

Karjaan yhteiskoulu

Tammisaarentie 62, 10300 Raasepori

Rakennuksen sisäilmatekninen ja olosuhteiden seurantatutkimus
26.9.2025

Työnro 24-1558

Laine Elli



Karjaan yhteiskoulu

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistiedot	3
1.1	Tutkimuskohde	3
1.2	Tilaaja	3
1.3	Vastuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat	3
1.4	Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus	3
1.5	Tutkimuksen ajankohta	4
2	Tutkimusmenetelmät	4
3	Sisäilman näytteenotot	5
3.1	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)	5
3.1.1	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	6
3.2	Sisäilman mikrobimittaukset	6
3.2.1	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	6
3.3	Teolliset mineraalikuidut ja pölynkoostumus	7
3.3.1	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	9
4	Sisäilman olosuhdeseurannat	9
4.1	Paine-ero	9
4.2	Hiilidioksidipitoisuus	9
4.3	Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus	10
4.4	Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus	11
4.5	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset seurantamittausten perusteella	11
5	Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista	11
6	Päiväys ja allekirjoitukset	12

LIITTEET:

- Liite 1 Pohjapiirustukset
- Liite 2 Analyysivastaukset
- Liite 3 Seurantamittausten kuvaajat
- Liite 4 Tutkimusmenetelmät ja viitearvot

1 Yleistiedot

1.1 Tutkimuskohde

Tutkimuksen kohde:	Karjaan yhteiskoulu
Osoite:	Tammisaarentie 62, 10300 Raasepori
Tehtävä:	Rakennuksen sisäilmatekninen ja olosuhteiden seurantatutkimus
Työnumero:	24-1558

1.2 Tilaaja

Nimi:	Raaseporin kaupunki, Tekninen keskus / kiinteistöyksikkö
Osoite:	Raaseporintie 37, 10650 Raasepori
Yhteyshenkilö:	Markus Julin
Sähköposti:	markus.julin@raasepori.fi

1.3 Vastuuhenkilöt ja tutkimuksen suorittajat

Nimi:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Osoite:	Bertel Jungin aukio 9, 02600 Espoo
Sähköposti:	etunimi.sukunimi@ains.fi
Vastuuhenkilö:	DI Elli Laine
Tutkimushenkilöt:	Elli Laine Alexis Gray

1.4 Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tutkittavien tilojen nykyistä sisäilman laatua. Tämä tutkimus on tehty osana rakennuksen laajennettua kuntoarviota.

Tutkimukset rajattiin kohteessa kymmeneen luokkatilaan, jotka olivat eri puolilta koulurakennusta.

Valitut luokkatilat olivat:

- fysiikka/kemia 143
- puutyön konesali 148
- kotitalous 114
- kotitalous 108
- fysiikka/kemia 109
- luokka 102
- musiikki 202
- opettajien työhuone 217
- tekstiilityö 207
- maantieto/biologia 212

1.5 Tutkimuksen ajankohta

Tutkimuksia suoritettiin 19.8.2025 ja 2.9.2025 välisenä aikana. Teknisen työluokan olosuhdeseurannat toteutettiin muista poiketen vasta 28.8. – 8.9.2025.

2 Tutkimusmenetelmät

Kaikista tutkittavista tiloista (10 kpl) tehtiin seuraavat tutkimukset:

- Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset
 - 1.1 Pölyn mineraalikuittujen laskenta (14 vrk) (10 eri tilasta, 3 kpl/tila)
 - 1.2 Pölyn koostumusanalyysi (10 kpl)
- Pitkäaikaiset paine-eromittaukset (yht. 10 kpl + tuloilmakanavan seuranta)
- Pitkäaikaiset lämpötilan, suhteellisen kosteuden, kokonais-VOCin ja hiilidioksidin seuranta-mittaukset (yht. 10 eri tilaa)
- Sisäilman mikrobianalyysit (10 kpl + ulkoilman vertailu)
- Sisäilman VOC-näytteet (10 kpl)

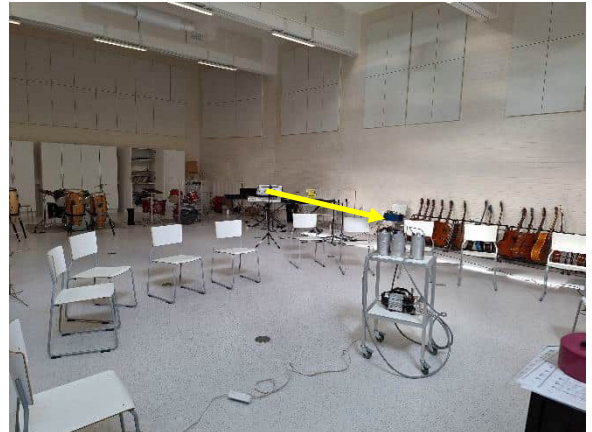
Tutkimusmenetelmien tarkemmat kuvaukset, tulosten tulkintaperusteet, käytetyt mittalaitteet, mittalaitteiden kalibrointitiedot ja virhetarkastelu on esitetty liitteessä 4.

Tutkimukset kohteessa suoritti A-Insinöörit Suunnittelu Oy.



Kuva 1

Esimerkki sisäilman näytteenotoista tekstiilityön tilassa 207: vasemmalla on mikrobinäytteenotto ja oikealla VOC-näytteenotto.



Kuva 2

Musiikkitilan 202 mikrobinäytteenotto.


Kuva 3

Vertailunäyte ulkoilmasta otettiin teknisen työn tilan kohdalta rakennuksen päädyssä.


Kuva 4

Tekstiilityöluokan 207 pölynkoostumusnäytteen keräyspaikka luokan takaosassa.

3 Sisäilman näytteenotot

3.1 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

Sisäilman haihtuvia orgaanisia yhdisteitä eli VOC-yhdisteitä tutkittiin 10 eri tilasta.

Tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden (TVOC) Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja huoneilmassa on $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kyseistä arvoa sovelletaan myös kouluihin ja päiväkoiteihin. On huomioitava, että pienempikin pitoisuus voi aiheuttaa oireilua. Toimenpiderajan ylitys voi johtua myös yhdisteistä, joista ei ole todettua terveyshaittaa, eikä se tällöin johda jatkotoimenpiteisiin. Kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittyminen edellyttää yksittäisten yhdisteiden merkityksen selvittämistä. Minkä tahansa haihtuvan orgaanisen yhdisteen (VOC) huoneilman tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jolla tarkoitetaan minkä tahansa tunnetun tai tuntemattoman orgaanisen yhdisteen pitoisuutta sisäilmassa, ellei yhdisteelle ole omaa toimenpiderajaa (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III).

Taulukko 1

Sisäilman VOC-näytteiden tulokset [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. TVOC on VOC-yhdisteiden kokonaismäärä ja 2-etyyli-1-heksanoli on muovimattojen kosteusvauriota indikoiva yhdiste. 2-etyyli-1-heksanoli on ilmoitettu ns. oman vasteen avulla ja TVOC yleisemmällä tolueenivasteella laskettuna.

Näyte	Tila	TVOC	2-etyyli-1-heksanoli	Huomio
1	puutyöluokka 148	95	2	m-ksyleeni 20 o-ksyleeni 11 p-ksyleeni 9
2	luokka 207	<20	-	
3	luokka 202	52	-	
4	luokka 102	24	1	
5	luokka 114	26	5	
6	luokka 108	31	2	
7	luokka 143	29	-	
8	luokka 109	28	2	
9	luokka 212	<20	-	
10	opettajat 217	<20	-	

Mitattujen tilojen sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC-pitoisuus) alittivat selvästi toimenpiderajan $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sisäilmassa ei myöskään todettu yksittäisistä yhdisteistä yli toimenpiderajojen kohonneita pitoisuuksia. Suurin yksittäinen 2-etyyli-1-heksanolipitoisuus on luokassa 114 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ja sekin jää alle toimenpiderajan ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Puutyöluokassa on muita tiloja enemmän erilaisia ksyleenejä: yhteensä $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tulokset on tarkemmin esitetty laboratorion analyysivastauksessa liitteessä 2.

3.1.1 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Puutyöluokan ksyleenien lähde lienee tilassa käytetyt liimat, maalit ja/tai liuottimet. Ksyleenejä voi päästä sisäilmaan myös moottoripolttoaineista. Eri isomeereissä (m, o, p) metyyliryhmät ovat kiinnittyneet bentseenirenkaan eri kohtiin. Pitoisuus tilassa on pieni: yhteensä $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kun kahdeksan altistustunnin htp-arvo on 50 ppm ($1 \text{ ppm} = 434 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [[Perustelumuistio ksyleenin biologisen altistumisindikaattorin metyylhippuurihapon ohjeraja-arvolle](#)].

Ei toimenpide-ehdotuksia VOC-ilmanäytteiden perusteella.

3.2 Sisäilman mikrobimittaukset

Valituista luokkatiloista otettiin mikrobien ilmanäytteet. Alla olevassa taulukossa on koottu mikrobinäytteiden analyysit yhteen. Tarkemmat tulokset on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 2

Mikrobien tulokset ilmanäytteistä ja yhteenveto. pmy = pesäkettä muodostava yksikkö (mikrobilaji on kursivoitu), steriilit = tunnistamattomia mikrobeja näytteessä.

Näyte	Tila	Ilmanäyte	Mikrobien kokonaispitoisuus: indikaattorilajit, muu huomio
1	puutyö 148	Ei viitettä	57 pmy: <i>Oidiodendron</i> 4 pmy
2	luokka 207	Ei viitettä	93 pmy: pääosa steriilit/hiivat
3	luokka 202	Ei viitettä	86 ppm: aktinomykeetit 4 pmy, pääosa <i>Cladosporium</i> (yleinen ulkoilman mikrobi)
4	luokka 102	Ei viitettä	190 pmy: <i>Wallemia</i> 4 pmy, pääosa steriilit
5	luokka 114	Ei viitettä	100 pmy: pääosa steriilit ja <i>Cladosporium</i>
6	luokka 108	Ei viitettä	210 pmy: pääosa <i>Cladosporium</i>
7	luokka 143	Ei viitettä	21 pmy: <i>A. fumigatus</i> 4 pmy, pääosa <i>Cladosporium</i>
8	luokka 109	Ei viitettä	140 pmy: <i>A. fumigatus</i> 11 pmy, pääosa
9	luokka 212	Ei viitettä	18 pmy: pääosa <i>Cladosporium</i>
10	opettajat 217	Ei viitettä	170 pmy: <i>A. fumigatus</i> 21 pmy, pääosa
11	ulkoilma	vertailunäyte	2400 pmy: <i>Cladosporium</i> 2000 pmy, aktinomykeetit 11 pmy, steriilit 150 pmy

Tiloissa ei havaittu viitteitä sisäilman mikrobilähteistä.

3.2.1 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Sulan maan aikana näytetuloksia verrataan ulkoilmanäytteeseen: sisätilojen mikrobien kokonaispitoisuudet ovat huomattavasti ulkoilman mikrobipitoisuuksia pienempiä. Yksittäiset kosteusvaurioita indikoivat mikrobit eivät muuta näytteen tulosta, etenkin kun pääosa mikrobeista on tavallisia ulkoilman mikrobistoa.

Ei toimenpidesuosituksia.

3.3 Teolliset mineraalikuidut ja pölynkoostumus

Teollisten mineraalikuitujen esiintymistä tutkittiin kahden viikon laskeuma-aikana laskeuma-alustalle kerääntyneestä pölystä geeliteippimenetelmällä 10 eri huonetilassa 6. – 20.11.2024. Samoista tiloista kerättiin myös yksi pölynkoostumusnäyte tasopinnalta. Laboratorion analyysivastaukset on esitetty liitteessä 2, ja näytteenottokohdat on merkitty liitteessä 1 olevaan pohjakuvaan.

Taulukko 3

Teollisten mineraalikuitujen pitoisuus ja pölynkoostumus 14 vrk laskeumapölystä. Laboratorion mittausepävarmuus on $\pm 30\%$, joka on huomioitu isompien näytetulosten kohdalla (vaihteluväli suluissa). Kuitujen toimenpideraja on $0,2$ kuitua/cm². Keltaisella on merkitty lievät ylitykset (alaraja alle $0,2$ kpl/cm²) ja punaisella selvät ylitykset.

Näyte	Tila: tarkennus	Kuituja, kpl/cm ²	Pölynkoostumus, (näytepaikka tummennettu)
1	puutyöluokka 148: korkean kaapin päältä, oven vierestä hyllyn päältä , takaseinältä muuntajan päältä	1,64 (1,15...2,13)	runsaasti orgaanista pölyä (puupöly), kohtalaisesti ulkoilman pölyä, niukasti kivivillaa , silikaattista kiviä ja rakennuspölyä
		0,50 0,35...0,65	
		0,07	
2	luokka 207: takapöydältä , ikkunalaudalta, etuosan korkean kaapin päältä	0,21 (0,15...0,27)	runsaasti huonepölyä, erityisesti tekstiilikuituja kohtalaisesti silikaattista kiviä niukasti kivivillaa , rakennuspölyä ja ulkoilman siitepölyä
		0,57 (0,40...0,74)	
		0,57 (0,40...0,74)	
3	luokka 202: etuosan hyllyköltä , takaosasta, takaosan korkean kaapin päältä	<0,07	runsaasti huonepölyä; kohtalaisesti silikaattista kiviä ja ulkoilman pölyä; niukasti rakennuspölyä
		<0,07	
		0,07	
4	luokka 102: etuosan hyllyköltä , ikkunalaudalta, korkea kaapin päältä	0,12	kohtalaisesti huonepölyä ja silikaattista kiviä; niukasti kivivillaa , siitepölyä ja rakennuspölyä
		<0,07	
		0,07	
5	luokka 114: open pöydältä, ikkunapöydältä , yläkaapin päältä	0,21 (0,15...0,27)	kohtalaisesti silikaattista kiviä, rakennuspölyä ja huonepölyä niukasti siitepölyä ja metallipölyä
		<0,07	
		0,36 (0,25...0,47)	
6	luokka 108: korkean kaapin päältä, kulmapöydältä , yläkaapin päältä	<0,07	kohtalaisesti silikaattista kiviä ja huonepölyä niukasti siitepölyä ja rakennuspölyä
		0,07	
		0,14	
7	luokka 143: takaosasta, sivulta korkean kaapin päältä, ikkunapöydältä	0,07	runsaasti silikaattista kiviä ja huonepölyä; kohtalaisesti rakennuspölyä; niukasti siitepölyä
		<0,07	
		0,07	
8	luokka 109: open pöydältä , takapöydältä, yläkaapin päältä	0,07	kohtalaisesti huonepölyä niukasti silikaattista kiviä , rakennuspölyä ja siitepölyä
		0,29 (0,20...0,38)	
		0,50 (0,35...0,65)	

Näyte	Tila: tarkennus	Kuituja, kpl/cm ²	Pölynkoostumus, (näytepaikka tummennettu)
9	luokka 212: ikkunapöydältä , yläkaapin päältä, takaosan korkean kaapin päältä	<0,07	runsaasti huonepölyä; kohtalaisesti silikaattista kivipölyä, rakennus- ja siitepölyä; niukasti kivivillaa ja orgaanista pölyä
		<0,07	
		0,07	
10	opettajat 217: oven luota tasolta , 2x sähkökourun päältä takaosasta	0,07	runsaasti huonepölyä; kohtalaisesti silikaattista kivipölyä; niukasti rakennus- ja siitepölyä
		0,07	
		<0,07	

Saatujen analyysivastausten perusteella tasopinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitupitoisuudet ovat pääsääntöisesti alhaiset. Poikkeuksena ovat tilat 148, 109, 114 ja 207, joissa tasopinnoille laskeutuvat pölyn mineraalikuitupitoisuus ylittää Asumisterveysasetuksen mukaisen toimenpiderajan 0,2 kuitua/cm². Kaikissa neljässä tilassa ylitykset ovat selviä. Alla on esitetty valokuvien ylityksiä antaneiden kuitunäytteiden ottoapaikkoja.

Pölynkoostumusnäytteet ovat pääosin tavanomaisia. Näyte 1 konesalissa 148 sisälsi tavanomaista enemmän puupölyä, mikä johtunee pääosin tilan käyttötarkoituksesta (puun työstöä erilaisilla työkaluilla) ja osittain näytteenottoapaikkana olevasta puisesta hyllytasosta. Näyte 2 otettiin tekstiilityön tilasta 207, missä oli tilan käytön takia runsaasti tekstiilipölyä – näytteenottoapaikan vieressä oli tilkkujen säilytyslaatikko. Näytteissä 1, 2, 4 ja 9 esiintyi yksittäisiä kivivillakuituja; kuitunäytemäärät ylittivät taas näytteissä 1, 2, 5 ja 8.



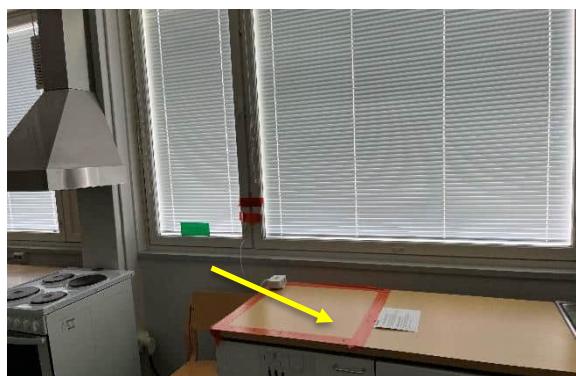
Kuva 5
Tekstiilityöluokan 207 kuitunäytteen 2.2 keräyspiste ikkunalaudalla: 0,57 kuitua/cm².



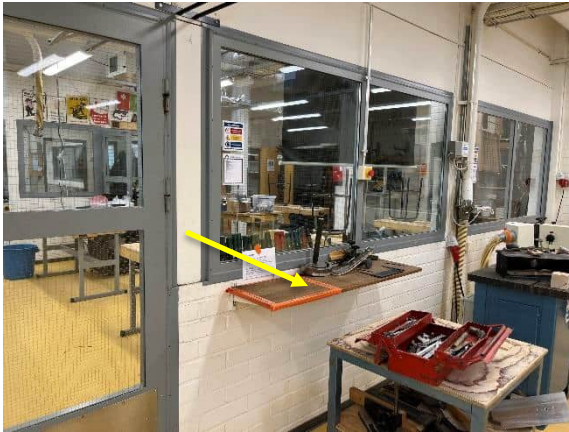
Kuva 6
Tekstiilityöluokan kuitukeräyspiste 2.3 etuosan korkean kaapin päällä: 0,57 kuitua/cm².



Kuva 7
Kotitalousluokan 114 kuitunäyte 5.3 yläkaapin päältä, jossa kuitupitoisuus ylittää toimenpiderajan selvästi: 0,36 kuitua/cm².



Kuva 8
Kotitalousluokan 114 kuitunäyte 5.2 ikkunapöydältä oli normaali: <0,07 kuitua/cm².


Kuva 9

Konetyösalin 148 pölynkoostumus 1 ja kuitunäyte 1.2 otettiin oven vieressä olevalta puuhyllyltä. Näyte ylitti toimenpiderajan: 0,5 kuitua/cm².


Kuva 10

Konetyösalin 148 kuitunäyte 1.1 otettiin oven vierestä korkean kaapin päältä. Kuitunäyte ylitti selvästi toimenpiderajan: 1,6 kuitua/cm².

3.3.1 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Tiloissa, joissa kuitunäytteet ylittivät, suositellaan tarkempia kuitulähteen tarkasteluja. Kuituja voi irrota rikkiäisistä akustiikkalevyistä, rakenteiden eristeistä ilmavuotojen kautta tai ilmanvaihdon suojaamattomista äänenvaimennuseristeistä.

4 Sisäilman olosuhdeseurannat

Sisäilman olosuhteita mitattiin jatkuvatoimisilla seurantamittareilla 10 eri tilasta 22. – 29.8.2025. Konesalin 148 seurannoista osa toteutettiin hieman myöhemmin 28.8. – 8.9.2025 inhimillisen erehdyksen takia. Seurantapaikat on esitetty liitteessä 1. Seurantakuvaajat on esitetty tarkemmin liitteessä 3 ja alla on selostettu eri seurantojen yhteenvedot.

4.1 Paine-ero

Tilojen paine-ero ulkoilmaan nähden on suositeltavaa olla 0...-5 Pa välillä, kun käytössä on koneellinen tulo-poistoilmanvaihto. Asumisterveysasetuksen mukainen alipaineisuuden toimenpideraja on taas -15 Pa, jonka alittuessa säännöllisesti tulisi tehdä korjaustoimenpiteitä. Tilojen ollessa voimakkaan alipaineisia rakenteissa olevat epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan. Toisaalta tilojen ollessa ylipaineisia voidaan aiheuttaa rakenteille ylimääristä kosteuskuormaa ja sitä kautta esimerkiksi lämmöneristeiden mikrobivaurioitumista.

Paine-ero ulkoilmaan nähden on pääosin hyvällä tasolla: 0...-5 Pa. Tilan 102 paine-ero on -5 Pa molemmin puolin. Tilan 108 paine-ero on muita tiloja alipaineisempi: -5...-10 Pa. Teknisen työn konesali 148 on lievästi ylipaineinen, ja muutaman kerran paine-ero kasvaa hetkellisesti suureksi: noin +8, +11 ja +20 Pa. Tilan 143 paine-eromittarin verkkoyhteys on välillä hävinnyt, minkä vuoksi käyrä ei ole jatkuva. Tila 143 on reilusti ylipaineinen: keskimäärin +15 Pa.

4.2 Hiilidioksidipitoisuus

Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle on 1550 ppm. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on noin 400 ppm. Sisäilmastoluokitus 2018 on antanut sisäilman hiilidioksidipitoisuudelle kolme eri tasoa: erinomainen taso alle 750 ppm, hyvä taso alle 950 ppm ja tyydyttävä taso alle 1200 ppm.

Tilojen hiilidioksidipitoisuudet pääosin erinomaisella tai hyvällä tasolla. Tilan 108 hiilidioksidipitoisuus nousee kerran hyvän tason ylärajalle ja tilan 207 ylittää kerran hyvän tason ylärajan.

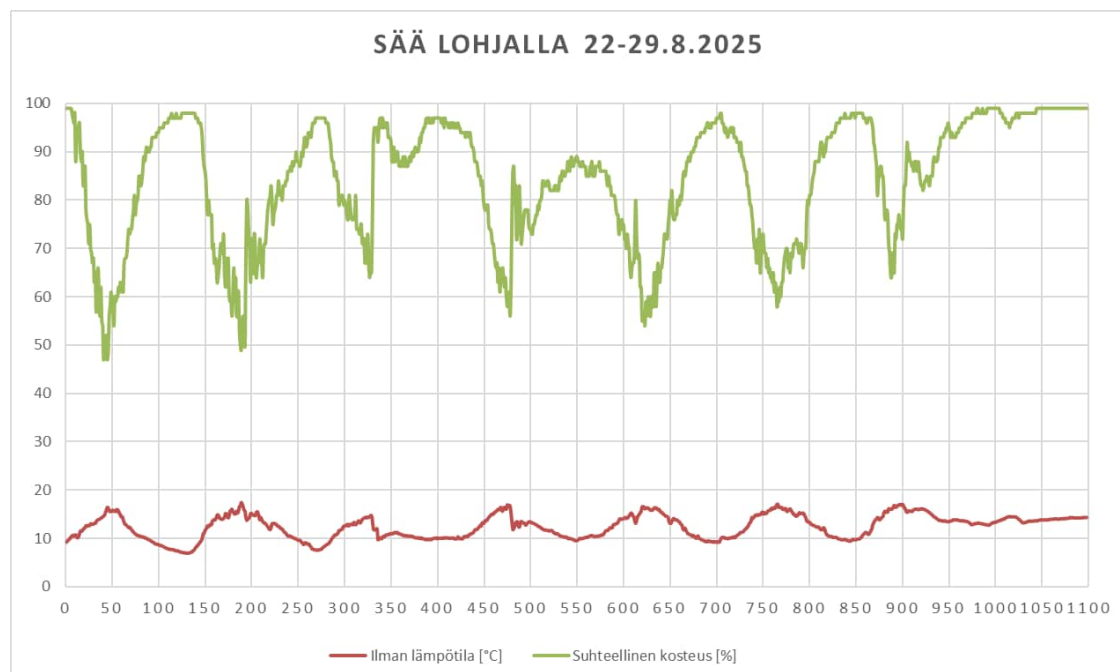
4.3 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisäilman lämpötila ei saisi Asumisterveysasetuksen mukaan laskea alle 20 astetta. Sisäilman suhteelliselle kosteudelle ei ole toimenpiderajoja: alle 20 RH% voi kuivattaa limakalvoja ärsyttävästi. Yleensä sisäilman suhteellinen kosteus seuraa ulkoilman kosteuspitoisuuksia tehden sisäilmasta liian kuivaa pakkaskeleillä ja kosteaa mm. syyssateiden aikaan. Sisäilman lämpötila vaikuttaa myös suhteelliseen kosteusprosenttiin: kosteus laskee lämpötilan noustessa ja nousee lämpötilan laskeessa.

Lämpötilan ylärajaan vaikuttaa ulkoilman lämpötila – lämpötilan ei kuitenkaan olisi suositeltavaa nousta edes kesähelteillä yli +27 °C. Ulkoilman lämpötila on ollut seurantajakson aikana noin +7...+18 °C (Kuva 11). Ulkoilman keskilämpötila on ollut +11...+14 °C seurantajakson aikana. Ulkolämpötilan 24h keskilämpötilan ollessa +12,5 °C, sisäilman enimmäislämpötila S2-luokassa saisi olla +25,5 °C sisäilmastoluokituksen 2018 mukaan.

Tilojen lämpötilat ovat pääasiassa +20 °C ja +24 °C välillä. Tilan 202 (musiikki) lämpötila laskee yöaikaan hieman 20 °C alapuolelle, mutta nousee päiväsaikaan noin +21 °C:een. Tilassa 108 ja etenkin tilassa 207 lämpötila nousee korkeahkoksi käyttöaikoina: tila 108 on +24...+25 °C ja tila 207 jopa +27 °C. Sisäilmastoluokan S2-tason enimmäisraja ylittyy tilassa 207 vertailtaessa lämpötilaa ulkoilman lämpötilaan (+11...+14 °C 24 tunnin keskiarvo). Kotitaloustopilojen 108 ja 114 lämpötilat eivät laske alle +22 °C edes viikonloppuna. Tilat 108, 114, 207, 209 ja 210 ovat rakennuksen eteläsivulla.

Sisäilman suhteelliset kosteudet ovat kaikissa tiloissa hyvin samanlaiset eli kosteuskäyrä seuraa ulkoilman kosteutta.



Kuva 11

Lämpötila ja suhteellinen kosteus ulkona seuranta-aikana. Data on otettu Ilmatieteenlaitoksen Lohjan seurantapistestä.

4.4 Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus

Tiloista seurattiin myös TVOC-pitoisuuksia eli haihtuvien yhdisteiden kokonaispitoisuuksia. Seurantamittareiden yksikkö on pieni, ppb (parts per billion), eikä sitä voi suoraan verrata TVOC-ilmanäytteiden pitoisuuksiin. Konesalin 148 ja tilan 143 seurantakäyrät eivät ole täysin jatkuvia keskusyksikön etäisyyden takia: Toistin mittaussyksikön ja keskusyksikön välissä ei ole auttanut pitämään yhteyttä keskusyksikköön koko aikaisesti, joten osa mittausdatasta on jäänyt saamatta.

TVOC-pitoisuudet ovat tilassa 212 jonkun verran suuremmat kuin muissa tiloissa. Seurantajakson lopussa pitoisuus nousee jopa 5000 ppb. Tilan 143 pitoisuudet ovat pääosin alhaalla, mutta välillä tilassa on isoja piikkejä: noin 10 000 ppb. Tila 143 on fysiikan ja kemian luokka, mikä voi selittää pitoisuuksien nousut, jos oppitunneilla on käytetty kemikaaleja. Samassa päädyssä rakennusta on myös konesali 148, jossa on myös samanlaisia kohonneita TVOC-pitoisuuksia (60 000, 19 000, 42 000, 25 000 sekä muutamia 15 000 ppb) aika ajoin, myös viikonloppuna. Opetuksen luonne voi aiheuttaa hetkellistä TVOC-pitoisuuksien nousua, jos tilassa käytetään esimerkiksi liimoja. Tila 148 on myös kansanopiston käytössä kouluaikojen ulkopuolella.

4.5 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset seurantamittausten perusteella

Tilan 143 ilmamäärien tasapainotuksia suositellaan, jotta tilan ylipaineisuus ulkoilmaan nähden ei olisi niin suurta. Rakenteiden kunnon kannalta paine-erojen tulisi olla koko ajan lievästi alipaineiset, jotta sisäilman kosteus ei pääse kulkeutumaan eristekerroksiin. Sisäilman laadun kannalta paine-ero ei saisi vaihdella liian paljon nollan molemmin puolin eikä olla liian alipaineinen, jolloin ilmapuodot rakenteiden läpi korostuvat.

Tilan 207 lämpötila nousee käyttöaikoina korkeaksi. Tila on etelään päin, joten auringon lämmitysteho on todennäköisin syy lämpötilan nousulle. Eteläpuoleisten tilojen ikkunoihin voidaan tarvittaessa asentaa aurinkosuojakalvon, -verhot, tai -kaihtimet lämpötilan nousun estämiseksi. Vaihtoehtoisesti varjostusta voidaan lisätä asentamalla ulkoseinään markiisit.

Tilan 207 suhteellinen kosteus laskee muutamina päivinä muita tiloja enemmän, mikä johtuu tilassa olevasta korkeammasta lämpötilasta.

Tilojen 143 ja 148 TVOC-pitoisuudet nousevat paikoin korkeiksi ja niiden lähde on suositeltavaa selvittää. Tilan 143 TVOC-pitoisuuksia voidaan mahdollisesti hallita paremmalla ilmanvaihdoilla: tilan paine-eromittauksen perusteella poistoilmaa on nyt tuloilmaa vähemmän. Teknisen työn tiloja käyttää myös kansanopisto, mikä voisi selittää viikonloppuna tulleet TVOC-pitoisuuksien piikit.

Tilan 212 TVOC-pitoisuudet ovat jonkun verran koholla. Tila 212 on biologian luokka ja ainakin tiistaina 2.9. tilassa oli esillä erilaisia havunoksia, joista voi irrota mm. terpeenejä. Tilan 212 alapuolella on fysiikan ja kemian tila 109 sekä kokoelmatila 110, mutta tilan 109 TVOC-pitoisuudet pysyvät alemmalla tasolla, mikä viittaa tilassa 212 olevaan VOC-lähteeseen.

5 Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista

Sisäilman näytteenottojen ja seurantojen perusteella suositellaan seuraavia toimenpiteitä:

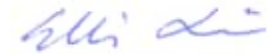
- Tilojen 148, 109, 114 ja 207 kuitulähteiden tarkempia tarkasteluja
 - o Kuitulähteitä ovat rikkiäiset akustiikkalevyt, rakenteiden eristekerrokset ilmapuotojen kautta ja/tai ilmanvaihdon suojaamattomat äänenvaimennuserist
- Tilan 143 ilmamäärien tasapainotukset, jotta tila ei olisi ylipaineinen

- poistoilmamäärien lisääminen voi vähentää myös tilan TVOC-pitoisuuksia
- Tilan 207 lämpötilan vähentämistä auringon lämmitysvoimakkuutta vähentämällä esimerkiksi ikkunalasien pinnoittamisella, tarkoituksenmukaisilla aurinkosuojaverhoilla/-kaihtimilla tai markiiseilla
 - sama ongelma voi esiintyä muissakin etelänpuoleisissa tiloissa: 108, 114, 209, 210

6 Päiväys ja allekirjoitukset

Espoossa 30.9.2025

A-Insinöörit Suunnittelu Oy



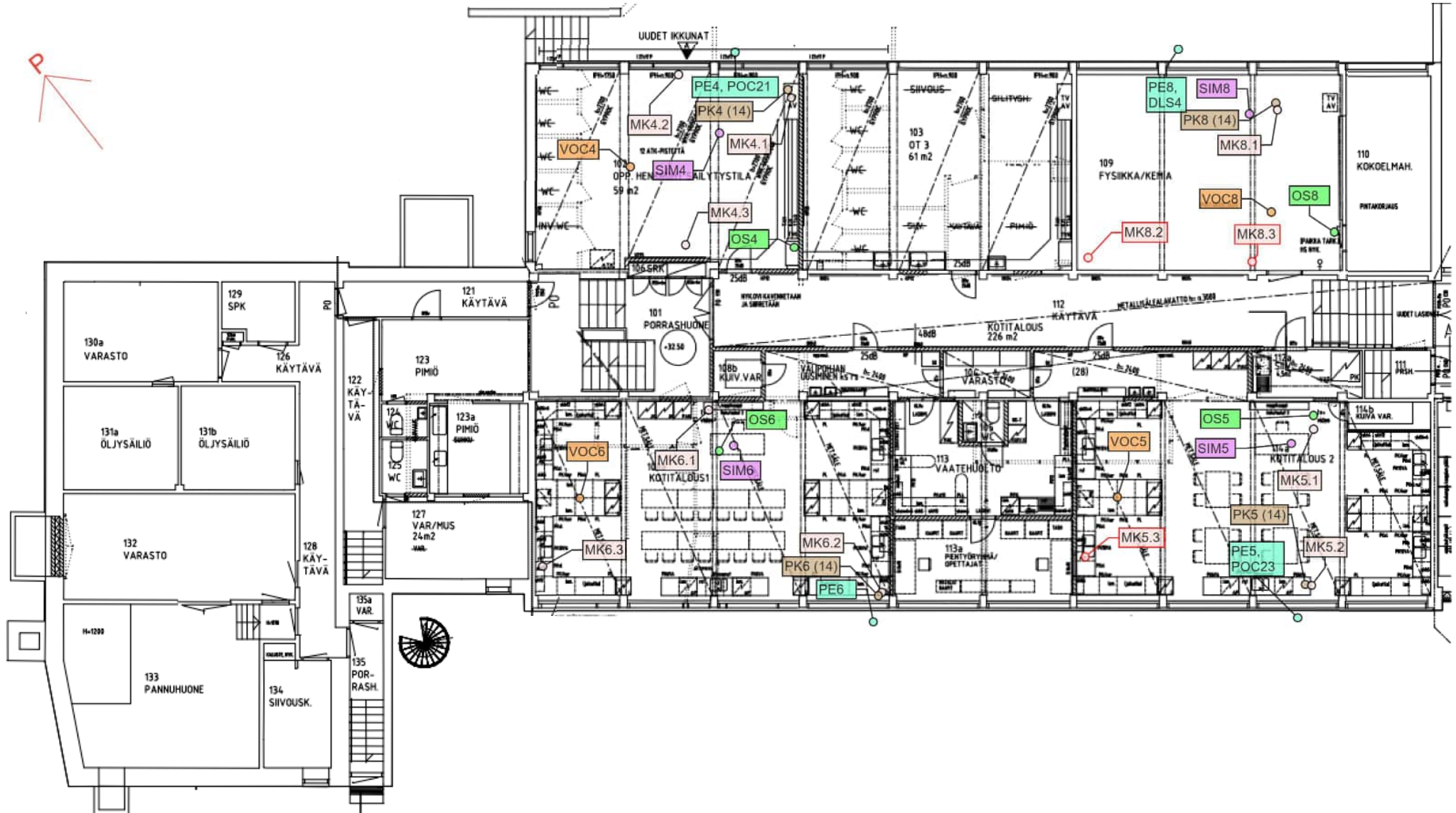
Elli Laine
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen



Alexis Gray
A-Insinöörit Suunnittelu Oy,
korjausrakentaminen

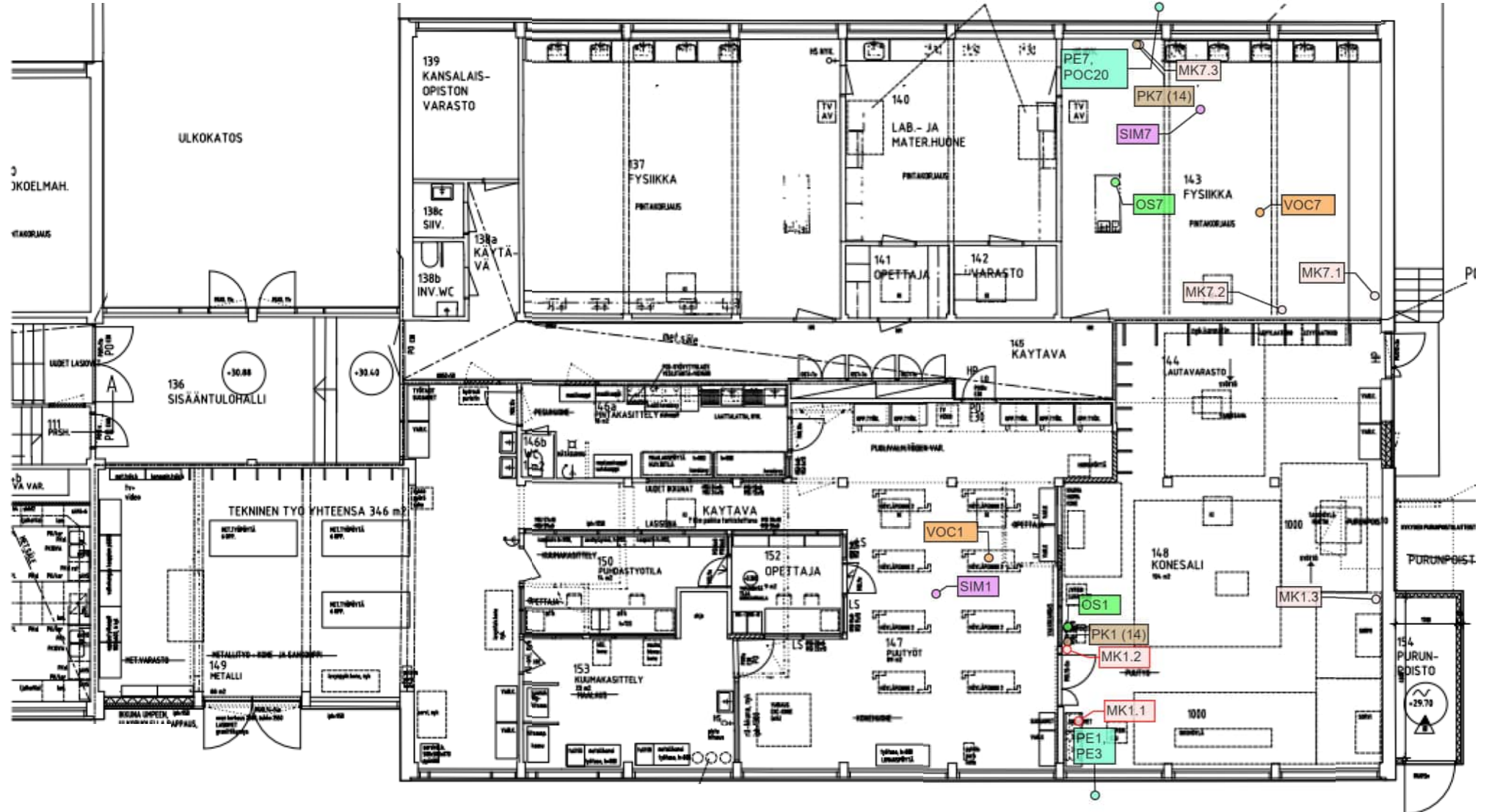
Toteutuneet tutkimukset, 1.krs pohjoispääty

- **OS#** Sisäilman olosuhteiden mittauspiste (CO₂, T, RH, TVOC)
- **PE#** Paine-eron mittauspiste
- ▲ **xx, kuva #** Kohdehavainto ja/tai valokuva
- **MK#** Mineraalikuitunäyte (14 vrk)
- **MK##** Mineraalikuitunäyte (14 vrk), selvä toimenpiderajan ylitys
- **PK# (xx)** Pölynkoostumusanalyysi (IV/14vrk/harvoin siivottu pinta)
- **SIM#** Sisäilman mikrobit, viittaa mikrobilähteeseen sisätiloissa
- **SIM#** Sisäilman mikrobit, ei viitettä mikrobilähteestä
- **VOC#** VOC-näyte sisäilmasta



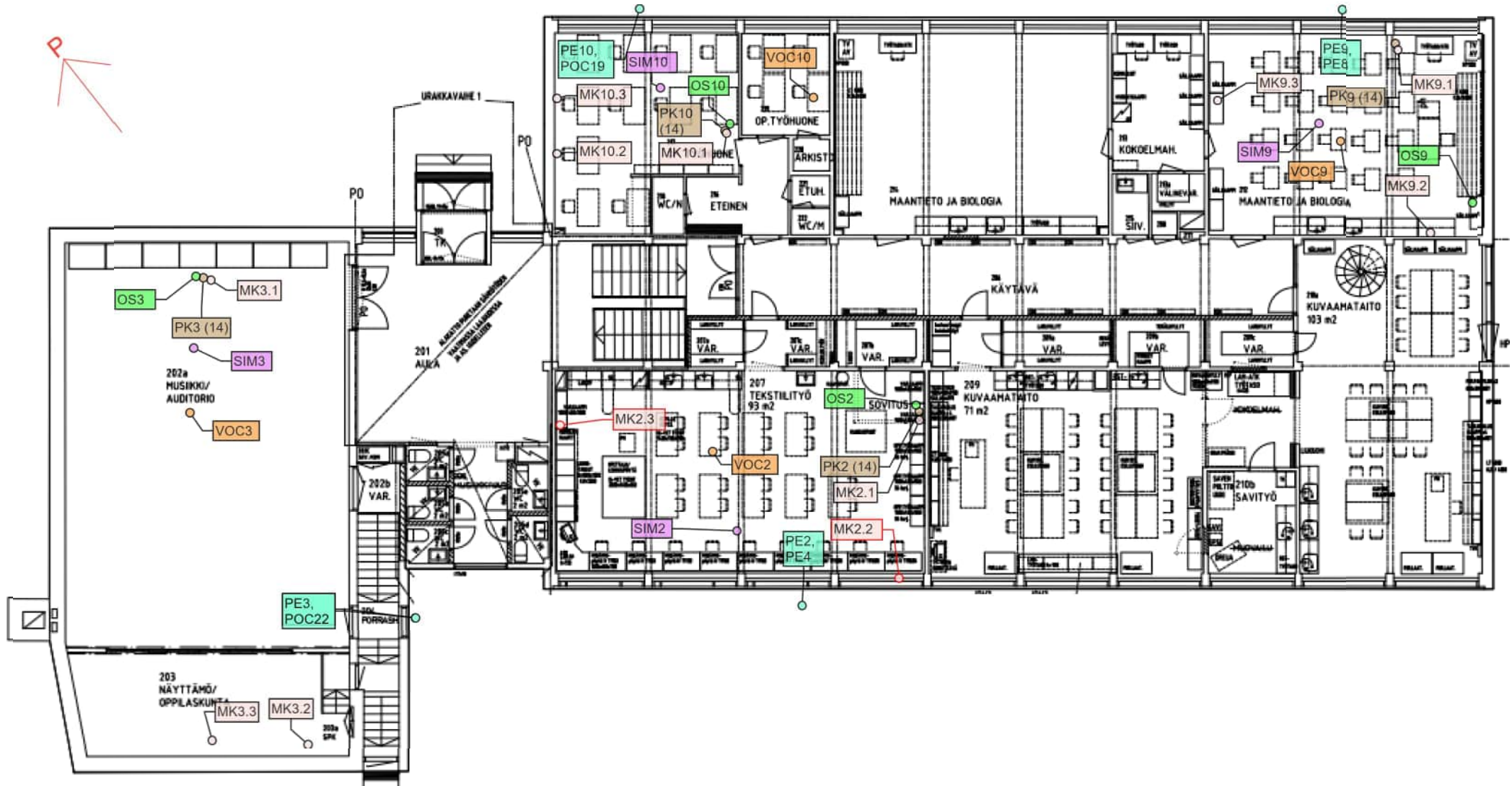
Toteutuneet tutkimukset, 1.krs eteläpääty

- | | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
|  OS# | Sisäilman olosuhteiden mittauspiste (CO ₂ , T, RH, TVOC) |  MK# | Mineraalikuitunäyte (14 vrk) |  SIM# | Sisäilman mikrobit, viittaa mikrobilähteeseen sisätiloissa |
|  PE# | Paine-eron mittauspiste |  MK## | Mineraalikuitunäyte (14 vrk), selvä toimenpiderajan ylitys |  SIM# | Sisäilman mikrobit, ei viitettä mikrobilähteestä |
|  xx, kuva # | Kohdehavainto ja/tai valokuva |  PK# (xx) | Pölynkoostumusanalyysi (IV/14vrk/harvoin siivottu pinta) |  VOC# | VOC-näyte sisäilmasta |



Toteutuneet tutkimukset, 2.krs pohjoispääty

- | | | | | | |
|---|---|---|--|---|--|
|  OS# | Sisäilman olosuhteiden mittauspiste (CO ₂ , T, RH, TVOC) |  MK## | Mineraalikuitunäyte (14 vrk) |  SIM# | Sisäilman mikrobit, viittaa mikrobilähteeseen sisätiloissa |
|  PE# | Paine-eron mittauspiste |  MK## | Mineraalikuitunäyte (14 vrk), selvä toimenpiderajan ylitys |  SIM# | Sisäilman mikrobit, ei viitettä mikrobilähteestä |
|  xx, kuva # | Kohdehavainto ja/tai valokuva |  PK# (xx) | Pölynkoostumusanalyysi (IV/14vrk/harvoin siivottu pinta) |  VOC# | VOC-näyte sisäilmasta |



24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Sisällysluettelo

Sisäilman mikrobianalyysit.....	2
Sisäilman VOC -näytteet	10
Sisäilman mineraalivillakuidut.....	14
Sisäilman pölynkoostumus.....	15

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Sisäilman mikrobianalyysit



269730/IA

TUTKIMUSRAPORTTI

2.9.2025

1/8



MIKROBIVILJELY ILMANÄYTTEESTÄ			
Tilaaja':	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Tilauspäivä:	21.8.2025
Kohde':	Karjaan koulu	Laboratorio:	Kuopio
Projektinnumero':	24-1558	Vastaanottopäivä:	20.8.2025
Näytteenottaja':	Elli Laine, Alexis Grey	Viljelypäivät:	
Näytteenottopäivät':	19.8.2025		

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä.

YHTEENVETO TULOKSISTA

Alla olevassa taulukossa epätavalliseen mikrobilähteeseen viittaavia tuloksia on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
epäily mikrobilähteestä rakennuksessa
viite mikrobilähteestä rakennuksessa

Näyte'	Tulosyhteenveto	Johtopäätös
1, Puutyöluokka	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Indikaattorimikrobia, jota ei näytteenottohetkellä ulkoilmassa vain yksittäinen pesäke. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
2, luokka 207	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
3, luokka 202	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Indikaattorimikrobia, jota näytteenottohetkellä ulkoilmassa, vain yksittäinen pesäke. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

4, luokka 102	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Indikaattorimikrobia, jota ei näytteenottohetkellä ulkoilmassavain yksittäinen pesäke. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
5, kotitalous 114	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
6, kotitalous 108	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
7, luokka 143	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa. Indikaattorimikrobia, jota ei näytteenottohetkellä ulkoilmassa vain yksittäinen pesäke. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
8, luokka 109	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Indikaattorimikrobia, jota ei näytteenottohetkellä ulkoilmassa vain yksittäiset pesäkkeet. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
9, luokka 212	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa
10, opet 219	homepitoisuus pienempi kuin ulkoilmassa ja valtalaji vastaava. Indikaattorimikrobia, jota ei näytteenottohetkellä ulkoilmassa vain yksittäiset pesäkkeet. Pieni bakteeripitoisuus	ei viitettä mikrobilähteestä rakennuksessa

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

	11, ulkona/nollanäyte	homepitoisuus suurempi kuin sisäilmanäytteissä. Pääasiassa Cladosporiumia. Sisäilman indikaattorimikrobeista aktinomykettejä. Ulkoilma voi vaikuttaa sisäilman mikrobipitoisuuksiin ja lajistoon.	
--	-----------------------	---	--

LISÄTIEDOT

On hyvä huomioida, että ulkoilmassa mikrobipitoisuudet ja lajisto vaihtelevat. Sulan maan aikaan ulkoilmassa voi esiintyä ajoittain myös indikaattorimikrobeja (esim. aktinomyketit, *Aspergillus fumigatus*) suurinakin pitoisuuksina ja näin ollen vastaavaa lajistoa voi esiintyä sisäilmassa viiveellään. Sisäilmanäytteitä suositellaan otettavaksi talviaikaan.

Yksittäiset pesäkehavainnot indikaattorimikrobeista voivat olla tavanomaisia missä tahansa huoneilmassa. Ulkoilma ja monet tavanomaiset toiminnot (esimerkiksi liikkuminen ulkoa sisälle) voivat tilapäisesti kohottaa sisäilman mikrobipitoisuutta tai muuttaa mikrobilajistoa. Johtopäätökset kosteus- ja mikrobivauriosta eivät voi perustua ainoastaan ilmanäytteiden tuloksiin, vaan tueksi tarvitaan aina myös rakennustekniset selvitykset.

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

ANALYYSITULOKSET
Näyte': 1, Puutyöluokka

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	57	11	Kokonaispitoisuus	64
Cladosporium sp.	21	11	muut bakteerit	64
steriilit	21		*aktinomykeetit	<mr
hiivat	11			
*Oidiodendron sp.	4			

Näyte': 2, luokka 207

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	93	39	Kokonaispitoisuus	100
hiivat	29	25	muut bakteerit	100
Cladosporium sp.	11	11	*aktinomykeetit	<mr
Penicillium sp.	7	4		
Botrytis sp.	4			
Gunninghamella sp.	4			
steriilit	36			
Geotrichum sp.	4			

Näyte': 3, luokka 202

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	86	67	Kokonaispitoisuus	880
Cladosporium sp.	50	46	muut bakteerit	880
hiivat	22		*aktinomykeetit	4
steriilit	7	4		
Geotrichum sp.	4			
Penicillium sp.	4	4		
Aureobasidium sp.		14		

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

Näyte': 4, luokka 102

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	190	82	Kokonaispitoisuus	200
Cladosporium sp.	43	46	muut bakteerit	200
hiivat	54	25	*aktinomykeetit	<mr
steriilit	86	4		
Penicillium sp.	4	4		
*Wallemia sp.		4		

Näyte': 5, kotitalous 114

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	100	64	Kokonaispitoisuus	28
Cladosporium sp.	54	57	muut bakteerit	28
Penicillium sp.	7		*aktinomykeetit	<mr
steriilit	43	4		
hiivat		4		

Näyte': 6, kotitalous 108

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	210	190	Kokonaispitoisuus	140
steriilit	68	7	muut bakteerit	140
Cladosporium sp.	140	180	*aktinomykeetit	<mr
hiivat	4	7		

Näyte': 7, luokka 143

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	21	18	Kokonaispitoisuus	170
Cladosporium sp.	10	11	muut bakteerit	170
hiivat	4		*aktinomykeetit	<mr
Acrodontium sp.	4	4		
steriilit	4			
*Aspergillus fumigatus (lr)		4		

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Näyte': 8, luokka 109

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	140	130	Kokonaispitoisuus	57
Cladosporium sp.	90	100	muut bakteerit	57
steriilit	36	25	*aktinomykeetit	<mr
*Aspergillus fumigatus (lr)	11	7		
Penicillium sp.	4			
hiivat	4			

Näyte': 9, luokka 212

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	18	18	Kokonaispitoisuus	7
Acrodontium sp.	4		muut bakteerit	7
steriilit	4		*aktinomykeetit	<mr
Cladosporium sp.	7	11		
hiivat	4			
Penicillium sp.		4		
Aureobasidium sp.		4		

Näyte': 10, opet 219

	M2 Pitoisuus (pmy/m ³)	DG18 Pitoisuus (pmy/m ³)	BAKTEERIT	THG Pitoisuus (pmy/m ³)
HOMEET JA HIIVAT				
Kokonaispitoisuus	170	110	Kokonaispitoisuus	140
Cladosporium sp.	79	64	muut bakteerit	140
hiivat	11	7	*aktinomykeetit	<mr
*Aspergillus fumigatus (lr)	21	4		
Penicillium sp.	7	21		
steriilit	29	4		
Acrodontium sp.	21	4		
Verticicladium sp.		4		
Aureobasidium sp.		4		

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Näyte': 11, ulkona/nollanäyte

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	Pitoisuus	Pitoisuus	BAKTEERIT	Pitoisuus
	(pmy/m³)	(pmy/m³)		(pmy/m³)
Kokonaispitoisuus	2400	2400	Kokonaispitoisuus	120
Cladosporium sp.	2000	2300	muut bakteerit	110
steriilit	150	39	*aktinomykeetit	11
Verticicladium sp.	47	26		
Penicillium sp.	34	22		
Acrodontium sp.	160	13		
hiivat	17			
Aureobasidium sp.		4		

Yksittäisten mikrobisukujen ja/tai lajien osuudet lasketaan osuuksina kokonaispitoisuudesta, joten alla olevassa taulukossa esitetty todellinen kokonaispitoisuus voi laskennallisista syistä poiketa hieman yksittäisten sukujen summasta. Tulokset ilmoitetaan kahden merkitsevän numeron tarkkuudella. Mikrobilähteeseen viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.

Lyhenteiden selitykset:

pmy = pesäkkeen muodostavaa yksikköä

< mr = alle määrittäysrajan

* = kosteusvaurioindikaattori

sr = sukuryhmä

lr = lajiryhmä

'-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot



Pinja Tegelberg
tutkija, biologi
p. +358 44 776 0476
pinja.tegelberg@labroc.fi



Marja Hänninen
tutkija, mikrobiologi
p. +358 50 325 0612
marja.hanninen@labroc.fi

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu



269730/IA

TUTKIMUSRAPORTTI
2.9.2025
8/8**ANALYYSIT**

Näytteet otettiin Andersen 6-vaihekeräimellä käyttäen mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18 (DG18)-alustoja homeille ja tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustaa (THG) bakteereille. Elatusalustoja pidettiin +25°C:ssa 7 vuorokautta mesofiilisten sienien (homeet ja hiivat) ja kokonaisbakteeripitoisuuksien määrittämiseksi ja yhteensä 14 vuorokautta aktinomykeettien määrittämiseksi (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV). Homeet tunnistettiin mikroskoipoimalla suku- tai lajitasolle.

Tulosraportissa ilmoitettut pitoisuudet perustuvat laboratoriolle ilmoitettuun näytteenottoaikaan.

MÄÄRITYSRAJA

Näytteenottoaika vaikuttaa määritysrajaan. Esimerkiksi 10 minuutin näytteenottoajalla määritysraja on 4 pmy/m³ ja 15 minuutin näytteenottoajalla määritysraja on 2 pmy/m³.

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusvälillä) katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 16 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä muille bakteereille 9 % (THG-alusta). Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

TULOKSEN TULKINTA

Koulurakennuksista otettujen ilmanäytteiden tulkintaohjeet koskevat vain kivirakenteisia kouluja. Ilmanäytteitä ei suositella käytettäväksi puurakenteisen koulun mikrobivaurion toteamiseen (Meklin ym. 2008). Kivirakenteisissa kouluissa sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat yleensä pienempiä kuin asuntojen sisäilman pitoisuudet ja yleensä alle 50 pmy/m³ (Meklin ym. 2008). Yksittäisten, 1-2 näytteen suurempi pitoisuus voi viitata kyseisessä tilassa olevaan poikkeukselliseen mikrobilähteeseen ja vaurioon tai muuhun ns. normaaliilähteeseen. Vauriotiloissa talviaikaiset pitoisuudet ovat usein 50-500 pmy/m³. Kun rakennuksessa otetaan useita näytteitä, vauriottomien rakennusten näytteiden sienien (homeet ja hiivat) mediaanipitoisuus on alle 12 pmy/m³ ja näytteistä saadaan useita tuloksia, joissa pitoisuudet ovat alle menetelmän määritysrajan. Vaurioituneissa koulurakennuksissa sienien mediaanipitoisuus on yleensä yli 20 cfu/m³ (Meklin ym. 2008). Bakteeripitoisuus yli 4500 pmy/m³ viittaa tilan käyttöön nähden riittämättömään ilmanvaihtoon. Tuloksia tarkasteltaessa mikrobipitoisuustasojen ohella kiinnitetään huomiota myös lajistoon. Ns. kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja voi esiintyä pieninä pitoisuuksina tavanomaisestikin huoneilmassa. Aktinomykeetit huomioidaan kosteusvaurioindikaattoreina. Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

VIITTEET

Asumisterveysasetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsingissä 23.4.2015
Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.

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

Meklin ym.: Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot – opas selvittämiseen. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja C 2/2008. Kansanterveyslaitos, Helsinki 2008

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Sisäilman VOC -näytteet



269771/VC

TUTKIMUSRAPORTTI

28.8.2025

1/4



VOC-ANALYYSI ILMANÄYTTEESTÄ

Tilaaja':	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Tilauspäivä:	21.8.2025
Kohde':	Karjaan koulu	Laboratorio:	Kuopio
Projektinnumero':	24-1558	Vastaanottopäivä:	21.8.2025
Näytteenottaja':	Elli Laine, Alexis Grey	Analysointipäivät:	22.8.2025
Näytteenottopäivät':	19.8.2025		

TULOSTEN TULKINTA

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

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

YHTEENVETO TULOISTA

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

Ei toimenpiderajan ylityksiä
Toimenpideraja ylittyy

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä. Yhteenvetotaulukko on muodostettu vertaamalla tuloksia asumisterveysasetuksen toimenpiderajoihin. Mikäli näytteessä havaitut pitoisuudet ylittävät jonkun toimenpiderajan mittausepävarmuus huomioiden, se mainitaan alla olevan taulukon lisätieto-kentässä. Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös kohteen teknisistä havainnoista.

	Näyte'	Tulosyhteenvedo	Lisätietoja
	1, puutyöluokka	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	2, lk 207	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	3, lk 202	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	4, lk 102	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	5, lk 114	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	6, lk 108	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	7, lk 143	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	8, lk 109	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	9, lk 212	Ei toimenpiderajan ylityksiä	
	10, lk 217 op. huone	Ei toimenpiderajan ylityksiä	

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

ANALYYSITULOKSET

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain vastaanotettuja näytteitä. Tulokset on ilmoitettu tolueenivasteella laskettuna. Mikäli tunnistetun yhdisteen pitoisuus näytteessä on alle $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sitä ei ole merkitty tulostaulukkoon, mutta se on mukana TVOC-arvossa. Laboratoriossamme analysoitujen VOC-ilmanäytteiden tolueeniekvivalenttina lasketuista pitoisuuksista muodostettujen tunnuslukujen avulla voi arvioida asettuuko oman näytteen pitoisuudet mille tasolle muiden meillä analysoitujen näytteiden joukossa. Arvoja ei voi käyttää raja-, toimenpideraja- tai viiteraja-arvoina. Tunnusluvut löytyvät osoitteesta <https://labroc.fi/voc-ilmanaytteiden-tunnuslukuja/>. Yhdisteiden CAS-numeroita on saatavilla laboratoriosta, tai osoitteesta <https://labroc.fi/wp-content/uploads/2021/04/CAS-numerot-1.pdf>.

Näyte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Näytteenottoaika (min)	46	48	63	60	49	52	60	47	59
Näytetilavuus (l)	6	6.2	8.4	7.9	6.6	6.7	7.9	6.3	7.8
Ryhmä ja yhdiste	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
TVOC	95	<20	52	24	26	31	29	28	<20
ALIFAATTISET HIILIVEDYT									
2,2,4,4-Tetrametyylioktaani			2						
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani			13				4		
Dekaani	2								
Heptaani	1								
Metyylisyklopentaani								1	1
Nonaani	2								
Undekaani	1								
AROMAATTISET HIILIVEDYT									
Etylibentseeni	7								
Tolueeni	3		3	4	1	2		3	
Tolueeni [†]	3		3	4	1	2		3	
m-Ksyleeni	20								
o-Ksyleeni	11								
p-Ksyleeni	9								
TERPEENIT									
3-Kareeni	3		1						
alfa-Pineeni	4	1	2		1	1		2	
YKSIAARVOISET ALKOHOolit									
2-Etyyli-1-heksanoli	2			1	3	1		1	
2-Etyyli-1-heksanoli [†]	2			1	5	2		2	
Isobutanoli							3		
ALDEHYDIT									
Bentsaldehydi	2	1	1	1	1	1	1	1	
Dekanaali	2		1		3	3	1	1	1
Nonanaali	2	1	2		2	4	1	1	1
ESTERIT JA LAKTONIT									
Etikkahapon butyyliesteri	1								
PIIYHDISTEET									
Dekametyylisyklopentasiloksaani		1	5	2		2	2		
Dodekametyylipentasiloksaani			7				3		
Heksametyylisyklotrisiloksaani						1			

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oyn antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Näyte	10								
Näytteenottoaika (min)	50								
Näytetilavuus (l)	6.5								
Ryhmä ja yhdiste	µg/m³								
TVOC	<20								
ALIFAATTISET HIILIVEDYT									
2,2,4,4-Tetrametyylioktaani									
2,2,4,6,6-Pentametyyliheptaani									
Dekaani									
Heptaani									
Metyylisyklopentaani	1								
Nonaani									
Undekaani									
AROMAATTISET HIILIVEDYT									
Etylibentseeni									
Tolueni	2								
Tolueni*	2								
m-Ksyleeni									
o-Ksyleeni									
p-Ksyleeni									
TERPEENIT									
3-Kareeni									
alfa-Pineeni	2								
YKSIARVOISET ALKOHOLIT									
2-Etyyli-1-heksanoli									
2-Etyyli-1-heksanoli*									
Isobutanoli									
ALDEHYDIT									
Bentsaldehydi	1								
Dekanaali									
Nonanaali									
ESTERIT JA LAKTONIT									
Etikkahapon butyyliesteri									
PIIYHDISTEET									
Dekametyylisyklopentasiloksaani									
Dodekametyylipentasiloksaani									
Heksametyylisyklotrisiloksaani									
*) Tulos laskettu yhdisteen omalla vasteella									

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu



269771/VC

TUTKIMUSRAPORTTI
28.8.2025
4/4**ANALYYSIT**

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

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

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

MÄÄRITYSRAJA

Yksittäisen yhdisteen määrittäysraja on 5 litran näytteelle keskimäärin 0,1 µg/m³. TVOC-pitoisuudelle määrittäysraja on 20 µg/m³.

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusväillä) katsoa olevan. TVOC-tuloksen mittausepävarmuus ilman näytteenottoa on 27 % (luottamusväillä 95 %). Yksittäisten, oman vertailuaineen avulla määritettävien yhdisteiden mittausepävarmuudet ovat (suluissa tolueeniekvivalenttituloksen mittausepävarmuus): Tolueeni 19% (20%), Styreeni 23% (37%), 2-Etyyli-1-heksanoli 33% (95%), Naftaleeni 30% (45%) ja TXIB 41% (40%). Tolueeniekvivalenttina määritettyjen yhdisteiden pitoisuuden määrittäminen on semikvantitatiivinen. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.



Arja Asikainen
tutkija, FT
p. +358 44 776 0471
arja.asikainen@labroc.fi

VIITTEET

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

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

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

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

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Sisäilman mineraalivillakuidut



271563/MVL

TUTKIMUSRAPORTTI
5.9.2025
1/1

TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN PITOISUUS LASKEUMAPÖLYSTÄ			
Tilaaaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Tilauspäivä:	2.9.2025
Kohde:	Karjaan koulu	Toimitettu laboratorioon:	3.9.2025
Projektinnumero:	24-1558-1	Laboratorio:	Kuopio
Menetelmät: Geeliteipille kerätystä laskeumapölystä laskettiin valo-/polarisaatiomikroskooppia käyttäen teolliset mineraalikulut, joiden halkaisija on yli 3µm ja pituuden suhde halkaisijaan on vähintään 3:1. Sisäinen menetelmä pohjautuu menetelmään, joka on esitetty VTT:n tiedotteessa 2360 Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt (2006) sekä TTL:n ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2017). Menetelmän määritysraja yhdelle teippinäytteelle on 0,07 kuitua/cm2. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on 30%. Näytteissä, jotka eivät ole 14 vrk laskeumapölynäytteitä ja joiden kuitupitoisuus on yli 7 kuitua/cm2 liittyy laboratorion teknisen mittausepävarmuuden lisäksi poissolin jakaumasta tuleva hiukkasjakauman mittausepävarmuus. Poissolin jakaumasta johtuva mittausepävarmuus on korkeintaan 19%. Laskelma ei huomioi näytteenoton mittausepävarmuutta. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiantannosta KSE 2013 mukaisesti. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.			
Näytteenottaja: Elli Laine			
Näyte ¹	Näytteenottopaikka ¹	Näytteen kertymäaika ¹	Kuitua/ cm ² *
1.1, 1.2, 1.3	Tila 148 1.1 oven luota kaapin päältä, 1.2 oven luota hyllyn päältä, 1.3 takaseinältä	14 vrk	1,64 0,50 0,07
2.1, 2.2, 2.3	Tila 207: 2.1 takaosan pöydältä, 2.2 ikkunalaudalta, 2.3 etuosan kaapin päältä	14 vrk	0,21 0,57 0,57
3.1, 3.2, 3.3	Tila 202: 3.1 etuosan hyllykkö, 3.2 takaosan matala kaappi, 3.3 takaosan kaapin päältä	14 vrk	<0,07 <0,07 0,07
4.1, 4.2, 4.3	Tila 102: 4.1 etuosa hyllykkö, 4.2 ikkunalaudalta, 4.3 korkean kaapin päältä	14 vrk	0,14 <0,07 0,07
5.1, 5.2, 5.3	Tila 114: 5.1 open pöydältä, 5.2 ikkunapöydältä, 5.3 yläkaapin päältä	14 vrk	0,21 <0,07 0,36
6.1, 6.2, 6.3	Tila 108: 6.1 korkean kaapin päältä, 6.2 kulmapöydältä, 6.3 yläkaapin päältä	14 vrk	<0,07 0,07 0,14
7.1, 7.2, 7.3	Tila 143: 7.1 takaosa, 7.2 sivuseinä korkean kaapin päältä, 7.3 ikkunasisu pöydän päältä	14 vrk	0,07 <0,07 0,07
8.1, 8.2, 8.3	Tila 109: 8.1 open pöydältä, 8.2 takaa pöydän päältä, 8.3 yläkaapin päältä sivuseinältä	14 vrk	0,07 0,29 0,50
9.1, 9.2, 9.3	Tila 212: 9.1 ikkunapöydältä, 9.2 sivuseinältä yläkaapin päältä, 9.3 takaosasta yläkaapin päältä	14 vrk	<0,07 <0,07 0,07
10.1, 10.2, 10.3	Tila 217: 10.1 oven luota pöydältä, 10.2 sähkökourun päältä kahvipöydän kohta, 10.3 sähkökourun päältä tulostimen takaa	14 vrk	0,07 0,07 <0,07

*STM:n asetus 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellistä olosuhteista määrittelee teollisten mineraalivillakuitujen toimenpiderajaksi 0,2 kuitua/cm2 kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje suosittelee otettavan vähintään kolme näytettä/tila. Toimenpiderajaa IV-kanaviston sisäpintojen kuitupitoisuudelle ei ole asetuksessa määritetty.

¹-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot



Henri Pödduikin
tutkija
p. +358 44 776 0475
henri.poddaukin@labroc.fi

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 2544332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

Sisäilman pölynkoostumus



271563/PEM

TUTKIMUSRAPORTTI
09/09/2025
1/2

POLYNKOOSTUMUS		
Tilaaaja:	A-Insinöörit Suunnittelu Oy	Tilauspäivä: 02/09/2025
Kohde:	Karjaan koulu	Toimitettu laboratorioon: 03/09/2025
Projektinumero:	24-1558-1	Laboratorio: HKI, Konala
Menetelmät: Tilajan toimittamat pyyhintänäytteet tai edustava osa siitä tutkittiin stereomikroskooppilla ja pyyhkäisyelektronimikroskooppilla. Näytteestä tutkittiin seuraavat pölytyypit: • silikaattinen kiviainespöly (tyypillisesti katupöly tai rakennusmateriaaleista peräisin oleva kivipöly) • rakennusmateriaalipöly (kalkkikivi, kipsi, Ti-oksidi) • metallipöly • ulkoilmapöly (kasvi-/hyönteisperäinen pöly, siitepöly) • tiöit ilman lajittamista • huonepöly (tekstiilikuidut, hilse, karvat, kloridit, selluloosakuidut) Myös edellä mainituista pölytyypeistä poikkeavat partikkelit raportoidaan, mikäli sellaisia näytteessä havaitaan. Pölytyypit tunnistetaan niiden ulkomuodon sekä alkuainekoostumuksen perusteella, ja niiden suhteellista määrää näytteessä arvioidaan silmämääräisesti. Suhteellinen määränarvio on kuvattu: (+++) = runsaasti, (++) = jonkin verran, (+) = yksittäisesti. Mineraalivillakuitujen määrä arvioidaan asteikolla: (+++) = runsaasti, (++) = jonkin verran, (+) = yksittäisesti. Menetelmällä ei voida määrittää sellaista orgaanista pölyä, jota ei voida ulkomuodon perusteella tunnistaa. Tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Labroc Oy vastaa toimeksiantajasta KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.		
Näytteenottaja: Elli Laine		
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Pölynkoostumus
1.1, 1.2, 1.3	Tila 148 1.1 oven luota kaapin päältä, 1.2 oven luota hyllyn päältä, 1.3 takaseinältä	• silikaattinen kiviainespöly (+) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly (++) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • muuta • orgaanista pölyä (+++) • teollisia mineraalikuuita • kivivilla (+)
2.1, 2.2, 2.3	Tila 207: 2.1 takaosan pöydältä, 2.2 ikkunalaudalta, 2.3 etuosan kaapin päältä	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (+++) • hilse (++) • karvat (++) • kloridit (+) • teollisia mineraalikuuita • kivivilla (+)
3.1, 3.2, 3.3	Tila 202: 3.1 etuosan hyllykkö, 3.2 takaosan matala kaappi, 3.3 takaosan kaapin päältä	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly (++) • siitepöly (++) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (+++) • hilse (+++) • karvat (++) • kloridit (+)
4.1, 4.2, 4.3	Tila 102: 4.1 etuosa hyllykkö, 4.2 ikkunalaudalta, 4.3 korkean kaapin päältä	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly (+) • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (++) • hilse (++) • karvat (+) • teollisia mineraalikuuita • kivivilla (+)
5.1, 5.2, 5.3	Tila 114: 5.1 open pöydältä, 5.2 ikkunapöydältä, 5.3 yläkaapin päältä	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (++) • metallipöly • rauta (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (++) • hilse (++) • karvat (+)

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Labroc Oy:n antaman kirjallisen luvan perusteella.

WWW.LABROC.FI | Y-TUNNUS: 254332-6 | PUH. 010 524 9580
OULU | KUOPIO | JYVÄSKYLÄ | TAMPERE | HELSINKI | TURKU

24-1558-1 Karjaan yhteiskoulu

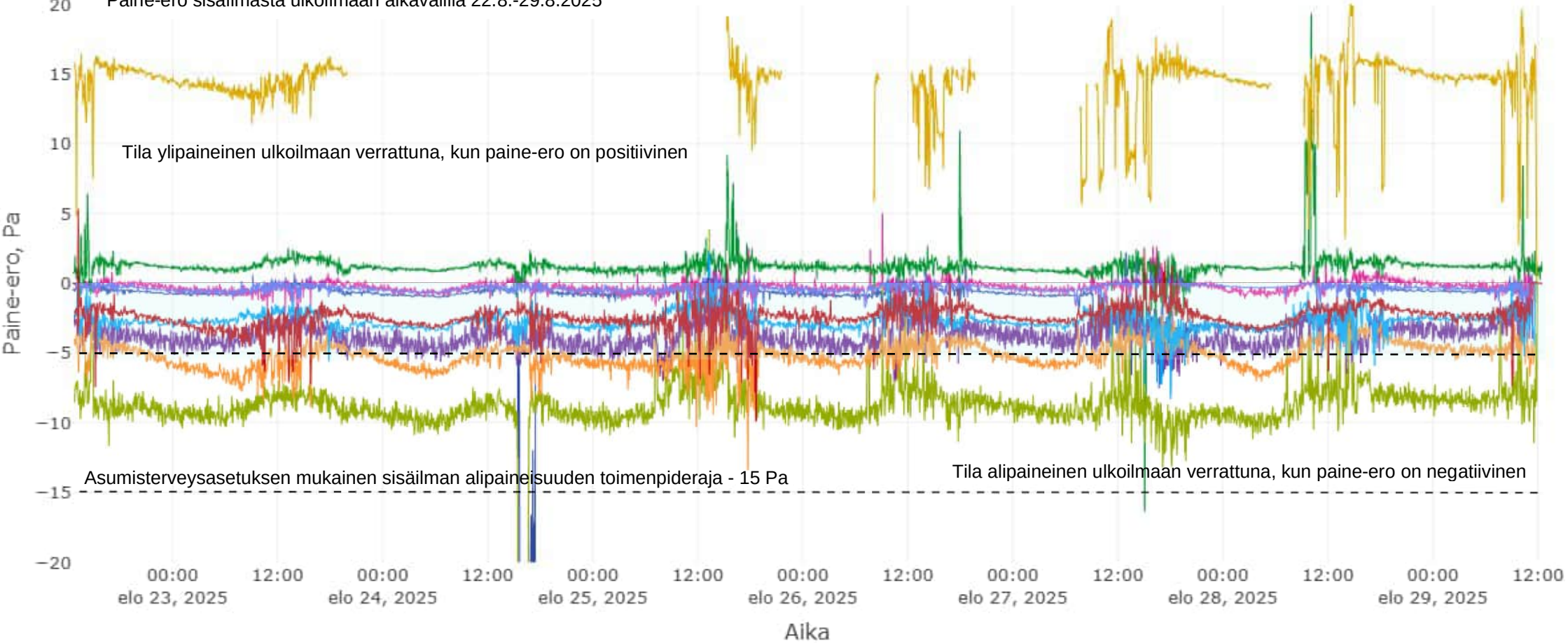
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Pölynkoostumus
6.1, 6.2, 6.3	Tila 108: 6.1 korkean kaapin päältä, 6.2 kulmapöydältä, 6.3 yläkaapin päältä	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly (+) • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (++) • hilse (+++) • karvat (++)
7.1, 7.2, 7.3	Tila 143: 7.1 takaosa, 7.2 sivuseinä korkean kaapin päältä, 7.3 ikkunasivu pöydän päältä	• silikaattinen kiviainespöly (+++) • ulkoilmapölyä • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (++) • huonepölyä • tekstiilikuidut (+++) • hilse (+++) • karvat (++)
8.1, 8.2, 8.3	Tila 109: 8.1 open pöydältä, 8.2 takaa pöydän päältä, 8.3 yläkaapin päältä sivuseinältä	• silikaattinen kiviainespöly (+) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly () • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (++) • hilse (++) • karvat (++)
9.1, 9.2, 9.3	Tila 212: 9.1 ikkunapöydältä, 9.2 sivuseinältä yläkaapin päältä, 9.3 takaosasta yläkaapin päältä	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly (++) • siitepöly (++) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (++) • huonepölyä • tekstiilikuidut (+++) • hilse (+++) • karvat (++) • muuta • orgaanista pölyä (+) • teollisia mineraalikuuituja • kivivilla (+)
10.1, 10.2, 10.3	Tila 217: 10.1 oven luota pöydältä, 10.2 sähkökourun päältä kahvipöydän kohta, 10.3 sähkökourun päältä tulostimen takaa	• silikaattinen kiviainespöly (++) • ulkoilmapölyä • kasvi-/hyönteisperäinen pöly (+) • siitepöly (+) • rakennusmateriaalipölyä • kalkkikivi (+) • huonepölyä • tekstiilikuidut (+++) • hilse (+++) • karvat (++) • kloridit (+)

Lisätietoja:
Näyte 1: Tunnistamattoman orgaanisen pölyn (mahdollisesti puupöly) suuri määrä voi vaikuttaa analyysin luotettavuuteen.

Einar Sulkanen
tutkija, geologi, FT
p. +358 50 551 1363
einar.sulkanen@labroc.fi

Karjaan yhteiskoulu

Paine-ero sisäilmasta ulkoilmaan aikavälillä 22.8.-29.8.2025



Suositeltava sisäilman alipaineisuus ulkoilmaan verrattuna -5...0 Pa (koneellinen tulo-poisto)

PE4 lk 207 PE8 lk 212 PE3 puutyö DLS4 lk 109 PE lk 108 POC23 lk 114 POC20 lk 143 POC21 lk 102 POC22 lk 202

Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa] Pres [Pa]

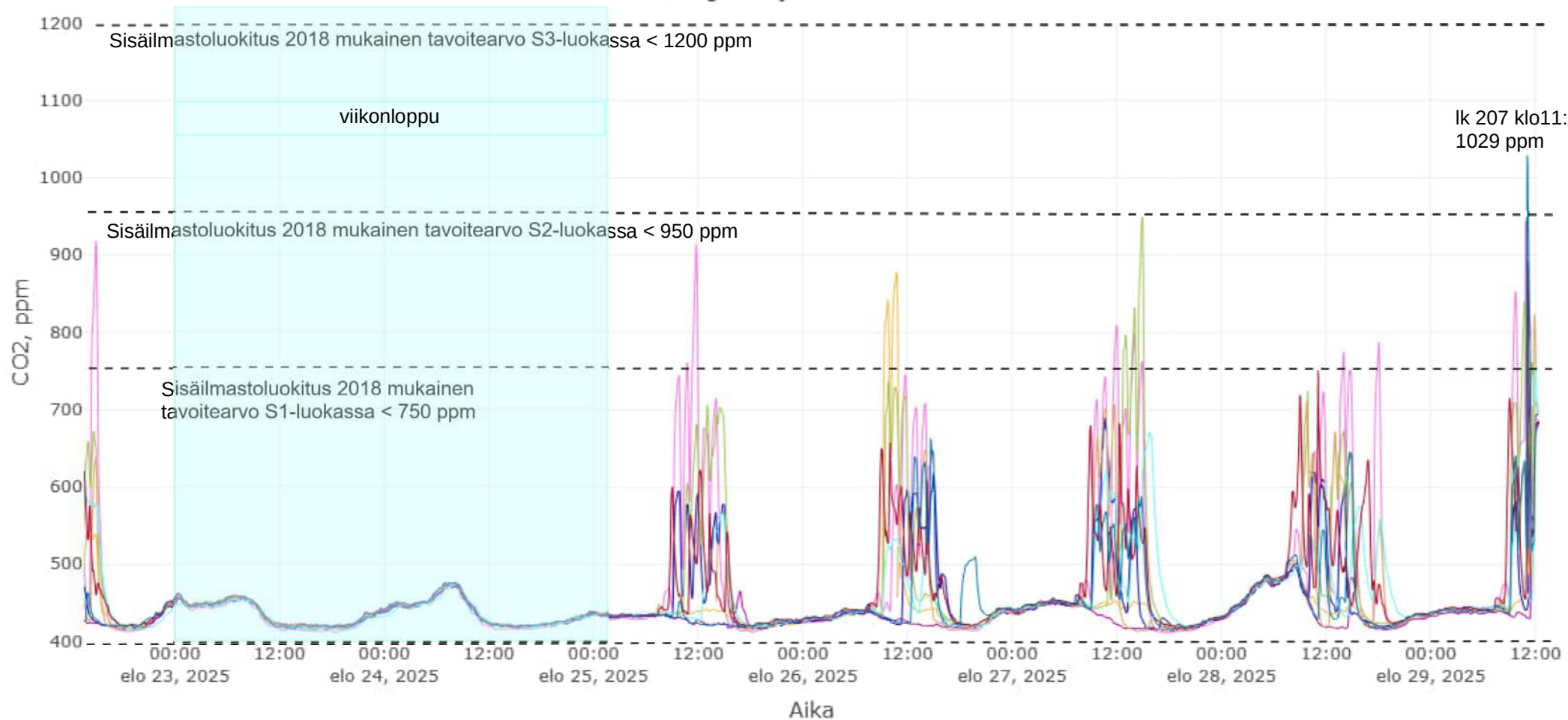
POC19 lk 217

Pres [Pa]

Sisäilman hiilidioksidipitoisuus aikavälillä 22.8.-29.8.2025

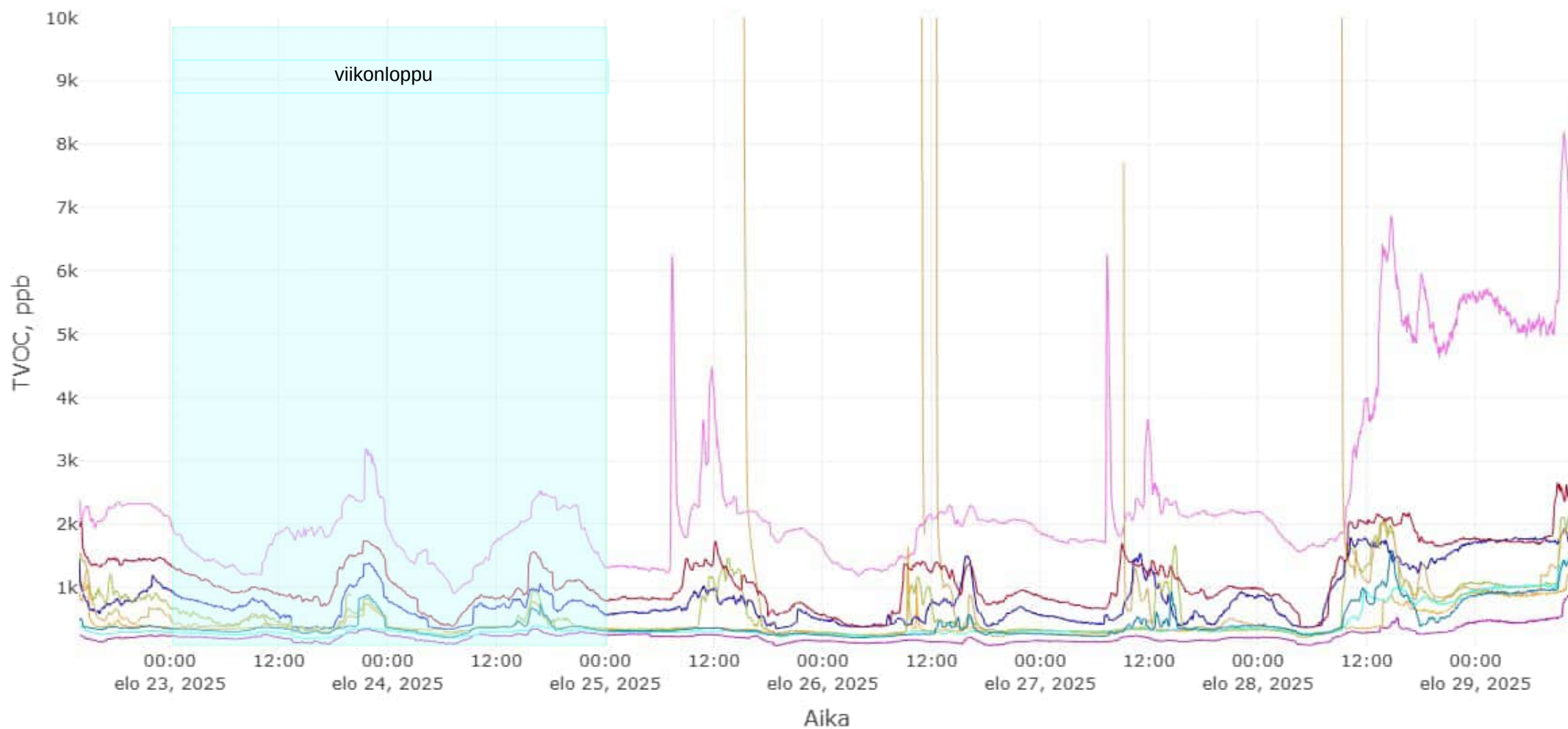
Karjaan yhteiskoulu

Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja 1550 ppm



VOC Ik 212 VOC Ik 102 VOC Ik 109 VOC Ik 108 VOC Ik 114 VOC Ik 143 VOC Ik 202 VOC Ik 217 VOC Ik 207
 — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm] — CO₂ [ppm]

Karjaan yhteiskoulu

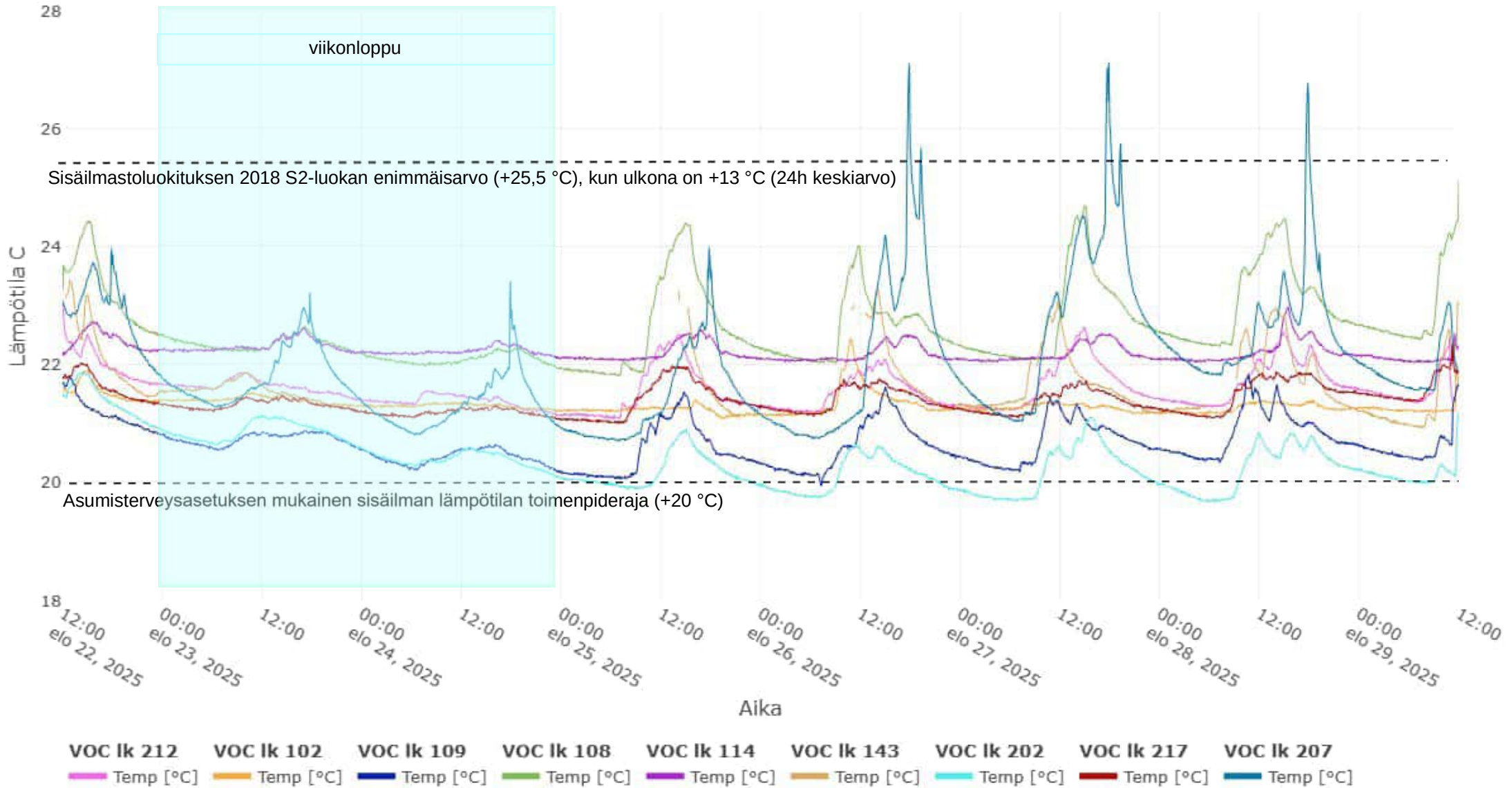


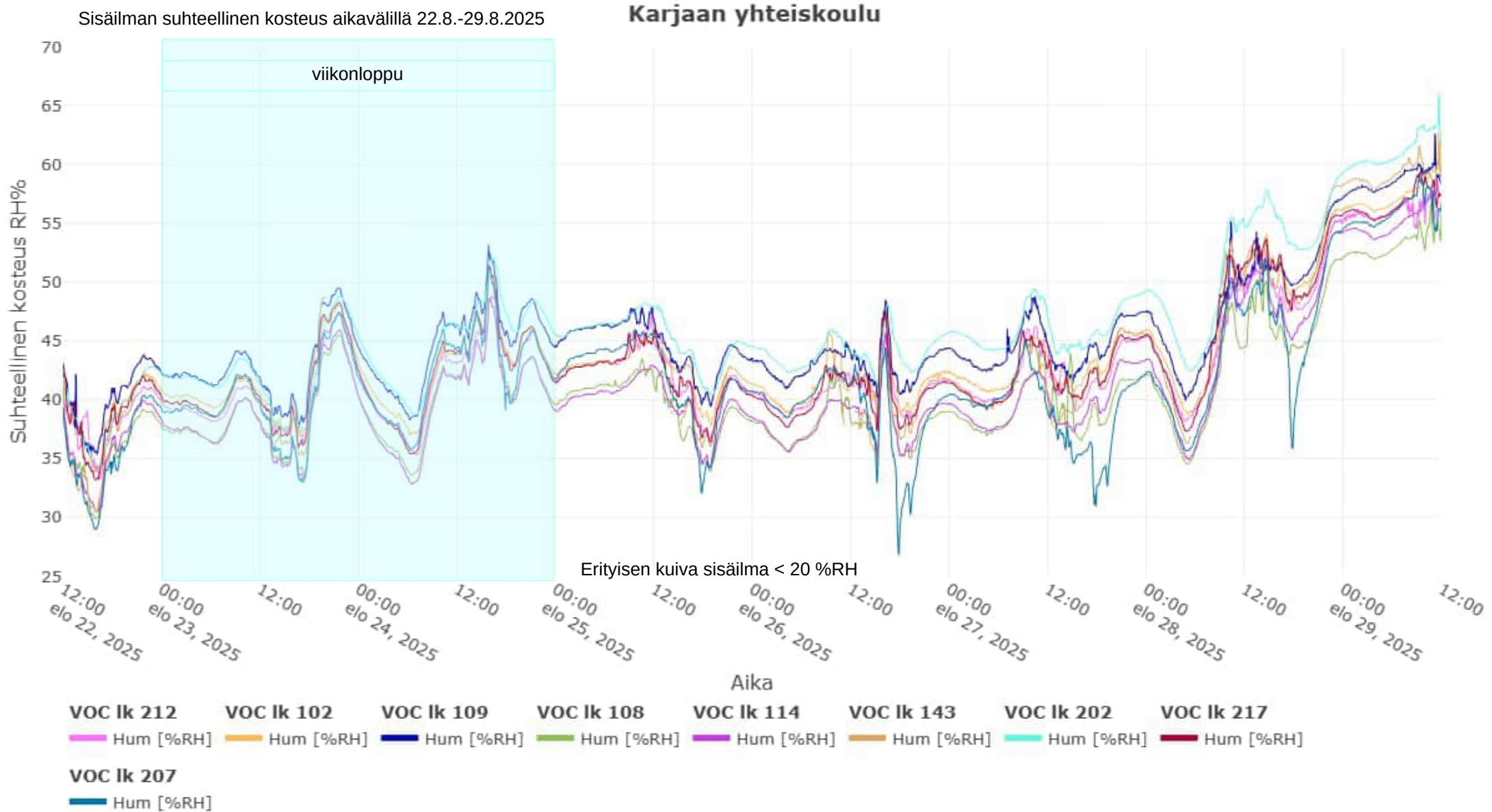
VOC I_k 212 VOC I_k 102 VOC I_k 109 VOC I_k 108 VOC I_k 114 VOC I_k 143 VOC I_k 202 VOC I_k 217 VOC I_k 207

Tvoc [ppb] Tvoc [ppb] Tvoc [ppb] TVOC [ppb] TVOC [ppb] TVOC [ppb] Tvoc [ppb] TVOC [ppb] TVOC [ppb]

Sisäilman lämpötila aikavälillä 22.-29.8.2025

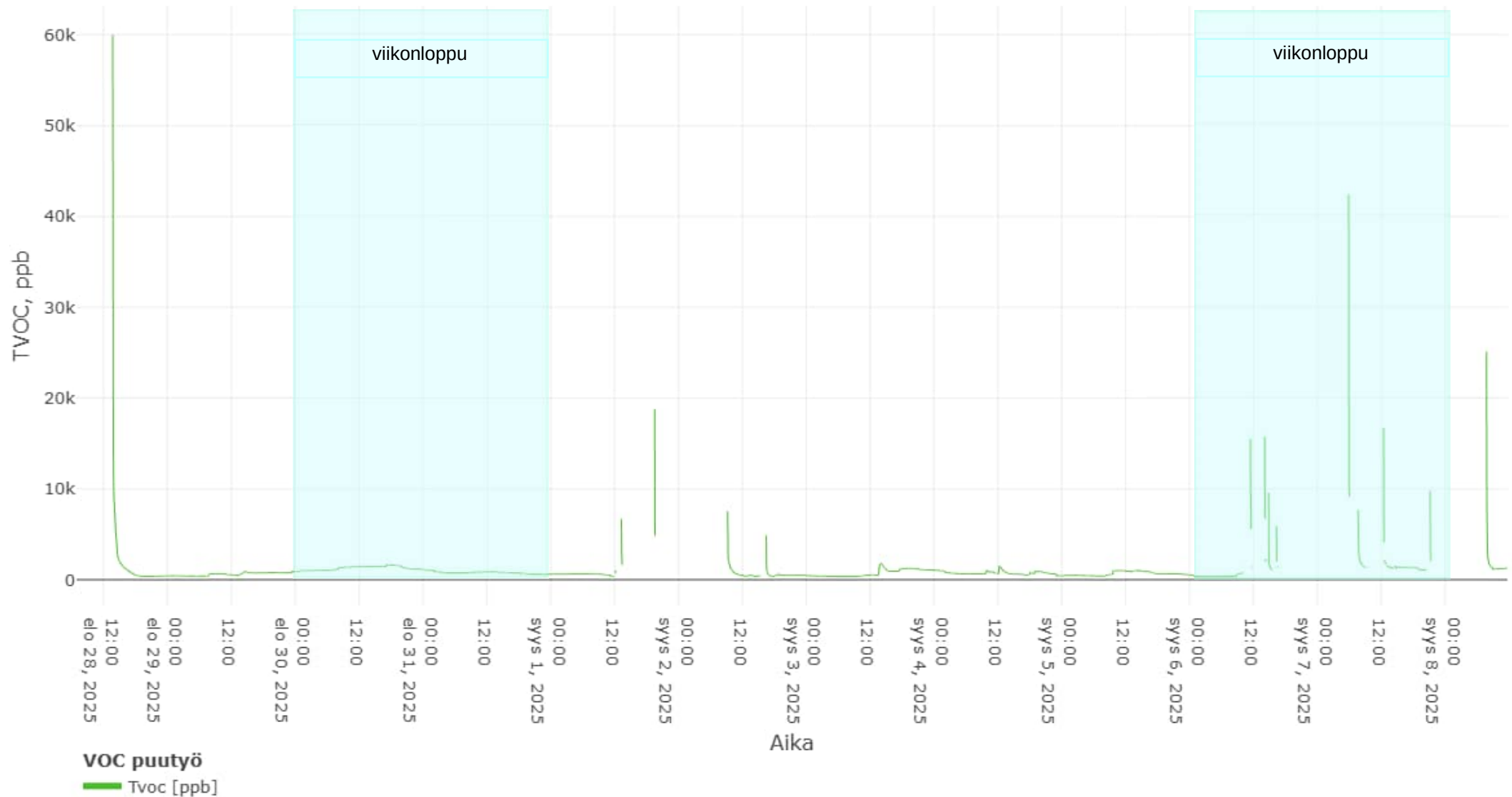
Karjaan yhteiskoulu



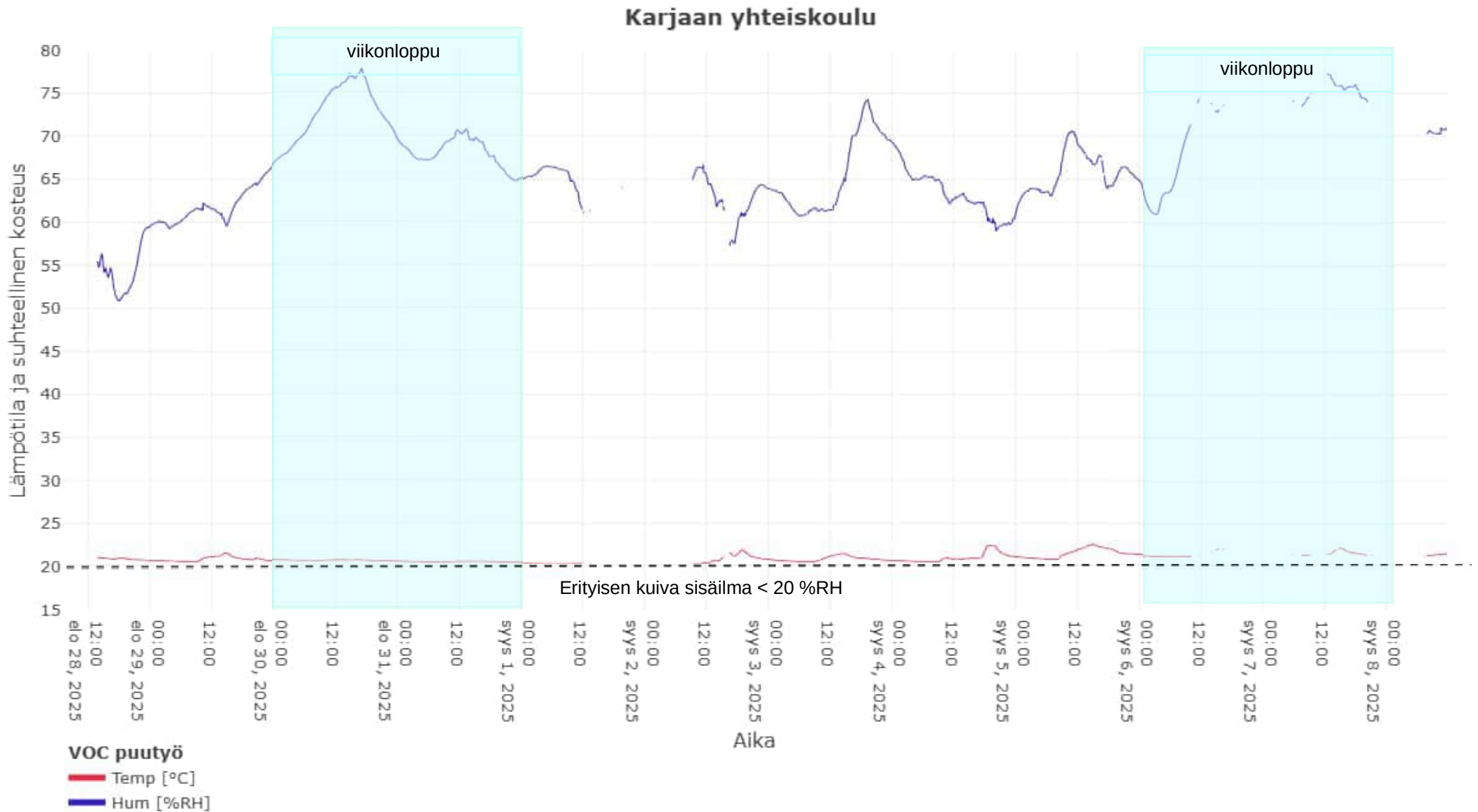


Puutyöluokan TVOC-pitoisuudet aikavälillä 28.8.-8.9.2025

Karjaan yhteiskoulu

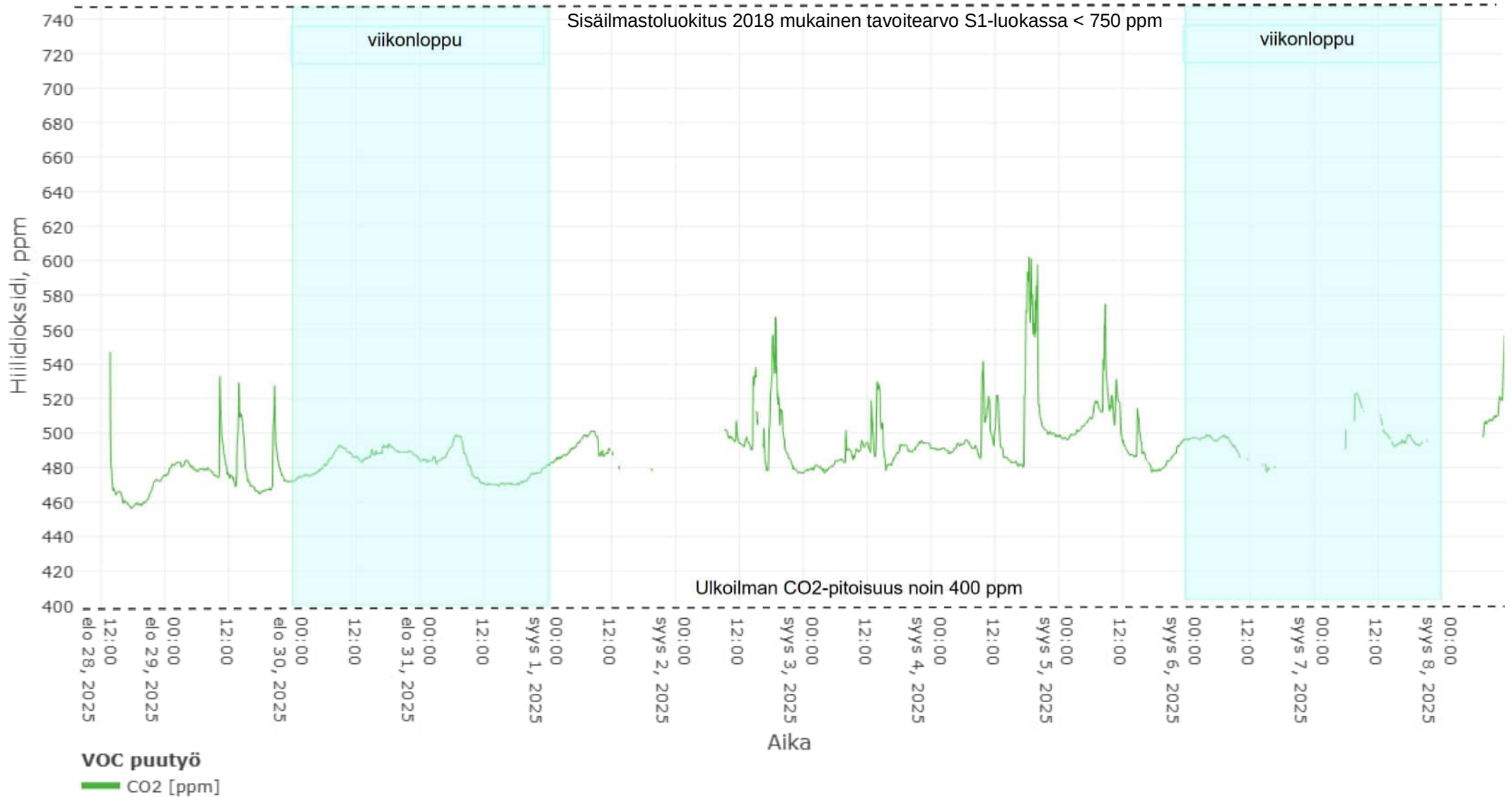


Puutyöluokan olosuhteet aikavälillä 28.8.-8.9.2025



Puutyöluokan hiilidioksidi aikavälillä 28.8.-8.9.2025

Karjaan yhteiskoulu



SISÄLLYSLUETTELO

1	Laitteiden kalibrointi	2
2	Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset	2
2.1	Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitujen laskenta	2
2.2	Pinnoille laskeutuneen pölyn koostumus ja laatu	4
3	Pitkäaikaiset paine-eromittaukset.....	5
4	Sisäilman lämpötila	6
5	Sisäilman suhteellinen kosteus	9
6	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	10
7	Sisäilman mikrobialyysit	11
8	Sisäilman VOC-näytteet	13

1 Laitteiden kalibrointi

Mittalaitteet on kalibroitu noin vuoden välein. Tämä koskee seuraavia mittalaitteita:

- Gann Hydrotest LG1, LG2 tai LG3 -pintakosteudenosoittimet ja B50/LB70/LB71 -mittausanturit
- Vaisala HM40 ja HM41 -mittalaitteet ja HMP40S, HM42 Probe ja HMP42 mittapäät (rakennekosteusmittaukset)
- Testo 435-4 -yhdistelmämittari
- Testo 512 -paine-eromittari
- Tinytag TGPR-0704 ja TGC-0046 (paine-eron seurantamittaukset)
- Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505 (sisäilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset)
- Tinytag TGE-0010 (sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset)
- Andersen-keräimen ilmapumppu (lisäksi ultraäänipesu kalibroinnin yhteydessä)

Kalibrointitodistukset saa nähtäville niitä erikseen pyydettyäessä.

2 Pinnoille laskeutuneen pölyn tutkimukset

2.1 Pinnoille laskeutuneen pölyn mineraalikuitujen laskenta

Tutkimusmenetelmällä selvitetään, esiintyykö tasopinnoille laskeutuvassa pölyssä poikkeavia pitoisuuksia teollisia mineraalivillakuituja. Asuin- ja toimistotiloissa esiintyvät teolliset mineraalikuidut ovat pääsääntöisesti eristevillakuituja, joiden lähteinä ovat yleensä tuloilmajärjestelmissä käytetyt äänenvaimennusmateriaalit, putkien ja läpivientien avonaiset mineraalivillaeristeet, suojaamattomat tai rikkonaiset akustiikkalevyt sekä rakenteiden lämmöneristeet. Teollisia mineraalikuituja esiintyy pieninä pitoisuuksina lähes kaikissa rakennuksissa. Myös harvoin siivotut pinnat voivat toimia kuitulähteenä.

Näytteenotto

Tilojen sisäilman kuitupitoisuutta voidaan selvittää tarvittaessa harvoin siivotuilta pinnoilta, mutta toimenpiderajat on asetettu 14 vuorokauden pölylaskeumalle. Tutkittavaan huonetilaan asetetaan hengityskorkeudelle näytteenkeräyspiste, josta kahden viikon kuluttua kerätään näyte joko imuroimalla näytekoteloon tai ottamalla näyte geeliteipillä. Geeliteippiä käytettäessä tulee ottaa vähintään 3 näytettä/tila. Ohjeen mukaan tulee lisäksi ottaa myös ns. nollanäyte, jolla varmistetaan näytteenottomenetelmän puhtaus. Nollanäyte otetaan heti pinnan puhdistamisen jälkeen joko samalta pinnalta kuin varsinainen näyte tai vastaavalla tavalla puhdistetulta pinnalta.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Harvoin siivotulta pinnalta (ei tiedossa olevaa laskeuma-aikaa) ei voida tehdä yksiselitteistä raja-arvoihin perustuvaa tulkintaa, mutta voidaan tehdä tulkintoja mahdollisista epäpuhtauslähteistä, kun myös tuloilmakanavista otetaan näytteitä.

Analyysitulokset ilmoitetaan kuitujen lukumääränä pinta-alaa kohden (kuitua/cm²). Näytteistä lasketaan valomikroskooppisesti 100-kertaisella suurennuksella ne teolliset mineraalikuidut, joiden halkaisija on vähintään 3 µm ja pituuden suhde halkaisijaan vähintään 3:1

Synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos kuitupitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (pöydät ym.) ovat alle 0,2 kuitua/cm² (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, 8/2016). Harvoin siivotuilla pinnoilla kuitupitoisuuden tulisi olla alle 3 kpl/cm². Jos kuitujen lukumäärät harvoin siivotuilla pinnoilla ovat yli 10 kpl/cm², tulee siivousta tehostaa tai muuttaa menetelmiä (Työterveyslaitos). Tarkemmat tutkimusmenetelmät on esitetty laboratorion analyysivastauksessa.

Jos yksikin kolmesta näytteestä ylittää kuitupitoisuuden raja-arvon, toimenpideraja ylittyy tutkittavassa tilassa. Näytteiden mittausepävarmuus on myös huomioitava tuloksen tulkinnassa eli tilan toimenpideraja ylittyy myös, jos yksikin tulos ylittää 0,2 kuitua/cm² mittausepävarmuuden alarajalla.

2.2 Pinnoille laskeutuneen pölyn koostumus ja laatu

Tutkimusmenetelmällä voidaan selvittää sisältääkö tasopinnoille laskeutunut pöly poikkeavia pitoisuuksia esim. teollisia mineraalikuituja (vuorivilla, lasivilla, lasikuidut, keraamiset kuidut), kiviainespölyä, siitepölyä, rakennusmateriaalipölyä, metallihiukkasia, asbestikuituja ja homeitiöitä. Pölyn koostumusta tutkittiin pinnoille laskeutuneesta pölystä.

Näytteenotto

Näytteenottopisteen ei tulisi sijoittua tulo- tai poistoilmapäätelaitteen viereen. Ennen näytteenottoa tutkittava pinta puhdistetaan ja näyte otetaan pääsääntöisesti 2 viikon laskeuma-ajan jälkeen. Myös vanhan pölyn näytteenotto on mahdollista. Pölynäyte otetaan tasopinnoilta Minigrip-pussiin, kääntämällä pussi nurin päin ja pyyhkimällä sillä tutkittavaa pintaa. Näytteenotossa tulee huolehtia, ettei pussi rikkoudu esim. terävään reunaan. Vanhempaa pölyä ei yleensä ole syytä ottaa, koska tällöin vanha pöly vaikeuttaa analyysin tekoa. Jos pölyä ei ole kertynyt tarpeeksi, pyyhintäpinta-alaa voi tarvittaessa suurentaa.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Asbestikuitujen esiintymistä pinnoille laskeutuneessa pölyssä pidetään toimenpiderajan ylittymisenä. Sisäilman asbestikuitujen pitoisuus ei saa ylittää 0,01 kuitua/cm³. (Asumisterveysasetus 19 §)

Tilanteissa, joissa asbestikuituja esiintyy huonepinnoilla, mutta ilmapitoisuus jää alle 0,01 kuitua/cm³, on ilmapitoisuuden toimenpideraja määräävämpi tekijä. Huonepinnoilla voi joissain tapauksissa esiintyä yksittäisiä asbestikuituja ilman, että rakennuksessa on varsinaisia asbestilähteitä (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, 8/2016).

Ei ole olemassa viranomaisten asettamia viitearvoja muiden kuin asbestin osalta.

Pölyn koostumus tutkitaan stereo- ja/tai pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Hiukkasista raportoidaan vähintään mineraalivillakuidut, homeitiöt, rakennusmateriaaliperäiset hiukkaset sekä muu mahdollinen poikkeavuus ja tavanomainen huonepöly.

Mineraalivillakuitujen määräärvio ilmoitetaan painoprosentteina (p -%) kerätystä näytteestä. Mahdolliset asbestikuidut raportoidaan laadullisesti (Ympäristöopas 2016).

Tarkemmat tutkimusmenetelmät esitetään laboratorion analyysivastauksessa.

3 Pitkäaikaiset paine-eromittaukset

Paine-eromittauksella voidaan arvioida ilmanvaihdon toimivuutta, tasapainotilaa ja sen vaikutusta rakennuksen paine-eroihin tilakohtaisesti. Mittauksella voidaan myös arvioida mahdollisten epäpuhtauksien siirtymistä rakenteista sisäilmaan. Pitkäkestoisilla paine-eromittauksilla viitataan yleensä vähintään viikon, mutta yleensä kaksi viikkoa kestäviin paine-eron seurantamittauksiin.

Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- Dwyer Magnesence ja Pro dual -paine-eronäytöt ja Tinytag TGPR-0704 -paine-erologgeri sekä Beck-anturi ja Tinytag TGC 0046 -paine-erologgeri avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on $\pm 1 \%$ ($\pm 50\text{Pa}$).
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on $\pm 3 \%$ lukemasta, 0-pistetarkkuus $\pm 0,1 \text{ Pa}$.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Rakennuksen ja ulkoilman välillä mitattuihin painesuhteisiin vaikuttavat rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä, rakennuksen sisälle lämpötilaeroista muodostuva paine-ero (savupiippuvaikutus) ja tutkimushetkellä vallinneet tuuliolosuhteet.

Vuonna 2015 voimaan astuneen Asumisterveysasetuksen (545/2015) soveltamisohjeen mukaan: *Jos rakennuksen alipaineisuus on yli 15 Pascalia (Pa), niin alipaineisuuden syy tulee selvittää ja ilmanvaihtoa mahdollisuuksien mukaan tasapainottaa. Tällä vähennetään vuotoilmavirtauksia ja niiden mukana kulkeutuvia epäpuhtauksia.*

Jos rakennus on ylipaineinen ulkoilmaan nähden ilmanvaihdon toiminnasta johtuen, tulee ylipaineen syy selvittää ja ilmanvaihtoa tasapainottaa. Hetkellinen ylipaineisuus on mahdollista tuuliolosuhteista tai rakennuksen geometriasta johtuen, eikä vaadi korjaustoimenpiteitä.

Asumisterveysoppaan (Aurola R. ja Välikylä T., 2009) mukaan tilat, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, olisi suositeltavaa olla 0...-2 Pascalia alipaineisia ulkoilmaan nähden. Kokemusperäisesti voidaan todeta, että rakennus, jossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, olisi suositeltavaa olla 0...-5 Pascalia alipaineinen ulkoilmaan nähden, jolloin rakenteista ei tapahdu merkittäviä ilmavuotoja sisäilmaan päin.

4 Sisäilman lämpötila

Tutkimusvälineet

Sisäilman lämpötilan seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- (Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505) avulla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on lämpötila-alueella $0\text{ °C} \dots 50\text{ °C} \pm 0,35 \dots 0,5\text{ °C}$.
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on $\pm 0,3\text{ °C}$.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan lämpötilojen toimenpiderajat ovat seuraavat:

- Lämmityskaudella asuinhuoneistoissa lämpötilan tulisi olla yli $+18\text{ °C}$ ja alle $+26\text{ °C}$. Lämmityskauden ulkopuolella asuinhuoneiston lämpötilan tulisi olla yli $+18\text{ °C}$ ja alle $+32\text{ °C}$
- Lämmityskaudella palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa huoneilman lämpötilan tulisi olla yli $+20\text{ °C}$ ja alle $+26\text{ °C}$.
- Lämmityskauden ulkopuolella lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja muissa vastaavissa tiloissa lämpötilan tulisi olla yli $+20\text{ °C}$ ja alle $+32\text{ °C}$

- Lämmityskauden ulkopuolella palvelutaloissa, vanhainkodeissa ja muissa vastaavissa tiloissa lämpötilan tulisi olla yli +20 °C ja alle +30 °C

Suomen säädöskokoelman (1009/2017) mukaan uuden rakennuksen suunniteltu huonelämpötila tulee olla lämmityskaudella 21 °C, mutta voi vaihdella välillä 20-25 °C ja lämmityskauden ulkopuolella välillä 20-27 °C. Rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää.

Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan sisäilman operatiivisen lämpötilan tavoitearvot ovat seuraavat:

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 ¹⁾	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ ¹⁾	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 ¹⁾	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	$< 22,5 + 0,166 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$> 20,5 + 0,075 \times t_u$	$> 20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$< 23 + 0,2 \times t_u$	$< 23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) ²⁾
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) ²⁾
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) ²⁾
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjästä]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

¹⁾ S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5$ °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

²⁾ Suluissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

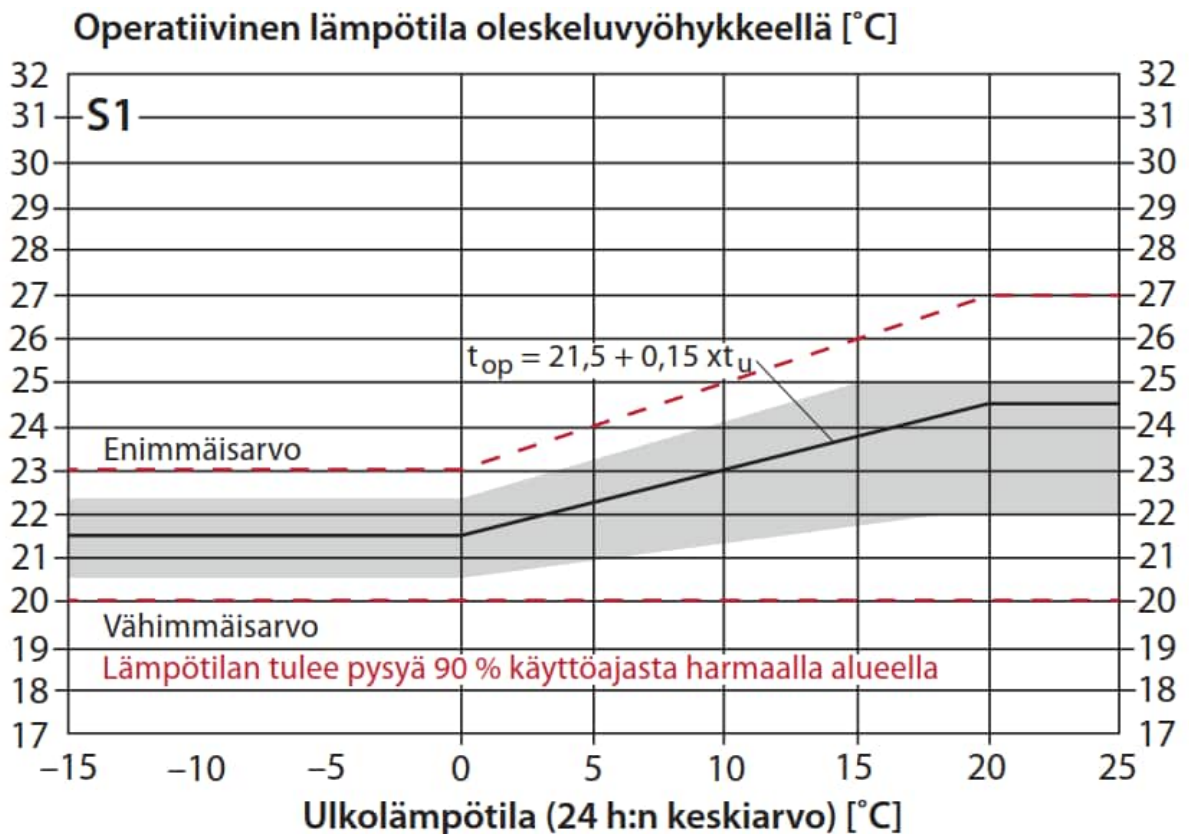
Kuva 1

Sisäilmastoluokituksen 2018 operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa.

Ukolämpötilalla t_u tarkoitetaan ulkoilman 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa lähimmällä säähavaintopaikalla. Tilan käyttäjän toivomuksesta voidaan sisälämpötilan antaa

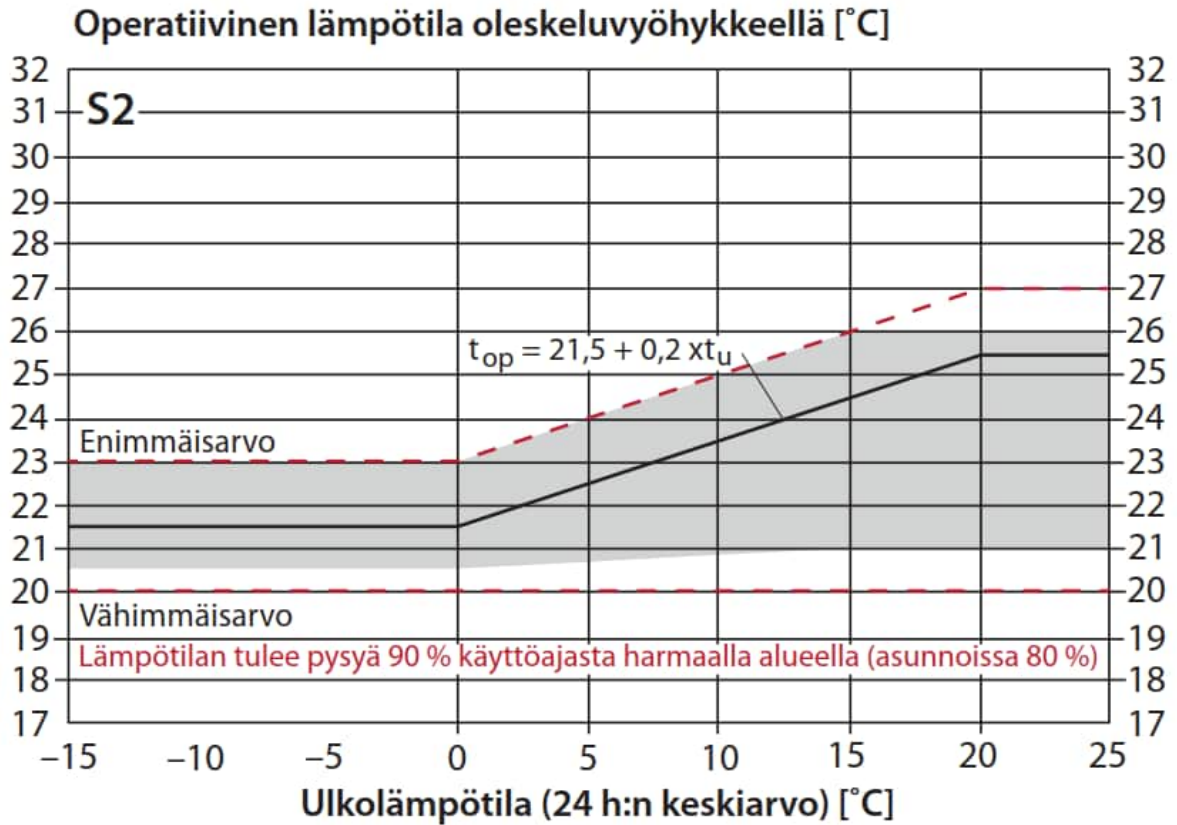
laskea alle tavoitetason tai antaa kesällä nousta yli tavoitetason. Operatiivisen lämpötilan tulee olla tavoitearvon sallitun vaihteluvälin alueella olosuhteiden pysyvyyden edellyttämä aika laskettuna rakennuksen suunnitellusta käyttöajasta. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa suunnitellulla käytöllä (mitoitussäällä tarkasteltuna käyttöaikana) alittaa vähimmäis- tai ylittää enimmäisarvoja.

Operatiivinen lämpötila mitataan esimerkiksi nestepatsaslämpömittarilla tai sähköisellä anturilla oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin (työpisteessä 0,6 m) korkeudelta standardin SFS EN 12599 mukaisesti. Operatiivisen lämpötilan asemasta voidaan usein tarkastella huonelämpötilaa. Kuitenkin, jos pintojen lämpötilat poikkeavat selvästi ilman lämpötilasta (esim. huonosti eristetty vaippa, 2-lasiset ikkunat, suuret ikkunat, useita ulko-seiniä, lattian alla lämmitämätön tila, auringonsäteily, lattialämmitys, kattolämmitys, jäähdytyskatto), määritetään operatiivinen lämpötila laskemalla se ilman ja pintojen lämpötiloista tai mittaamalla esimerkiksi pallolämpömittarilla standardin SFS EN 12599 mukaisesti.



Kuva 2

S1-luokan tavoitelämpötila-arvot. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta.



Kuva 3

S2-luokan tavoitelämpötila-arvot. Tummennettu alue kuvaa tavoitearvoaluetta.

5 Sisäilman suhteellinen kosteus

Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- Tinytag TGU-4500, TV-4500 ja TV-4505 mittalaitteilla. Käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuus on ± 3 %RH, kun lämpötila on 25 °C.
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on $\pm 1,8$ % (0...85 %RH).

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Huoneilman kosteus ei saa pitkäkestoisesti olla niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvuston riskiä (Sosiaali- ja terveysministeriö, Asumisterveysasetus 545/2015). Tarkkoja sisäilman suhteellisen kosteuden vaihteluvälin raja-arvoja ei ole asetettu. Huoneilman suhteellisen kosteuden suositeltavana vaihteluvälinä on pidetty 20 – 60%. Tähän vaikuttaa kuitenkin ilmastolliset tekijät, eikä se aina ole saavutettavissa. Talviaikaan kovalla pakkasella sisäilman suhteellinen kosteus saattaa yleensä tippua melko matalalle. Jos sisäilma on erityisen kuivaa (< 20 %) pidemmän ajan, käyttäjät voivat tuntea sen epämiellyttäväksi. Alhaisella huoneilman kosteudella on todettu olevan yhteyttä hengitystieoireisiin.

Sisäilman suhteellista kosteutta tulisi tarkastella kosteuslisänä ulkoilman vallitsevaan kosteuspitoisuuteen verrattuna, tarkasteltaessa kosteuden vaikutusta rakenteisiin. Mikäli kosteuslisä on suurempi kuin 3-4 g/m³, mikrobikasvun riski rakenteissa ja sen pinnoilla lisääntyy (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016).

6 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Tutkimusvälineet

Sisäilman seurantamittaukset suoritetaan kaluston saatavuuden mukaan jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla:

- Tinytag TGE-0010 mittalaitteella. Käytetyn mittalaitteen mittaustarkkuus on ± 50 ppm.
- Miran DLS loggerijärjestelmällä, jonka mittaustarkkuus on ± 30 ppm tai ± 3 % luke-masta.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on suurempi kuin 2100 mg/m³ (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. (Sosiaali- ja terveysministeriö, Asumisterveysasetus 545/2015). Ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden

yleisenä arvona voidaan pitää 400 ppm. 1550 ppm pitoisuuden ylittyessä huoneilmassa, toimenpiderajan voidaan katsoa ylittyvän.

Sisäilmastoluokitus 2018:n mukaan hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot ovat eri sisäilmastoluokissa seuraavat, kun ulkoilman hiilidioksiditasona pidetään 400 ppm*:

S1 < 750 ppm

S2 < 950 ppm

S3 < 1200 ppm

**Hiilidioksidipitoisuustavoite koskee ihmisperäistä hiilidioksidia. Olosuhteiden pysyvyyttä tarkastellaan yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla.*

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on riippuvainen sijainnista ja vuodenajasta. Talviaikaan hiilidioksidipitoisuus on kesäaikaan nähden hieman korkeampi, kun kasvillisuus on lumen peitossa. Kaupunkialueella ja liikennöidyillä alueilla hiilidioksidipitoisuus on myös tyypillisesti korkeampi.

Hiilidioksidin suuri pitoisuus sisäilmassa on yleensä viite tilan riittämättömästä ilmanvaihdosta ja voi aiheuttaa tilan käyttäjälle väsymystä, päänsärkyä ja työskentelytehon huononemista.

7 Sisäilman mikrobianalyysit

Mittauksen suoritus

Näytteenottoajankohdaksi suositellaan talviaikaa, kun ulkoilman sieni-itiö ja sädesieni-pitoisuudet ovat pienimmillään. Näytteenotossa tulee huomioida mm. lemmikkieläimet, kasvit, käyttötapa ja käyttäjät. Näytteenottopisteen ei tulisi sijoittua tulo- tai poistoilmapäätelaitteiden välittömään yhteyteen. Mikäli näytteitä otetaan talvikauden ulkopuolella tai leudolla kelillä, tulee ulkoilmasta ottaa vähintään yksi ulkoilman vertailunäyte.

Tutkimusvälineet

Sisäilman mikrobinäytteidenottoon käytetään 6-vaiheimpaktoria (ns. Andersen-keräin). Ilmanäytteen keräyksessä käytettiin kolmea eri kasvatusalustaa.

Viitearvot

Terveysperusteisia raja-arvoja sisäilman sieni-itiöpitoisuuksille ei toistaiseksi ole olemassa. Analyysivastauksessa sisäilman elinkykyisten mikrobien määrä ilmoitetaan yksikössä pmy/m³ (pesäkkeen muodostava yksikkö / kuutiometri). Vieraskielinen vastine yksikölle pmy on cfu.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (Valvira 8/2016) annettujen tulkintaohjeiden mukaan taajamassa sijaitsevien asuinrakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet yli 100 pmy/m³ talviaikana viittaavat mikrobilähteeseen sisäiloissa. Poikkeava mikrobilajisto viittaa mahdolliseen kosteusvaurioon. Yksittäisten kosteusvaurioon viittaavien mikrobien esiintyminen pieninä pitoisuuksina on kuitenkin normaalia. Suuri bakteeripitoisuus (yli 4500 pmy/m³) on useimmiten osoitus puutteellisesta ilmanvaihdesta.

Toimistorakennuksissa sisäilman sieni-itiöpitoisuudet yli 50 pmy/m³ ja aktinomykeettipitoisuus (sädesieni-itiöpitoisuus) yli 5 pmy/m³ talviaikaan viittaavat mikrobilähteeseen sisätiloissa. Suuri bakteeripitoisuus yli 600 pmy/m³ viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon rakennuksessa (Salonen H.y.m. Atmospheric Environment 2007, 41:6797-6807).

Koulurakennusten sisäilman sieni-itiöpitoisuudet ovat yleensä pienempiä kuin asuntojen sisäilman pitoisuudet, yleensä alle 50 pmy/m³. Vauriotiloissa talviaikaiset pitoisuudet ovat usein 50...500 pmy/m³. Vaurion varmistamiseksi tarvitaan myös rakennusteknisiä selvityksiä. Koulujen sisäilmassa esiintyy yleisimmin Penicilliumia, hiivoja, Cladosporiumia ja Aspergillusta. Kuitenkin yli 10 pmy/m³ Cladosporium-pitoisuudet talviaikana ovat epätavallisia. Indikaattorimikrobeina pidetään mm. Aspergillus versicoloria, Eurotiumia, Trichodermaa, Stachybotrysta, Wallemiaa ja aktinomykeettejä. Suuret bakteeripitoisuudet (> 4500 pmy/m³) luokkatiloissa antavat viitteitä puutteellisesta ilmanvaihdesta (Valvira 8/2016).

Myös yksittäisen kosteusvaurioon viittaavan mikrobilajin esiintyminen useassa asunon eri tilassa otetussa näytteessä tai toistuvasti eri mittauskerroilla on

tavanomaisesta poikkeavaa (Valvira 8/2016, kohta 3.8 sisäilman mikrobilajisto ja indikaattorit, osa IV).

Vaurion varmistamiseksi tarvitaan asunnoissa ilmanäytteiden lisäksi aina myös rakennusteknisiä selvityksiä. Yksinomaan ilmanäytteiden tavanomaisen tuloksen perusteella ei voida sulkea pois rakenteiden mikrobivaurion mahdollisuutta, eikä sisäilmanäytteitä voida siten käyttää osoittamaan tutkittavan tilan olevan kunnossa. (Valvira 8/2016, kohta 3.7 sisäilman mikrobilajisto ja indikaattorit, osa IV).

Lumettomana vuodenaikana sisäilmanäytteiden mikrobipitoisuuksia verrataan ulkoilmapitoisuuksiin ja lajistoon. Tilanne tulkitaan tavanomaiseksi, mikäli sisäilman sienitiö- ja aktinomykeettipitoisuudet ovat pienempiä kuin ulkoilman pitoisuudet ja lajisto on samankaltainen (Bioaerosols: Assessment and Control 1999).

Tarkemmat tutkimusmenetelmät on esitetty laboratorion analyysivastauksessa.

8 Sisäilman VOC-näytteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tiloissa mahdollisesti havaitun poikkeavan hajun lähdettä tai selvittää sisäilman laatua tutkimalla sisäilmassa olevien VOC-yhdisteiden laatua ja määrää.

Tutkimusvälineet

VOC-näytteet kerätään sisäilmasta Tenax TA -adsorbenttiputkiin niihin liitettävällä pumpulla laboratorion näytteenotto-ohjeen mukaisesti.

Tulosten tulkintaperusteet ja viitearvot

Tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpiderajana on huoneilmassa $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. On huomioitava, että pienempikin pitoisuus voi aiheuttaa oireilua. Toimenpiderajan ylitys voi johtua myös yhdisteistä, joista ei ole todettua terveyshaittaa. Kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittyminen edellyttää yksittäisten yhdisteiden merkityksen selvittämistä. Minkä tahansa haihtuvan orgaanisen yhdisteen (VOC) huoneilman tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja on $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jolla tarkoitetaan minkä tahansa tunnetun tai tuntemattoman orgaanisen yhdisteen

pitoisuutta sisäilmassa, ellei yhdisteelle ole omaa toimenpiderajaa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III).

Taulukko 1

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen toimenpiderajat yksittäisille yhdisteille **tolueenivasteella** laskettuna. *Ei saa esiintyä naftaleeniin viittaavaa hajua.

Yhdiste	Toimenpideraja
TVOC	400 µg/m ³
2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)	10 µg/m ³
2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli di-isobutyraatti (TXIB)	10 µg/m ³
naftaleeni*	10 µg/m ³
styreeni	40 µg/m ³
mikä tahansa yksittäinen orgaaninen yhdiste	50 µg/m ³

Työterveyslaitos on esittänyt viitearvoja ns. P90-pitoisuudelle toimisto-, koulu-, terveydenhoito- ja päiväkotikohteista (Työterveyslaitoksen viitearvot sisäilman kemiallisille yhdisteille ja mikrobeille, 11.10.2023).

Pitoisuudet on määritetty yhdisteiden omilla vasteilla C9-alkoholiryhmää lukuun ottamatta. Omalla vasteella määriteltyä raja-arvoa ei voi verrata tolueenivasteella määriteltyyn raja-arvoon ja päinvastoin. Eri laboratorioiden tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia vain, mikäli yhdistepitoisuudet on laskettu yhdisteiden omalla vasteella (mitäusepävarmuus huomioiden).

Taulukko 2

Sisäilmanäytteiden TVOC ja VOC-yhdisteiden viitearvot P90-pitoisuuden mukaan toimisto-, koulu-, terveydenhoito- ja päiväkotikohteissa (Työterveyslaitoksen viitearvot sisäilman kemiallisille yhdisteille ja mikrobeille, 11.10.2023, muokattu).

Ryhmä	Yhdiste	P90-arvo (µg/m ³)
TVOC		80

Ryhmä	Yhdiste	P90-arvo (µg/m ³)
Alifaattiset hiilivedyt	Heptaani	2
Aromaattiset hiilivedyt	Bentseeni	1
	Etyylibentseeni	2
	1,2,4-Trimetyylibentseeni	1
	Ksyleenit (o, m, p) yhteensä	4
	Naftaleeni	2
	Tolueeni	2
Terpeenit	Limoneeni	4
	α-Pineeni	6
	Kareeni	4
Alkoholit	Bentsyylialkoholi	7
	Butanoli	3,0
	2-Etyyli-1-heksanoli	6
	2-Metyyli-1-propanoli	2
	C ₉ -alkoholit	10
Fenolit	Fenoli	2
Glykolit ja glyko- lieetterit	1,2-Propaanidioli	9
	2-(2-Butoksietoksi) etanoli	7
	2-(Etoksietoksi) etanoli	6
	2-Fenoksietanoli	2
	1-Metoksi-2- propanoli	4
	2-Butoksietanoli	3
Aldehydit ja Ketonit	Bentsaldehydi	2
	Dekanaali	2
	Formaldehydi	15
	Heksanaali	5
	Heptanaali	1
	Nonanaali	4

Ryhmä	Yhdiste	P90-arvo (µg/m ³)
	Oktanaali	1
	Pentanaali	2
	Asetofenoni	1
Orgaaniset hapot	Heksaanihappo	5,0
	Pentaanihappo	2
	Propaanihappo	3
Esterit	n-Butyyliasetaatti	3
	Etyyliasetaatti	5
	Texanol	9
	TXIB	3
Piiyhdisteet	Dekametyylisyklopentasiloksaani	6,0
	Oktametyylisyklotetrasiloksaani	3

Terveyshaittojen ehkäisemiseksi ulkoilman bentseenipitoisuus ei saa ylittää raja-arvoa 5 µg/m³ (vuosikeskiarvo; Ilmanlaatuasetus 79/2017).

Laboratorion ilmoittama mittausepävarmuus laboratorioanalyysin osalta on yleensä n. ± 30 %. Analyysikohtainen mittausepävarmuus on esitetty analyysivastauksessa.

Tutkimuksessa on huomioitava, ettei sisäilman VOC-tutkimus kata kaikkia kaasumaisia epäpuhtauksia. Lisäksi on arvioitava, vastaako tutkittujen tilojen ilmanvaihto tutkimusajankohtana ns. normaalia tasoa, jotta sisäilmasta otettu näyte on normaalia tilankäyttöajankohtaa edustava. Talviaikana materiaaleista emittoituvat VOC-pitoisuudet ovat yleensä matalampia sisätilojen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden vaihteluista johtuen. Näytteenottoon vaikuttavat mm. tutkituissa tiloissa tehdyt siivoukset ja 6 kk sisällä tehdyt remontit ja korjaustyöt sekä tiloissa olevat muut päästölähteet.