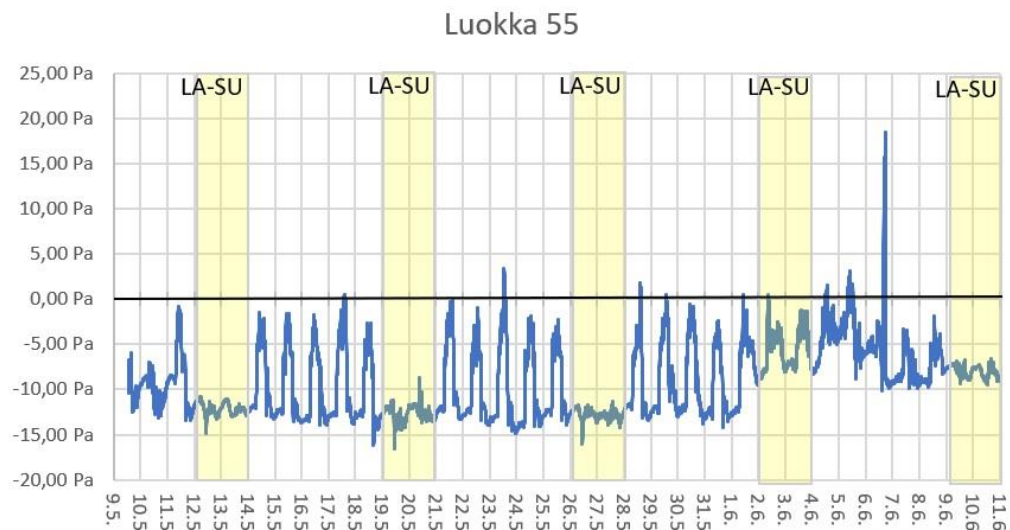
Koululla suoritettiin jatkuvatoimiset tallentavat paine-eromittaukset, joiden tarkoituksena oli selvittää tilojen paine-eroa ulkoilmaan nähden. Mittaukset tehtiin viiden minuutin sykliä käyttäen.

7.1 Painesuhteet, rakennus/ ulkoilma, tulokset



Kuva 9. Paine-eromittaukset luokassa 38 ulkoilmaan nähden 9.5 – 11.6.2018 välisenä aikana.

Luokassa 38 vallitsi koulupäivän aikana lievä ylipaine, joka nousi ilta- ja yöaikaan lähes 10 Pa:n ylipaineeksi. Viikonlopun aikana luokahuoneessa vallitsi 5 – 10 Pa:n ylipaine.



Kuva 10. Paine-eromittaukset luokassa 55 ulkoilmaan nähden 9.5 – 11.6.2018 välisenä aikana.

Luokassa 55 vallitsi koulupäivän aikana lievä alipaine, joka kasvoi ilta- ja yöaikaan lähes 15 Pa:n alipaineeksi. Viikonlopun aikana luokahuoneessa vallitsi yli 10 Pa:n alipaine.

8 TEOLLISET MINERAALIKUIDUT, PITOISUUS

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

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.*

8.1 Tulokset

Laskeumanäytteet kerättiin 11.6.2018 - 25.6.2018 luokista 38, 55, 56 ja 62. Alla olevassa taulukossa on esitetty laskeumanäytteiden tulokset.

Taulukko 6. Mineraalikuitupitoisuudet kahden viikon aikana laskeutuneessa pölyssä.

	Teolliset mineraalikuidut pitoisuus >20 µm kuitua / cm ²
LK 38 (K1)	0,1
LK 55 (K2)	0,1
LK 62 (K3)	<0,1
LK 56 (K4)	<0,1

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuudet näytteissä täyttivät asetuksen toimenpiderajavaatimukset.

9 PÖLYNKOOSTUMUS

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

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

- teolliset mineraalikuidut (vuorivilla, lasivilla, lasikuidut, keraamiset kuidut)
- kiviainespöly
- siitepöly
- rakennusmateriaalipöly
- metallihiukkaset
- asbestikuidut
- homeitiöt

Näytteessä havaittujen pölyhiukkasten suhteellista määrää arvioidaan kolmiasteisella asteikolla perustuen silmä määräiseen 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 Tulokset

Näytteet pölynkoostumustutkimuksiin otettiin 7.8.2018 tuloilmakanavien päistä.

Taulukko 7. Pölyn koostumus tuloilmakanavien päissä

	Teollisia mineraalikuuituja	Tavanomaista huonepölyä	Karkeaa ulkoilmapölyä	Orgaanista pölyä	Homeitiöitä
LK 4 (PK1)	<1 p-% lasikuitua	+++	+++		Ei havaittu
LK 38 (PK2)	<1 p-% lasivillaa, vuorivillaa	+	+++		Ei havaittu
LK 55 (PK3)	< 1 p-% lasivillaa, lasikuitua		+++		Ei havaittu
LK 61 (PK4)	< 1 p-% vuorivillaa	+++	+++	+	Ei havaittu
LK 62 (PK5)	< 1 p-% lasivillaa	+++	+++	+	Ei havaittu
LK 56 (PK6)	<1 p-% lasikuitua		+++		Ei havaittu

Karkean ulkoilmapölyn suhteellinen osuus on kaikissa näytteissä korkea, joka voi viitata muun muassa tuloilmakojeen suodattimien vaihtotarpeeseen.

Tavanomaisen huonepölyn suhteellinen osuus oli korkea luokissa 4, 61 ja 62. Tavanomainen huonepöly on pääasiassa tekstiili-, hilse- ja paperikuitupölyä.

Näytteissä havaittiin hyvin vähäisiä määriä teollisia mineraalikuuituja.

10 VOC-MITTAUKSET SISÄILMANÄYTTEISTÄ

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 µg/m³. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m³.*

- 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)

10.1 Tulokset

VOC-näytteet otettiin 7.8.2018 luokista 4, 38, 55, 61 ja 62.

Taulukko 8. VOC-ilmanäytteiden tulokset

Tila	Sisäilman TVOC-pitoisuus, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2-Etyyli-1-heksanoli $\mu\text{g}/\text{m}^3$
LK 4 (VOC1)	27	1,4 (5%)
LK 38 (VOC2)	14	<1
LK 55 (VOC3)	43	<1
LK 61 (VOC4)	21	2,9 (14%)
LK 62 (VOC5)	19	1,9 (10%)

Kokonais-VOC-pitoisuudet täyttivät asetuksen toimenpiderajavaatimukset, kuten myös yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet näytteissä.

Luokissa 61 ja 62 2-Etyyli-Heksanolin pitoisuus oli hyvin pieni. Suhteellinen osuus oli näytteissä 14 % ja 10 %.

11 VOC-YHDISTEIDEN MÄÄRITYS MATERIAALINÄYTTEESTÄ

Materiaalinäytteen VOC-pitoisuus ilmoitetaan yksikkönä $\text{ng}/(\text{g h})$. 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 hajuhavainnoja maton alla.

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

11.1 Tulokset

Materiaalin VOC-pitoisuusnäytteitä otettiin 7.8.2018 luokista 4, 61, 62, 65 ja 68.

Taulukko 9. VOC-tulokset mattonäytteestä. Taulukkoon on merkitty yksittäiset yhdisteet, joiden suhteellinen osuus kokonais-VOC-pitoisuudesta on yli 10%.

Tila	Materiaalin VVOC-pitoisuus, ng/(g h)	2-Etyyli-heksanoli, ng/(g h)	(1-metyylipentyyli)syklopropani ng/(g h)	6-metyyli-1-oktanoli ng/(g h)
LK 4 (FLEC1)	340		144 (42%)	51 (15%)
LK 68 (FLEC2)	430		153 (36%)	53 (12%)
LK 61 (FLEC3)	2200	625 (28%)	565 (26%)	
LK 65 (FLEC4)	210		31 (15%)	24 (12%)
LK 62 (FLEC5)	520		170 (33%)	60 (11%)

Kaikissa näytteissä havaittiin (1-metyylipentyyli)syklopropania, jonka pitoisuus ylitti 10% kokonais-VOC-pitoisuudesta ja laboratorion tilastoaineiston mediaanin. Näytteissä havaittiin myös 6-metyyli-1-oktanolia.

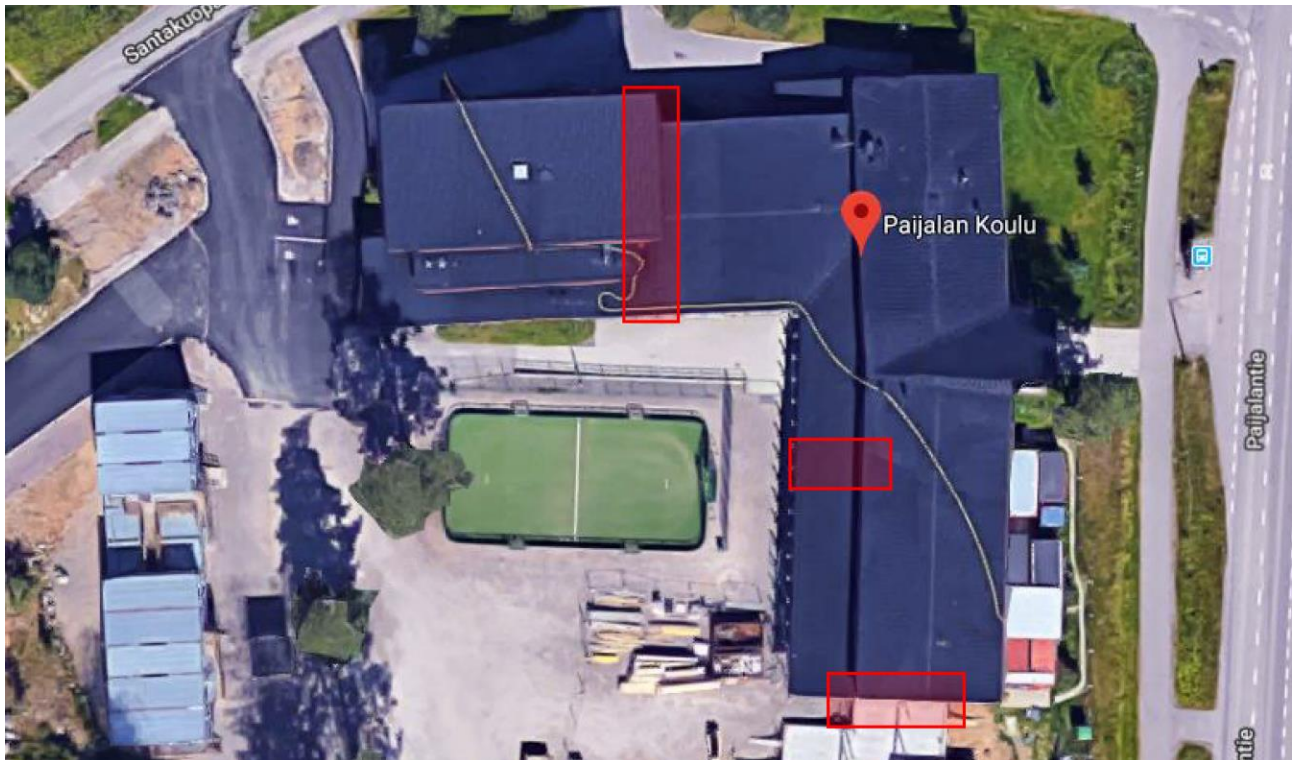
Luokasta 61 otetussa näytteessä havaittiin 2-etyyliheksanolia, jota oli 28 % kokonais-VOC-pitoisuudesta. 2-etyyliheksanoli on mahdollista kosteus- ja mikrobivauriota ilmaiseva yhdiste. Sitä voi johtua huoneilmaan myös kosteuden vaurioittamista muovimatoista.

12 ILMAVUOTOJEN MÄÄRITYS MERKKIAINEKOKEELLA

12.1 Tutkimuksen laajuus ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen kohteena on Paijalan uuden koulun eri rakennusvaiheiden liittymäkohdat. Tutkimuksessa määritettiin liittymäkohtien sisäilman ja tuulettuvan alapohjan väliset ilmavuotopaikat rikkiheksafluoridikaasua (SF6) ja SF6-kaasutunnistinta apuna käyttäen. Kenttätutkimuksissa toinen tutkijoista laski merkkikaasua tuulettuvasta alapohjasta liittymäkohtaan sekä läpivienteihin. Samaan aikaan toinen tutkija määritteli sisätilassa mahdolliset vuotopaikat kaasutunnistimen kanssa.

Tutkimushetkellä sisäilman paine-ero suhteessa tuulettuvaan alapohjaan oli varastohuoneen huoltoluukun kautta mitattuna -2 Pa. Paine-eromittaus suoritettiin pistokoeluoontoisesti yhden minuutin ajan asentamalla mittausputki alapohjaan suljetun huoltoluukun sauman kautta.



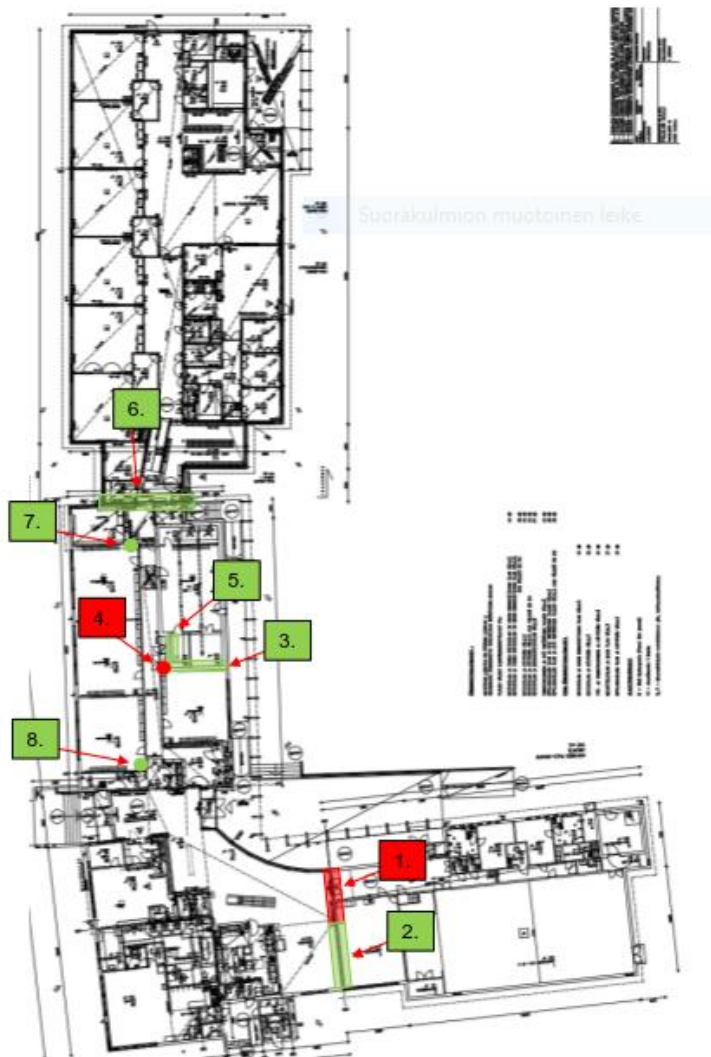
Kuva 12. Tutkittavat alueet on merkitty punaisella varjostuksella.

12.2 Tulokset

Koulun ilmavuotopaikat määritettiin merkkikaasulla rakennuksen normaalissa painesuhteessa. Merkkikaasuna kokeessa käytettiin alapohjan vuotomäärityksissä rikkiheksafluoridi-kaasua (SF6). Merkkikaasukokeet suoritettiin rakennuksen alapohjarakenteille pistokoeluontoisesti eri rakennusvaiheiden liitoskohdille ja VSS:n liitoskohdalle. Merkkiainekokeet suoritettiin RT-kortin ”RT 14-11197, Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein” ohjeistusta mukailten.

Taulukko 10. Merkkiainetutkimus rakennuksen sisäilman ja tuulettuvan ryömintätilan välillä.

NMR	TILA	RAKENNE	ILMAVUODOT MERKKIAINEKAASULLA
1	Ruokala, osa 1	Alapohja	Vahva viite vuodosta vaurioiden kautta.
2	Ruokala, osa 2	Alapohja	Ei viitettä vuodosta rajapinnassa.
3	Luokka 55, 2A	Alapohja	Ei viitettä vuodosta rajapinnassa.
4	Sähkökeskus- kaappi	Alapohja	Vahva viite vuodosta läpivientien kautta
5	ATK-keskus- kaappi	Alapohja	Ei viitettä vuodosta rajapinnassa.
6	Käytävä ja luokka 65	Alapohja	Ei viitettä vuodosta rajapinnassa.
7	Luokka 62, 1a	Alapohja	Ei viitettä vuodosta viemärin läpiviennistä.
8	Luokka 56	Alapohja	Ei viitettä vuodosta viemärin läpiviennistä.

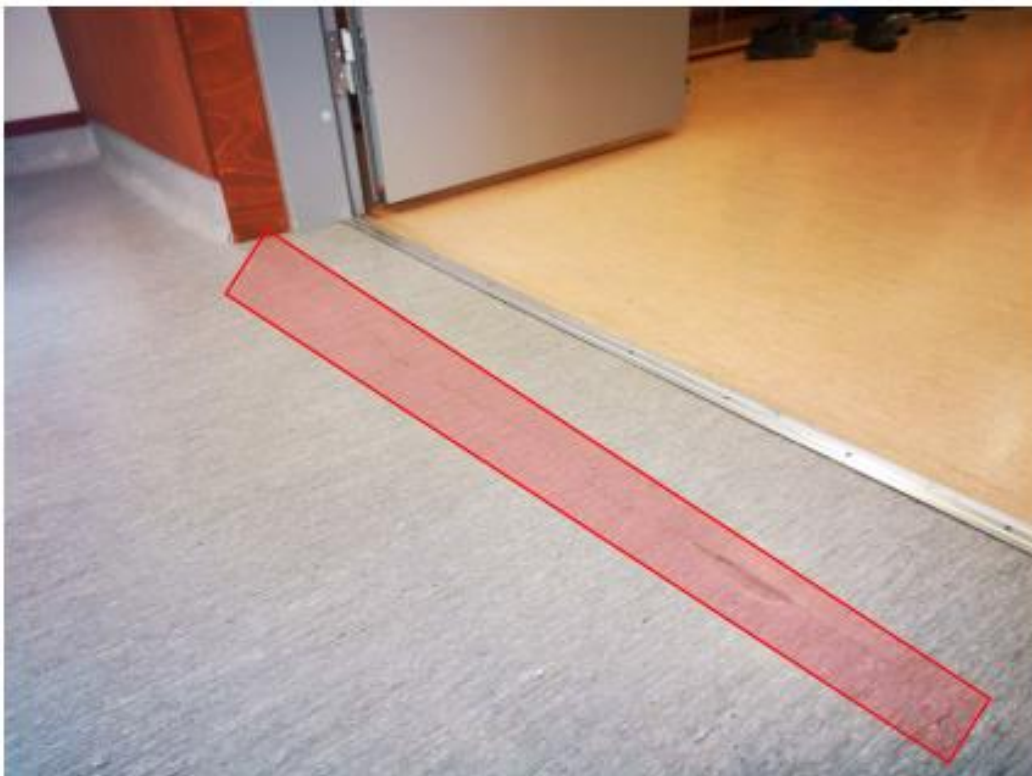


Kuva 13. Merkkiainetutkimuksen kohdat.

Merkkiainetestin perusteella vuotoaikoja havaittiin ruokalassa rakenneosien liitoskohdassa rikkoutuneiden lattiamattojen kautta. Vuotoaikoja havaittiin myös avautuneiden mattosaumojen sekä sähkökaapin alapohjan läpivientien kautta.



Kuva 14. Ilmavuotoja havaittiin avautuneiden mattosaumojen kautta.



Kuva 15. Ilmavuotoja havaittiin rikkoutuneiden lattiamattojen kautta.



Kuva 16. Ilmavuotoja havaittiin avautuneiden mattosaumojen kautta.



Kuva 17. Ilmavuotoja havaittiin avautuneiden mattosaumojen kautta.



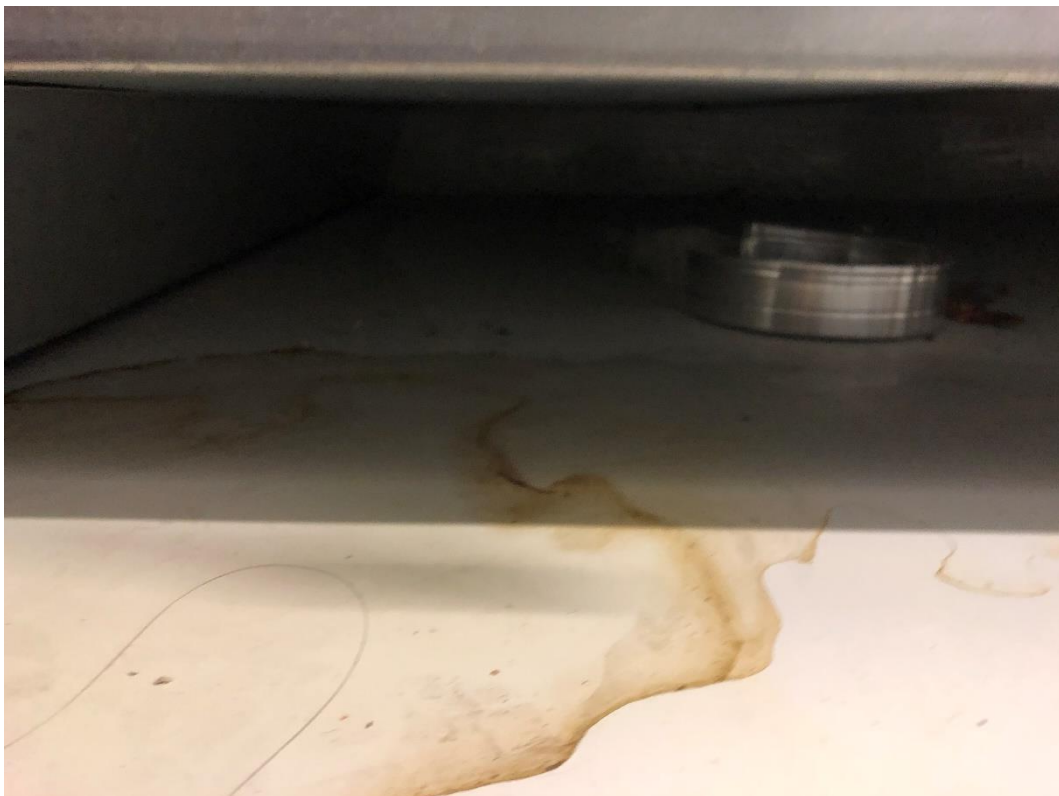
Kuva 18. Ilmavuotoja havaittiin alapohjan läpivientien kautta.



Kuva 19. Teknisen työn luokan seinässä havaittiin halkeama.



Kuva 20. Teknisen työn luokkaan asennettu tarkastusluukku.



Kuva 21. IV-konehuoneen lattiassa kuivunut lätkä.



Kuva 22. Alakattolevyjen yläpuolella liikuntasalin kohdalla ei havaittu vesijälkiä ja tulppaukset todettiin pitäviksi.



Kuva 23. Alakattolevyjen yläpuolella rakennuksen 2008 ja 2016 liittymäkohdalla ei havaittu vesijälkiä ja tulppaukset todettiin pitäviksi.

13 MITTALAITTEISTO

Pintakosteus

- Gann Hydromette HB 30 pintaosoitin
- B 50 mittapää

Rakennekosteus viiltomittauksena

- Vaisalan HM40-näyttöpäät
- HM42 PROBE-mittausanturi

Olosuhdemittaukset

- Trotec BZ 30 hiilidioksidiloggeri

Paine-eromittaukset

- Gemini TGC-0046 loggeri
- Beck 984Q lähetin

VOC-ilmanäytteen keräin

- Gilian LFS-113

Merkkikaasumittaukset

- SF6, GC6000 Leak Detector
- Trotec, TA400, paine-ero- ja virtausmittari

14 ALLEKIRJOITUS

Hämeenlinnassa 19.11.2018



Paula Helmi



Pasi Tuuvanén