

**SISÄILMASTO- JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS**



**HEPOLAN KOULU**

**SÄLINKÄÄNTIE 78, MÄNTSÄLÄ**

22501945-010



## Yhteenveto

Tutkittava koulurakennus on rakennettu vuonna 1989. Rakennus on yksikerroksinen ja siinä on betoni-villa-tiili-/paneelirakenteiset ulkoseinät ja tiilikate. Rakennuksessa on osittain kantava ja osittain maanvarainen alapohja. Rakennuksessa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Koulurakennuksen tiloissa 143, 176 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustilassa P03 sisäilman sieni-itiöpitoisuudet olivat alhaisia ja lajisto pääosin ulkoilman kaltainen. Mittauksissa havaittujen ulkoilmasta poikkeavien sieni-itiöpitoisuudet olivat alhaisia. Kaikissa tutkituissa tiloissa bakteeri- ja aktinomykeettipitoisuudet olivat alhaisia Asumisterveysasetuksen esittämiin ohjeellisiin arvoihin verrattuna.

Koulurakennuksen tiloista 143, 176 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustilasta P03 mitatut sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet olivat pääosin ohjearvoihin nähden alhaiset ja normaalina pidettävät. Pinnoille laskeutuvien mineraalikuitujen pitoisuudet alittivat toimenpideraja-arvot.

Koulurakennuksen tiloissa 143 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustilassa P03 hiilidioksidipitoisuus, sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila olivat tavanomaisia. Opetustilassa P03 sisäilman lämpötilat alittivat aamuisin toimenpiderajan. Mittaustulosten perusteella ilmanvaihto on käyttöön verrattuna riittävää.

Alapohjan ja ulkoseinien alaosan kosteustekninen kunto oli hyvä lähes kaikissa tutkituissa tiloissa. Tilassa 192 alapohjassa aiemmin korjatun lattiapinnoitevaurion kohdalla todettiin hieman kohonnut suhteellinen kosteus lattiapinnoitteen alta.

Tilassa 143 tehtiin merkkiainekoe alapohjaan ja ulkoseinään. Tilassa havaittiin paikallista ilmavuotoa ulkoseinän ja alapohjan liittymän kohdalla sekä ikkunaliittymissä. Tilan 195 ulkoseinän merkkiainekokeessa havaittiin ilmavuotoja ikkunaliittymissä.

Opetustilojen ilmanvaihtokone TF1-PF1, liikuntasalin ilmanvaihtokone TF2-PF2, keittiön ja ruokalan ilmanvaihtokone TF3-PF3 ja teknisen työn tilojen tuloilmakone TF4 ovat teknisen käyttökänsä lopussa. Pääosin koneiden käyntiajat ovat sopivia. Keittiön ja ruokalan ilmanvaihtokoneen täyden tehon ohjelma käynnistyy vasta klo 9 kouluaamuisin, minkä voisi tarkastaa. Talviaikaan on koulupäiviä, jolloin teknisen työn tilojen ilmanvaihtoa ei voi tehostaa koneeseen TF4 asetetun ulkolämpötilarajoituksen -11 °C takia. IV-koneiden ulkoilmasäleikön edestä puuttuvat sääsuojat. Tulo- ja poistoilmasuodattimien nykyiset suodatustasot ovat riittäviä. Koneiden TF1-PF1, TF2-PF2 ja TF3-PF3 ilmanvaihtolaitteiden sisäosissa on käytetty äänenvaimennuksena mineraalivillaa, joka on osittain pinnoittamatonta. Tuloilmakanavista otetusta sisäpintojen pölyssä todetut hiukkaset ovat tavanomaisia tuloilmakanaville ja kahdessa tarkastelupisteessä pölykertymä oli vähäinen. Mitattujen opetustilojen nykyinen ilmanvaihto on Asumisterveysasetuksen mukaista. Kuitenkin tilakohtaisissa tulo- ja poistoilmavirroissa ilmeni epätasapainoa ja säätötarvetta. Mitattujen tilojen ja ulkoilman väliset keskimääräiset paine-erot olivat pieniä.

Lisärakennuksen opetustilan P03 uudehkolla ilmanvaihtokoneella on teknistä käyttöikää jäljellä vuosia. Nykyistä ympärivuorokautista käyntiaikaa pidetään sopivana. Tulo- ja poistoilmasuodattimet ovat laitevalmistajan määrittelemiä ja suodatustasoiltaan riittäviä. Ilmanvaihtolaitteissa ei ole mineraalikuitulähteitä. Ilmanvaihdon ulko- ja jäteilmäsäleiköiden sijainnin seurauksena osa tilasta poistetusta ilmasta voi kulkeutua ilmanvaihdon mukana takaisin tilaan, mutta tämä ei ole merkittävä asia. Opetustilan P03 nykyinen ilmanvaihto on Asumisterveysasetuksen mukaista. Tilassa tulisi kuitenkin lisätä tuloilmavirtaa suunnitteluarvon tasolle. Tilan ja ulkoilman välinen keskimääräinen paineero oli pieni.

### **Korjaustoimenpide-ehdotukset**

#### Koulurakennus

- opetustilasta 195 irrotetaan muovimattopaikka ja annetaan laatan kuivua ennen muovimaton kiinnittämistä takaisin paikoilleen.
- tiivistetään alapohjan ja ulkoseinien liittymät sekä ikkunaliittymät niissä tiloissa, joissa on koettu sisäilman laadun heikentymistä.
- 30 vuotta vanhat ilmanvaihtokoneet suositellaan uusittaviksi viimeistään seuraavan peruskorjauksen yhteydessä.
- Opetustilojen nykyinen ilmanvaihto suositellaan tasapainotettavaksi tilakohtaisesti vastaamaan suunniteltuja arvoja. Opetustilojen ilmanvaihtokoneen TF1-PF1 ulkoilmäsäleikkö suositellaan puhdistettavaksi.
- Liikuntasalin ilmanvaihtokoneen TF2-PF2 hiilidioksidipitoisuuden nykyistä ylärajaa 800 ppm suositellaan alennettavaksi esim. tasolle 450 ppm tai 500 ppm.
- Ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistoilmasuodattimet suositellaan vaihdettavaksi kaksi kertaa vuodessa.
- Ennalta ehkäisevästi suositellaan, että rakennuksen nykyisten ilmanvaihtolaitteiden sisäosien pinnoittamattomat mineraalivillapinnat pinnoitetaan. Vaihtoehtoisesti suositellaan harkittavaksi mineraalivillan korvaamista toisella materiaalilla. (ilmanvaihtokoneiden ulkoilmakammiot ja äänenvaimentimet, kanavien äänenvaimentimet, tuloilman päätelaitteet sekä ilmanvaihtokonehuoneiden katto- ja seinäpinnat).
- Tulisi tarkastaa, onko keittiön ja ruokalan ilmanvaihtokoneelle TF3-PF3 klo 9 riittävän aikainen alkamisajankohta täyden tehon ilmanvaihdolle koulupäivinä.

#### Lisärakennus

- Opetustilan P03 sisäilman lämpötilaa voisi hieman nostaa, jotta aamupäivisin saavutetaan tavoitelämpötila nopeammin.
- Lisärakennuksen opetustilassa P03 suositellaan, että tuloilmavirtaa lisätään suunnitteluarvon tasolle. Samalla tarkistetaan, että poistoilmavirta pysyy suunnitteluarvon mukaisena.
- Tulo- ja poistoilmasuodattimet suositellaan vaihdettavaksi kaksi kertaa vuodessa.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>YLEISTIEDOT</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>KÄYTETYT MITTAUS- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>ALAPOHJAT</b>	<b>5</b>
3.1	Rakenne	5
3.2	Tutkimustulokset	6
3.3	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	6
3.4	Korjaustoimenpide-ehdotukset	7
<b>4</b>	<b>ULKOSEINÄT</b>	<b>7</b>
4.1	Rakenne	7
4.2	Tutkimustulokset	8
4.3	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	8
4.4	Korjaustoimenpide-ehdotukset	8
<b>5</b>	<b>YLÄPOHJA</b>	<b>8</b>
5.1	Rakenne	8
<b>6</b>	<b>LISÄRAKENNUS</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>SISÄILMAN LAATUTUTKIMUKSET</b>	<b>9</b>
7.1	Sisäilman mikrobit	9
7.2	Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet	10
7.3	Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut	10
7.4	Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset	10
7.5	Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset	11
7.6	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	12
7.7	Korjaustoimenpide-ehdotukset	12
<b>8</b>	<b>ILMANVAIHTO</b>	<b>13</b>
8.1	Ilmanvaihtokone TF1-PF1	13
8.2	Ilmanvaihtokone TF2-PF2	15
8.3	Ilmanvaihtokone TF3-PF3	16
8.4	Tuloilmakone TF4 ja huippuimuri PF4	16
8.5	Vallox MUH 145MV	17
8.6	Tuloilmakanavien sisäpintojen pölyn koostumus	18
8.7	Tuloilman päätelaitteet	19
8.8	Ilmanvaihdon ilmavirrat	20
8.9	Painesuhteiden seurantamittaukset	21
8.10	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	22
8.11	Korjaustoimenpide-ehdotukset	24
<b>9</b>	<b>LIITTEET</b>	<b>24</b>

## 1 YLEISTIEDOT

Tutkimuskohde:

Hepolan koulu  
Sälinkääntie 78  
Mäntsälä

Tilaaaja:

Mäntsälän kunta, Kunnossapitopalvelut  
Pasi Santala  
Heikintie 4  
04600 Mäntsälä  
Sähköposti: [pasi.santala@mantsala.fi](mailto:pasi.santala@mantsala.fi)

Lähtötiedot:

Tutkittava koulurakennus on rakennettu vuonna 1989. Rakennus on yksikerroksinen ja siinä on betoni-villa-tiili-/paneelirakenteiset ulkoseinät ja tiilikate. Rakennuksessa on osittain kantava ja osittain maanvarainen alapohja. Rakennuksessa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Rakennuksessa on tehty sisäilmateknisiä korjauksia 2018 A- ja B-osien tiloissa.

Koulurakennuksen pihassa sijaitsee lisärakennus, josta valittiin tutkimukseen mukaan yksi opetustila. Opetustilassa on tilakohtainen ilmanvaihdonkone. Lisärakennus on toisessa sijoituspaikassaan ja se asennettu paikoilleen vuonna 2008.

Tutkimustavoite:

Tutkimuksen tavoitteena on arvioida sisäilman laatua ja sisäilmaan laatuun vaikuttavat riskitekijät rakenteiden kosteusteknisen kunnon ja iv-tekniikan osalta.

Tutkimusraportti pohjautuu rakennepiirustuksiin, kohteessa tehtyyn katselmukseen, teknisiin tutkimuksiin (rakenteiden ilmatiiveys- ja kosteusmittaukset, ilmanvaihtotekniset mittaukset, sisäilmamittaukset) sekä kiinteistön omistajan edustajalta saatuihin tietoihin. Tutkimukset on rajattu pääosin oireilutiloihin.

Tutkimusryhmä:

Tutkimuksen tekijöinä olivat Heli Hurskainen, Jarkko Lesonen, Reeta Aitto-oja, Olli Keso ja Jonna Heinonen. Tutkimukset tehtiin 1. – 17.4.2019.

Käytettävissä olleet asiakirjat:

- Arkkitehtisuunnitelmia, Suunnittelukeskus Oy, 1988 ja Mäntsälän kunta /tekninen palvelukeskus, 2008
- Rakennesuunnitelmia, Suunnittelukeskus Oy, 1989 ja Insinööritoimisto SRT, 2008
- LVI-suunnitelmia, Suunnittelukeskus Oy, 1989 ja Lavaia tmi, 2015
- Sisäilmatekninen tutkimusraportti, Jakitec, 2013
- Korjausrakennesuunnitelma ja työselostus, Jakitec, 2018

## 2 KÄYTETYT MITTAUS- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET

Paine-eromittari	TSI Airflow PVM610, Tinytag 550942 Dwyer/Beck-paine-eromittari ja Tinytag-tiedonkeruujärjestelmä
Pintakosteusilmaisim	Gann hydrotest LG 1 -näyttölaite, B50-mitta-anturi
Kosteusmittari	Vaisala HMP41, mittapäät HMP42
Merkkiainelaitteisto	WIKA Gir -10+SF6, Sensistor XRS9012 + Formier5
Alipaineistaja	Minneapolis Blowerdoor
Ilmavirtamittari	SwemaFlow 126
VOC-pumppu	SKC Model 222-3
Mikrobipumppu	Andressen 6-vaihekeräin +Thomas VTE 10
Hiilidioksidimittari	Tinytag TGE-0010
Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittari	Tinytag TGP-4500

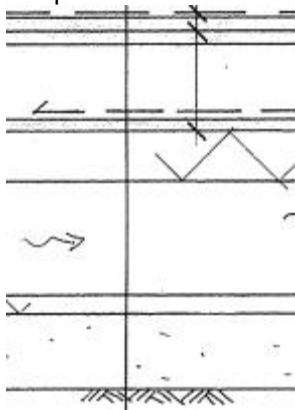
## 3 ALAPOHJAT

### 3.1 Rakenne

Rakennepiirustusten perusteella koulunrakennuksen rakenteet ovat tutkituissa tiloissa:

Kantava alapohja AP1 (enin osa keskisiipeä ja itäisen siiven osalla)

- lattiapäällyste (muovimatto + liima tai keraaminen laatta)
- 50 mm pintabetoni
- ontelolaatta 265 mm
- lämmöneriste Styrox R 100 mm
- ryömintätila >300 mm
- soratäyttö >200 mm
- perusmaa



Maanvarainen alapohja AP2 (eteläisen siiven osalla ja osaksi keskiosalla)

- lattiapäällyste (muovimatto + liima tai keraaminen laatta)
- 80 mm teräsbetonilaatta
- lämmöneriste Styrox R 70 mm, reunoilla 100 mm
- soratäyttö >200mm
- perusmaa



### 3.2 Tutkimustulokset

Mittaustulokset on esitetty liitteessä 1, kosteuskartoitus pohjakuvissa liitteessä 3 ja merkkiainetutkimukset liitteessä 4.

Alapohjan kosteutta arvioitiin pistokoeluntoisesti pintakosteudenilmaisimella. Alapohjan alueella ei havaittu viitteitä kohonneesta kosteudesta. Tutkituissa tiloissa alapohjan päällysmateriaalina on muovimatto. Alapohjan suhteellinen kosteus muovimaton alla tarkastettiin pistokoemaisesti viiltokosteusmittauksella ensimmäisen kerroksen opetustilassa 192. Tutkitussa tilassa lattiapinnoite oli vaihdettu ulkonurkan alueella ja tällä alueella viiltomittaus osoitti suhteellisen kosteuden olevan 87 % maton alla. Tilan sisänurkassa maton alta mitattu suhteellinen kosteus oli 64 %. Viiltokosteusmittauksen yhteydessä todettiin, että lattiapinnoite oli hyvin kiinni alustassaan ja poikkeavia hajua ei havaittu.

Alapohjarakenteeseen tehtiin ilmatiiviyskoe opetustilassa 143. Tilassa havaittiin paikallista ilmavuotoa ulkoseinän ja alapohjan liittymän kohdalla. Tilassa aiemmin tehdyt tiivistykset ovat tämän mukaan pääosin tiiviit, mutta paikallisesti tiivistyksessä on puutteita.

### 3.3 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi

Tilan 195 muovimattoa on vaihdettu kosteusvaurion korjauksen yhteydessä. Viiltomittauksen mukaan alapohjarakenteen suhteellinen kosteus on uuden lattiapinnoitteen alla hieman kohonnut. Muu alapohjarakenne oli tutkituilta alueilta kuiva.

Havaittu ilmavuotokohta alapohjan ja ulkoseinän liittymässä oli paikallinen. On kuitenkin mahdollista, että kaasun huonon leviämisen takia ilmavuotokohtia ei havaittu laajemmalla alueella. Ilmavuotokohtien kautta mahdollisesti tapahtuva ilmavirtaus alapohjan ja sisäilman välillä voi heikentää ensimmäisen kerroksen sisäilman laatua.



### 3.4 Korjaustoimenpide-ehdotukset

- opetustilasta 195 irrotetaan muovimattopaikka ja annetaan laatan kuivua ennen muovimaton kiinnittämistä takaisin paikoilleen.
- tiivistetään alapohjan ja ulkoseinien liittymät niissä tiloissa, joissa on koettu sisäilman laadun heikentymistä.

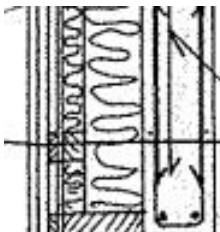
## 4 ULKOSEINÄT

### 4.1 Rakenne

Rakennepiirustusten perusteella koulurakennuksen ulkoseinärakenteet ovat ulkoa sisälle päin:

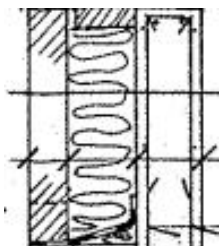
#### US1 (ikkunoiden yläpuolella)

- lomalaudoitus
- 22 mm vaakakoolaus / ilmarako
- 9 mm tuulensuojalevy
- 50 mm vaakakoolaus + mineraalivilla
- 125 mm puurunko + mineraalivilla
- 150 mm teräsbetoni
- pintakäsittely



#### US2 (ikkunoiden alapuolella)

- 85 mm tiili
- 165 mm mineraalivilla
- 150 mm teräsbetoni
- pintakäsittely



## 4.2 Tutkimustulokset

Mittaustulokset on esitetty liitteessä 1, kosteuskartoitus pohjakuvissa liitteessä 3 ja merkkiainetutkimukset liitteessä 4.

Ulkoseinän alaosien kosteutta arvioitiin pistokoeluoontoisesti pintakosteudenilmaisimella. Ulkoseinärakenteissa ei havaittu viitteitä kohonneesta kosteudesta.

Ulkoseinärakenteen lämmöneristekerroksesta todettiin ilmavuotoja merkkiainekokeella. Ilmavuotokohtia oli ulkoseinän liittymissä ikkunoihin. Merkkiainekokeet tehtiin tilojen 143 ja 195 ulkoseinärakenteisiin. Tilassa 143 aiemmin tehdyt tiivistykset ovat tämän mukaan pääosin tiiviit, mutta paikallisesti tiivistyksessä on puutteita. Tilan 195 ikkunaliittymiä ei ollut tiivistetty.

## 4.3 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi

Ulkoseinärakenteen ilmavuotokohtien kautta voi kulkeutua ulkoseinän epäpuhtauksia ilmavirran mukana sisäilmaan. Ulkoseinän heikko ilmatiiveys heikentää myös rakenteen lämpötekniisiä ominaisuuksia.

## 4.4 Korjaustoimenpide-ehdotukset

- tiivistetään ulkoseinien ikkunaliittymät niissä tiloissa, joissa on koettu sisäilman laadun heikentymistä.

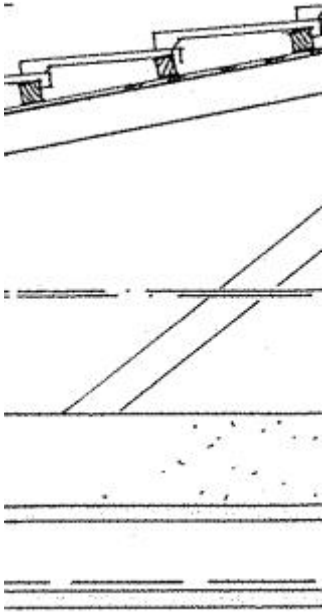
# 5 YLÄPOHJA

## 5.1 Rakenne

Rakennepiirustusten perusteella koulurakennuksen ulkoseinärakenteet ovat ulkoa sisälle päin:

### YP1

- tiilikate
- aluskate
- ruodelaudoitus
- kantavat ristikkorakenteet
- puhallusvillaeriste
- höyrynsulkumuovi
- ontelolaatta 265 mm
- pintakäsittely / alakattorakenteet



## 6 LISÄRAKENNUS

Lisärakennus on siirrettävä tilaelementtirakennus, joka on siirretty Vantaalta nykyiselle paikalleen v. 2008. Rakennuksessa on kantava alapohja, puurunko, julkisivulaudoitus ja peltikate. Rakennukseen on lisätty tilakohtainen, koneellinen ilmavaihto 2015. Lisärakennuksen rakenteista ei ole tarkempaa tietoa.

## 7 SISÄILMAN LAATUTUTKIMUKSET

### 7.1 Sisäilman mikrobit

Sisäilman mikrobinäytteet (sieni-itiöt, bakteerit, aktinomykeetit) otettiin tutkimukseen valituista tiloista (koulurakennuksen tilat 143, 176 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustila P03) kahden eri näytteenottokerran aikana. Vertailunäytteet otettiin ulkoilmasta. Näytteenotto suoritettiin asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaisin menetelmin (Valvira 8/2016). Tulokset on esitetty liitteessä 1 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Tutkimustuloksia verrataan sienitiöiden osalta samanaikaisiin ulkoilman pitoisuuksiin ja selvitetään sisä- ja ulkoilman sienitiökoostumuksessa mahdollisesti todettavia eroja. Bakteereiden ja aktinomykeettien osalta pitoisuuksia verrataan Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen arviointiperusteisiin.

Ulkoilmaan verrattuna tutkittujen tilojen sisäilman sienitiöpitoisuudet olivat alhaiset ja lajisto pääosin ulkoilman kaltainen. Toisella mittauskerralla tilan 143 (kirjasto) näytteessä havaittiin ulkoilmanäytteen lajistosta poikkeavaa *Wallemia* sp. -lajia (kosteusvaurioindikaattori). Tutkittujen tilojen bakteeri- ja aktinomykeettipitoisuudet olivat alhaiset lukuun ottamatta lisärakennuksen luokan P03 opetustilaa. Kyseisessä tilassa toisen näytteenottokerran aktinomykeettipitoisuus oli koholla.

## 7.2 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) näytteet otettiin koulurakennuksen tiloista koulurakennuksen tiloista 143, 176 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustilasta P03. Ilmanäytteet kerättiin pumpuilla Tenax -putkiin, jotka analysoitiin kaasukromatografisesti MetropoliLab Oy:n laboratoriossa Helsingissä. Tulokset on esitetty yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Laboratorioanalyysin mittausepävarmuus on 30 %. Tulokset on esitetty liitteessä 1 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet, ns. TVOC -arvot tutkituissa tiloissa olivat välillä 10 – 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Asumisterveysasetuksen 2015 mukainen toimenpideraja TVOC -arvolle asunnoissa ja vastaavissa tiloissa on 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kaikkien näytteiden TVOC -arvot olivat Asumisterveysasetuksen toimenpiderajaa alhaisemmat. Näytteissä ei havaittu yksittäisiä kohonneita yhdisteitä.

## 7.3 Pinnoille laskeutuvat mineraalikulidut

Pinnoille laskeutuvien mineraalikulitujen pitoisuuksia selvitettiin koulurakennuksen tilojen 143, 179 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustilan P03 tasopinnoille asennettujen keräysalustojen avulla. Tiloihin asetettiin kaksi rinnakkaista keräysalustaa, jotka jätettiin tiloihin kahden viikon ajaksi. Tulokset on esitetty liitteessä 1 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja pinnoille laskeutuvien mineraalikulitujen pitoisuuksille on 0,20 kuitua /  $\text{cm}^2$  kahden viikon laskeutumisaikana. Kaikkien tutkittujen näytteiden mineraalikulitupitoisuudet olivat alhaisia (<0,07 kuitua /  $\text{cm}^2$ ) ja alittivat edellä mainitun ohjearvon.

## 7.4 Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta seurattiin koulurakennuksen tiloissa 143 ja 195 sekä lisärakennuksen tilassa P03 kahden viikon ajan tallentavien mittalaitteiden avulla. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus ja sen vaihtelu seurantajaksoilla on esitetty graafisesti liitteessä 5 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen 2015 mukaan hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, kun sisäilman pitoisuus on 1 150 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. Ulkoilman pitoisuus on noin 400 ppm. Täten sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, mikäli mitattu sisäilman hiilidioksidipitoisuus on suurempi kuin 1 550 ppm.

Koulurakennuksen kirjaston tilassa 143 hiilidioksidipitoisuus vaihteli välillä 407 – 1 228 ppm, opetustilassa 195 välillä 400 ... 1 103 ppm ja lisärakennuksen opetustilassa P03 välillä 406 – 1 001 ppm. Toimenpideraja ei ylittynyt missään tilassa seurantajakson aikana.

Julkaisun Sisäilmastoluokitus 2018 hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot sisäilmaluokille ovat

- S1  $\leq$  350 ppm lisättyä samanaikaisella ulkoilmapitoisuudella (750 ppm),
- S2  $\leq$  550 ppm lisättyä samanaikaisella ulkoilmapitoisuudella (950 ppm),
- S3  $\leq$  800 ppm lisättyä samanaikaisella ulkoilmapitoisuudella (1 200 ppm).

Koulurakennuksen kirjastotilassa 143 mitatut hiilidioksidipitoisuuden arvot olivat pääsääntöisesti S1 luokassa. Mittausjaksolla havaittiin kaksi S1 luokan tavoitearvon ylitystä. Tiistaina 9.4. ennen kahtatoista pitoisuus oli hetkellisesti noin 1 200 ppm (ylittää S3 luokan tavoitearvon) ja keskiviikkona 10.4. kahdentoista aikoihin pitoisuus oli hetkellisesti noin 790 ppm (S2 luokitus).

Koulurakennuksen opetustilassa 195 ja lisärakennuksen opetustilassa P03 mitatut hiilidioksidipitoisuuden arvot olivat suurimman osan opetuspäivistä S2 luokituksen tasolla. Opetustilassa 195 arvot olivat S2 luokkaa yhtenätoista päivänä ja opetustilassa P03 arvot olivat S2 luokkaa kahtenatoista päivänä kolmestatoista. Muina päivinä arvot olivat S1 luokan tasolla.

## 7.5 Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset

Sisäilman olosuhteita eli lämpötilaa ja suhteellista kosteutta seurattiin koulurakennuksen tiloissa 143 ja 195 sekä lisärakennuksen opetustilassa P03 kahden viikon ajan tallentavien mittalaitteiden avulla. Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä niiden vaihtelu seurantajaksolla on esitetty graafisesti liitteessä 5 ja mittauspisteet pohjakuivissa liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen mukaan opetustiloissa sisäilman lämpötilojen toimenpiderajat ovat lämmityskaudella 20 – 26 °C. Sisäilman lämpötilan tulisi olla toimenpiderajojen sisällä. Tilassa 143 lämpötila vaihteli välillä 19,8 – 21,5 °C, tilassa 195 lämpötila vaihteli välillä 20,5 – 22,9 °C ja tilassa P03 vaihteluväli oli 17,7 – 23,0 °C. Tilassa 143 alle 20 °C lämpötiloja mitattiin vain hetkellisesti mittausjakson toisen viikonlopun jälkeisenä aamuna, jonka jälkeen lämpötila nousi yli 20 °C. Opetustilassa P03 mitattiin yöaikaisia alle 20 °C lämpötiloja, mutta lämpötilan nousu päälle 20 °C tapahtui 09-12 välisenä aikana. Perjantaina 12.4. tilassa lämpötila oli lähes koko päivän alle 20 °C. Tilan käyttöaikana (8-16) 90 % lämpötiloista vaihteli välillä 18,4 – 22,3 °C.

Sisäilman suhteellinen kosteus vaihteli tilassa 143 välillä 15 – 37 %, tilassa 195 välillä 16 – 33 % ja tilassa P03 välillä 16 – 31 %. Sisäilma on aika kuivaa tutkitun tyyppiselle rakennukselle vuodenaika, ilmanvaihto ja tilojen käyttö huomioon ottaen.

## 7.6 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi

- Sisäilman laatu oli mikrobien ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden osalta tutkituissa tiloissa normaali. Mittauksissa havaittujen ulkoilmasta poikkeavien sieni-itiöpitoisuudet olivat alhaisia. Mikrobit voivat olla peräisin rakenteista tai ulkoilmasta. Ne ovat voineet kulkeutua tiloihin ilmavirtausten tai käyttäjien mukana.
- Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisuuspitoisuudet olivat alhaisia.
- Pinnoille laskeutuvien mineraalikuitujen pitoisuudet olivat alhaisia.
- Tutkittujen tilojen hiilidioksidipitoisuus ja suhteellinen kosteus olivat tavanomaisia. Ilmanvaihto on näiden tutkimusten perusteella käyttöön nähden riittävää. Opetustilassa P03 lämpötila on aamuisin toimenpiderajan alapuolella. Muissa tutkituissa tiloissa lämpötila pysyy tavanomaisella tasolla.

## 7.7 Korjaustoimenpide-ehdotukset

- Opetustilan P03 sisäilman lämpötilaa voisi hieman nostaa, jotta aamupäivisin saavutetaan tavoitelämpötila nopeammin.

## 8 ILMANVAIHTO

### 8.1 Ilmanvaihtokone TF1-PF1

(Tulo- ja poistoilmakone)

- palvelualue: Koulurakennuksen opetustilat (ei liikuntasali)
- Sijainti: IV-konehuone. Konehuoneen seinissä ja katossa on pinnoittamatonta mineraalivillaa
- Käyttöönotto: v. 1989
- Aikaohjelma ja puhaltimien pyörimisnopeus (ei taajuusmuuttajia):
  - ma-pe klo 6-18; nopea
  - ma-pe klo 18-6; hidas
  - la-su klo 0-24; hidas
- Ulkolämpötilarajoitus on -21 °C, jota kylmemmällä säällä puhaltimien suurin pyörimisnopeus voi olla korkeintaan hidas.
- Ulkoilmasäleikkö: Sijaitsee ulkoseinällä kaukana jäteilmasäleiköstä. Ei erillistä lumi-/sadesuojaa. Ulkoilmasäleikön metalliverkkoon on kertynyt mm. linnunhöyheniä.
- Ulkoilmakammio: Varustettu lattiakaivolla. Kammion katossa ja seinissä on tummunutta pinnoittamatonta mineraalivillaa.
- Ulkoilmakanava: Ei mineraalivillaa
- Tuloilmasuodatin: F7-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehyksessä vähäistä ohivuotoa, vaihdettu viimeksi marraskuussa 2018. Suodatinosan pohjalla vanhoja kosteusjälkiä.
- Poistoilmasuodatin: F7-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehyksessä vähäistä ohivuotoa, vaihdettu viimeksi marraskuussa 2018.
- Lämmöntalteenotto: Pyörivä lämmöntalteenottolaite, lamellien pölyn määrä vähäinen
- Lämmityspatteri: Nestekiertoinen
- Jäähdytyspatteri: Ei ole
- Tulo- ja poistoilmapuhaltimet: Hihnakäyttöisiä, hihnat kunnossa
- Konekotelo: Sisäpintojen pölyn määrä vähäinen. Tuloilmapuhaltimen jälkeisessä äänenvaimentimessa on pinnoittamatonta mineraalivillaa reikäpellin takana, kotelossa ei muuta mineraalivillaa tuloilmapuolella.



Kuva 1. Ilmanvaihtokone TF1-PF1.



**Kuvat 2 ja 3.** Ulkoilmasäleikön metalliverkkoon on kertynyt linnunhöyheniä ja muita epäpuhtauksia. Ulkoilmakammiossa on lattiakaivo. Kammion katossa ja seinissä on tummunutta pinnoittamatonta mineraalivillaa.



**Kuvat 4 ja 5.** Tuloilmasuodattimena oli F7-tasoinen pussisuodatin, jonka kehyksessä oli vähäistä ohivuotoa. Suodatinosan pohjalla oli vanhoja kosteusjälkiä. Suodattimen jälkeisen pyörivän lämmöntalteenottolaitteen lamellien pölyn määrä oli vähäinen.



**Kuva 6.** Tuloilmapuhaltimen jälkeisessä äänenvaimentimessa on pinnoittamatonta mineraalivillaa reikäpellin takana.



## 8.2 Ilmanvaihtokone TF2-PF2 (Tulo- ja poistoilmakone)

- Palvelualue: Koulurakennuksen liikuntasali
- Sijainti: IV-konehuone. Konehuoneen seinissä ja katossa on pinnoittamatonta mineraalivillaa
- Käyttöönotto: v. 1989
- Aikaohjelma, puhaltimet taajuusmuuttajaohjattuina: ma-su klo 6-23
- Puhaltimien pyörimisnopeus määräytyy poistoilmakanavan hiilidioksidimittauksen perusteella (alaraja 400 ppm, yläraja 800 ppm). Pitoisuuksilla alle 400 ppm puhaltimien pyörimisnopeus on hidas. Pitoisuuden noustessa kasvaa pyörimisnopeus portaattomasti. Pitoisuuden ollessa yli 800 ppm on pyörimisnopeus nopea.
- Ulkolämpötilarajoitus on -18 °C, jota kylmemmällä säällä puhaltimien suurin pyörimisnopeus voi olla korkeintaan hidas.
- Ulkoilmasäleikkö: Sijaitsee ulkoseinällä kaukana jäteilmasäleiköstä. Ei erillistä lumi-/sadesuojaa. Ulkoilmasäleikön epäpuhtauksien määrä vähäinen.
- Ulkoilmakammio: Varustettu lattiakaivolla. Kammion katossa ja seinissä on tummunutta pinnoittamatonta mineraalivillaa.
- Ulkoilmakanava: Ei mineraalivillaa
- Tuloilmasuodatin: F7-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehyksessä vähäistä ohivuotoa, vaihdettu viimeksi marraskuussa 2018.
- Poistoilmasuodatin: F7-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehys tiivis. Suodatin vaihdettu viimeksi marraskuussa 2018.
- Lämmöntalteenotto: Pyörivä lämmöntalteenottolaite, lamellien pölyn määrä vähäinen
- Lämmityspatteri: Nestekiertoinen
- Jäähdytyspatteri: Ei ole
- Tuloilmapuhallin: Hihnakäyttöinen, hihna kunnossa
- Poistoilmapuhallin: Ei tarkistettu
- Konekotelo: Sisäpintojen pölyn määrä vähäinen. Tuloilmapuhaltimen jälkeisessä äänenvaimentimessa on pinnoittamatonta mineraalivillaa reikäpellin takana, kotelossa ei muuta mineraalivillaa tuloilmapuolella.

### 8.3 Ilmanvaihtokone TF3-PF3

(Tulo- ja poistoilmakone)

- palvelualue: Koulurakennuksen keittiö ja ruokala
- Sijainti: IV-konehuone. Konehuoneen seinissä ja katossa on pinnoittamatonta mineraalivillaa
- Käyttöönotto: v. 1989
- Aikaohjelma ja puhaltimien pyörimisnopeus (taajuusmuuttajat):
  - ma-pe klo 9-16.30; nopea
  - ma-pe klo 16.30-9; hidas
  - la-su klo 0-24; hidas
- Ulkolämpötilarajoitus on -21 °C, jota kylmemmällä säällä puhaltimien suurin pyörimisnopeus voi olla korkeintaan hidas.
- Ulkoilmasäleikkö: Sijaitsee ulkoseinällä kaukana jäteilmasäleiköstä. Ei erillistä lumi-/sadesuojaa. Ulkoilmasäleikön epäpuhtauksien määrä vähäinen.
- Ulkoilmakammio: Varustettu lattiakaivolla. Kammion katossa ja seinissä on tummunutta pinnoittamatonta mineraalivillaa.
- Ulkoilmakanava: Ei mineraalivillaa
- Tuloilmasuodatin: F7-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehyksessä vähäistä ohivuotoa, vaihdettu viimeksi marraskuussa 2018.
- Poistoilmasuodatin: M5-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehyksessä vähäistä ohivuotoa. Suodatin vaihdettu viimeksi marraskuussa 2018.
- Lämmöntalteenotto: Levylämmöntalteenottolaite, pölyn määrä vähäinen
- Lämmityspatteri: Nestekiertoinen, lamellien pölyn määrä vähäinen
- Jäähdytyspatteri: Ei ole
- Tulo- ja poistoilmapuhaltimet: Hihnakäyttöisiä, hihnat kunnossa
- Konekotelo: Sisäpintojen pölyn määrä vähäinen. Ennen tuloilmasuodatinta olevassa äänenvaimentimessa on pinnoitettu mineraalivilla reikäpellin takana. Tuloilmapuhaltimen jälkeisen mahdollisen äänenvaimentimen pintoja ei tarkistettu.

### 8.4 Tuloilmakone TF4 ja huippuimuri PF4

- palvelualue: Koulurakennuksen teknisen työn tilat
- Sijainti: TF4 on teknisen työn tilassa 138, PF4 on vesikatolla
- Käyttöönotto: tuloilmakone v. 1989
- Aikaohjelma ja puhaltimien pyörimisnopeus:
  - ma-su klo 0-24; hidas
 (Ilmanvaihtoa voi tehostaa enintään 6 tunnin ajaksi kerrallaan opettajan tilassa 140 olevasta käsikytkimestä, jolloin puhaltimien pyörimisnopeus on nopea.)
- Ulkolämpötilarajoitus on -11 °C, jota kylmemmällä säällä puhaltimen suurin pyörimisnopeus voi olla korkeintaan hidas.
- Ulkoilmasäleikkö: Sijaitsee ulkoseinällä, ei erillistä lumi-/sadesuojaa. Säleikön epäpuhtauksien määrä vähäinen.
- Ulkoilmakammio: Ei mineraalivillaa
- Tuloilmasuodatin: F7-tasoinen pussisuodatin, suodatinkehyksessä vähäistä ohivuotoa.
- Lämmöntalteenotto: Ei ole
- Lämmityspatteri: Nestekiertoinen, lamelleissa jonkin verran pölyä
- Jäähdytyspatteri: Ei ole

- Tuloilmapuhallin: Ei tarkistettu, uusittu noin v. 2018
- Konekotelon sisäpinnat: Tuloilmasuodattimen kohdalla ei mineraalivillaa ja sisäpinnoilla jonkin verran pölyä. Tuloilmapuhallinosan ja tuloilmakoneen jälkeisen äänenvaimentimen pintoja ei tarkistettu.
- Erillispoistot: huippuimurit PF5 (ahjo) ja PF6 (maalikaappi). Lisäksi purunpoistolaitteisto.

### 8.5 Vallox MUH 145MV (Tulo- ja poistoilmakone)

- palvelualue: Lisärakennuksen opetustila P03
- Sijainti: Opetustila P03, asennettu kiinni ulkoseinään
- Käyttöönotto: v. 2015
- Aikaohjelma: ma-su klo 0-24 (koko ajan täydellä teholla)
- Ulkoilmasäleikkö: Sijaitsee ulkoseinällä räystäään alla noin 1 metrin verran jäteilmasäleikön yläpuolella. Ulkoilmasäleikön epäpuhtauksien määrä vähäinen.
- Tuloilman suodatus: Esisuodattimena G4-tasoinen suodatinmatto. Suodattimena F7-tasoinen kasettisuodatin, jonka suodatinkehys tiivis.
- Poistoilmasuodatin: G4-tasoinen suodatinmatto
- Lämmöntalteenotto: Levylämmöntalteenotto, tuloilmapuolen pölyn määrä vähäinen
- Lämmityspatteri: Sähköpatteri
- Jäähdytyspatteri: Ei ole
- Tulo- ja poistoilmapuhaltimet: Suorakäyttöisiä
- Konekotelo: Tuloilman suodatuksen jälkeen hieman pölyä ja hyönteisjäämiä.



**Kuva 7.** Lisärakennuksen opetustilan P03 tilakohtainen Vallox-ilmanvaihtokone.



**Kuva 8.** Ulkoilmasäleikkö on räystäään alla. Alempana on jäteilmasäleikkö, josta puhallus on alas.



**Kuva 9.** Tuloilmapuolella oli esisuodattimena G4-tasoinen suodatinmatto ja suodattimena F7-tasoinen kadettisuodatin. Poistoilmasuodattimena oli G4-tasoinen suodatinmatto. Koneessa on levylämmöntalteenottolaite. Tuloilman suodatuksen jälkeen sisäpinoilla oli jonkin verran pölyä ja hyönteisjäämiä.

## 8.6 Tuloilmakanavien sisäpintojen pölyn koostumus

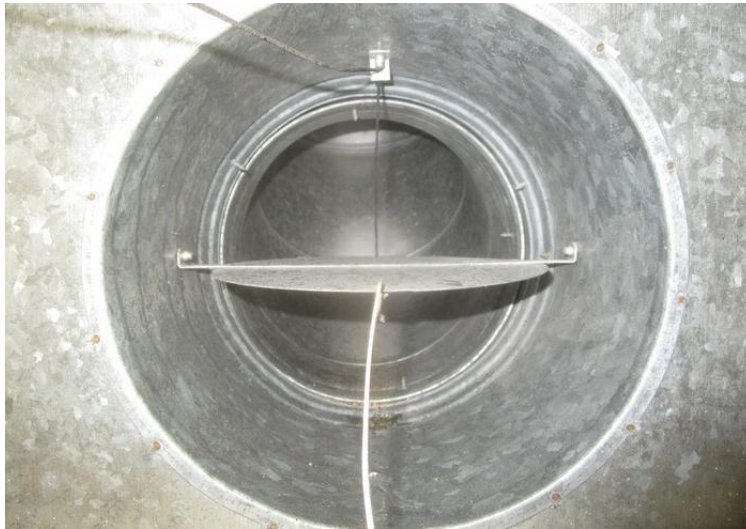
Koulurakennuksen opetustilojen 143 ja 202 tuloilmakanavien sisäpintojen pölystä otettiin näytteet pölyn koostumuksen määrittämistä varten.

Kumpikin pölynäyte koostui pääosin tyypillisestä tuloilmakanavissa todettavasta kiviainespölystä (mm. kvartsihiukkaset, kalsiumpitoiset hiukkaset), joka yleisesti viittaa rakennuspölyyn. Todetut sinkkipitoiset hiukkaset ja ruostehiukkaset viittaavat ilmanvaihtokanavan materiaaliin.

Opetustilan 143 näytteessä todettiin pieni määrä lasi- ja vuorivillan tyyppisiä mineraalikuituja. Sen sijaan opetustilan 202 näytteessä mineraalikuituja ei todettu.

Pölynäytteissä ei todettu asbestikuituja eikä mikrobeja.

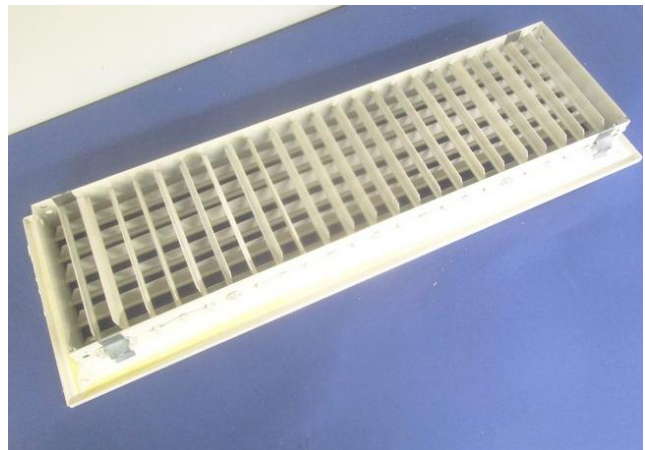
(Näytteenoton yhteydessä havainnointiin tuloilmakanavien sisäpintojen pölykertymiä. Pölyn koostumuksen näytteenottopisteissä sisäpintojen pölykertymäarviot olivat vähäisiä, alle 1 g/m<sup>2</sup>.)



**Kuva 10.** Koulurakennuksen opetustila 143, näkymä tilan tuloilmakanavaan.

### 8.7 Tuloilman päätelaitteet

Koulurakennuksen tuloilman päätelaitteita tarkasteltiin pistokokein opetustiloissa 143, 195 ja 202. Päätelaitteiden hajotinosassa ei ollut mineraalivillaa. Päätelaitteiden liitäntälaatikoiden sisäpinnoilla todettiin pinnoitettua mineraalivillaa, jonka reunat eivät kuitenkaan ole pinnoitettuja. Lisäksi opetustilassa 202 mineraalivillan pinnoite oli paikoin rikki.



**Kuvat 11 ja 12.** Koulurakennuksen opetustilojen tyypillinen tuloilman päätelaite, jonka hajotinosassa ei ole mineraalivillaa.





**Kuvat 13 ja 14.** Koulurakennus. Näkymiä tuloilman päätelaitteen liitäntälaatikon sisään opetustilassa 143 (vasemmalla) ja opetustilassa 202 (oikealla). Laatikoiden sisäpinoilla on reunoilta pinnoittamatonta mineraalivillaa. Lisäksi opetustilassa 202 mineraalivillan pinnoite oli paikoin rikki.

Lisärakennuksen opetustilan P03 tuloilman päätelaitteissa ei todettu mineraalivillaa.

## 8.8 Ilmanvaihdon ilmavirrat

Ilmanvaihdon ilmavirtoja mitattiin pistokokein koulurakennuksen opetustiloissa 125, 143, 195 ja 201 sekä lisärakennuksen opetustilassa P03.

Kaikissa mitatuissa tiloissa ilmanvaihto oli Asumisterveysasetuksen mukaista, eli tuloilmaa oli vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden tilojen suurimmilla käyttäjämäärillä.

Kuitenkin jokaisessa tilassa mitattu tulo- ja/tai poistoilmavirta oli pienempi kuin ilmanvaihtosuunnitelmissa esitetyt arvot.

Lisäksi huomio kiinnittyy koulurakennuksen opetustiloihin 125 ja 195, joissa mitattu tuloilmavirta oli noin 25-30 % mitattua poistoilmavirtaa suurempi.

Mittaustulokset on taulukoitu tilakohtaisesti liitteeseen 1.

## 8.9 Painesuhteiden seurantamittaukset

Sisätilojen ja ulkoilman välistä paine-eroa seurattiin noin kahden viikon ajan tallentavien mittalaitteiden avulla. Koulurakennuksessa oli kuusi mittauspistettä ja lisärakennuksessa oli yksi mittauspiste. Asumisterveysoppaan (2009) mukaan koneellisella ilmanvaihdolla varustetussa rakennuksessa tavoitteellinen sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero tulee olla 0 – (-2) Pa.

### Koulurakennus. Opetustilat 125, 143 ja 211 sekä keittiö 131 (liitteet 6.1, 6.2, 6.3 ja 6.6)

- Painesuhteet vaihtelivat kokonaisuutena pääosin -5 Pa alipaineisuudesta 5 Pa ylipaineisuuteen ulkoilmaan verrattuna. Lisäksi paikoin hieman suurempia paine-eroja.
- Keskimäärin em. tilat olivat 0...-3 Pa alipaineisia seurantajakson aikana.

### Koulurakennus. Opetustila 181 (liite 6.4)

- Painesuhteet vaihtelivat -13 Pa alipaineisuudesta 8 Pa ylipaineisuuteen ulkoilmaan verrattuna.
- Koulupäivien aikana tila oli pääosin 0...8 Pa ylipaineinen ulkoilmaan verrattuna, mutta seurantajakson puolivälin jälkeen esiintyi myös 0...-13 Pa alipaineisuutta mm. tuulen vaikutuksesta.
- Yöaikaan ja viikonloppuisin tila oli pääosin 0...-5 Pa alipaineinen, mutta jakson puolivälissä esiintyi myös alipaineisuutta -5...-10 Pa ilmeisesti tuulen vaikutuksesta.
- Keskimäärin tila oli -2 Pa alipaineinen seurantajakson aikana.

### Koulurakennus. Opetustila 194 (liite 6.5)

- Painesuhteet vaihtelivat -13 Pa alipaineisuudesta 10 Pa ylipaineisuuteen ulkoilmaan verrattuna.
- Koulupäivien aikana tila oli pääosin 0...10 Pa ylipaineinen ulkoilmaan verrattuna, mutta seurantajakson puolivälin jälkeen esiintyi paikoin alipaineisuutta 0...-5 Pa ja yhtenä päivänä alipaineisuutta -5...-13 Pa mm. tuulen vaikutuksesta.
- Yöaikaan ja viikonloppuisin tila oli pääosin 0...4 Pa ylipaineinen.
- Keskimäärin tila oli 2,5 Pa ylipaineinen seurantajakson aikana.

### Lisärakennus. Opetustila P03 (liite 6.7)

- Opetustila P03 oli enimmäkseen 0...-5 Pa alipaineinen ulkoilmaan verrattuna. Seurantajakson puolivälissä alipaineisuus oli tasolla -5...-10 Pa ilmeisesti tuulen vaikutuksesta.
- Keskimäärin tila oli -2,5 Pa alipaineinen seurantajakson aikana.

## 8.10 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi

### Koulurakennus. Ilmanvaihtokone TF1-PF1 ja opetustilat

- Opetustilojen ilmanvaihtokone TF1-PF1 on 30 vuotta vanha, minkä perusteella se on teknisen käyttöikänsä lopussa.
- Nykyisiä ympärivuorokautisia käyntiaikoja pidetään sopivina.
- Asetettu ulkolämpötilarajoitus -21 °C on niin alhainen, että sen vuoksi ilmanvaihto menee vajaateholle hyvin harvoina koulupäivinä talviaikaan.
- Ulkoilmasäleikkö tulisi puhdistaa. Säleikön eteen voisi harkita sääsuojan asentamista.
- Tulo- ja poistoilmasuodattimien nykyiset suodatustasot ovat riittäviä, suodattimien sopiva vaihtoväli on vähintään kaksi kertaa vuodessa.
- Ilmanvaihtolaitteiden sisäosissa on käytetty äänenvaimennuksena mineraalivillaa, joka on osittain pinnoittamatonta. Tulosten mukaan tutkittujen tilojen sisäilmaan kuitenkin ilmanvaihdon mukana kulkeudu mineraalikuituja, koska tutkituissa tiloissa ei todettu pinnoille laskeutuvia mineraalikuituja noin kahden viikon näytteenkeräysaikana. Pitkällä aikavälillä tulisi kuitenkin sulkea pois ilmanvaihtolaitteiden sisäosien mineraalivillan muodostama mahdollinen sisäilman laadun riskitekijä.
- Tuloilmakanavien sisäpintojen pölyssä todetut hiukkaset ovat tavanomaisia tuloilmakanaville. Lisäksi kahdessa tarkastelupisteessä pölykertymä oli vähäinen. Tulosten mukaan tutkitut tuloilmakanavat eivät ole puhdistuksen tarpeessa. Tätä arvioita ei voi yleistää tarkastamattomiin kanaviin.
- Mitattujen opetustilojen nykyinen ilmanvaihto on Asumisterveysasetuksen mukaista. Kuitenkin tilakohtaisissa tulo- ja poistoilmavirroissa ilmeni epätasapainoa ja säätötarvetta. Esim. osassa tiloja tilakohtainen tuloilmavirta on selkeästi poistoilmavirtaa suurempi, jolloin koulupäivinä tilan oven ollessa kiinni on tila ylipaineinen. Opetustiloissa seurantajakson aikana paikoin mitattu yli -5 Pa alipaineisuus on pääosin seurausta tuulen vaikutuksesta. Mitattujen tilojen ja ulkoilman väliset keskimääräiset paine-erot olivat pieniä.

### Koulurakennus. Ilmanvaihtokone TF2-PF2 (liikuntasali)

- Liikuntasalin ilmanvaihtokone TF2-PF2 on 30 vuotta vanha, minkä perusteella se on teknisen käyttöikänsä lopussa.
- Nykyisiä käyntiaikoja pidetään sopivina.
- Ilmanvaihdon toimintatehoa määrittelevän poistoilmakanavan hiilidioksidipitoisuuden nykyinen yläraja on 800 ppm, minkä seurauksena korkean liikuntasalin ilmanvaihto toiminee täydellä teholla vasta melko suurella käyttäjämäärällä. Ylärajaa tulisi alentaa, jotta ilmanvaihto toimisi varmuudella täydellä teholla tavallisten liikuntatuntien aikana.
- Asetettu ulkolämpötilarajoitus -18 °C on niin alhainen, että sen vuoksi ilmanvaihto menee vajaateholle hyvin harvoina koulupäivinä talviaikaan.
- Ulkoilmasäleikön eteen voisi harkita sääsuojan asentamista.



- Tulo- ja poistoilmasuodattimien nykyiset suodatustasot ovat riittäviä, suodattimien sopiva vaihtoväli on vähintään kaksi kertaa vuodessa.
- Pitkällä aikavälillä tulisi sulkea pois ilmanvaihtolaitteiden sisäosien mineraalivillan muodostama mahdollinen sisäilman laadun riskitekijä.

#### Koulurakennus. Ilmanvaihtokone TF3-PF3 (keittiö ja ruokala)

- Keittiön ja ruokalan ilmanvaihtokone TF3-PF3 on 30 vuotta vanha, minkä perusteella se on teknisen käyttöikänsä lopussa.
- Nykyisiä ympärivuorokautisia käyntiaikoja pidetään pääosin sopivina. Tulisi kuitenkin tarkistaa, onko klo 9 riittävän aikainen alkamisajankohta täyden tehon ilmanvaihdolle koulupäivinä.
- Asetettu ulkolämpötilarajoitus -21 °C on niin alhainen, että sen vuoksi ilmanvaihto menee vajaateholle hyvin harvoina koulupäivinä talviaikaan.
- Ulkoilmasäleikön eteen voisi harkita sääsuojan asentamista.
- Tulo- ja poistoilmasuodattimien nykyiset suodatustasot ovat riittäviä, suodattimien sopiva vaihtoväli on vähintään kaksi kertaa vuodessa.
- Pitkällä aikavälillä tulisi sulkea pois ilmanvaihtolaitteiden sisäosien mineraalivillan muodostama mahdollinen sisäilman laadun riskitekijä.

#### Koulurakennus. Tuloilmakone TF4 ja huippuimuri PF4 (tekninen työ)

- Teknisen työn tilojen tuloilmakone TF4 on 30 vuotta vanha, minkä perusteella se on teknisen käyttöikänsä lopussa.
- Nykyistä ympärivuorokautista käyntiaikaa pidetään sopivana. Ilmanvaihdon tehostus tapahtuu helposti opettajan tilan käsikytkimestä.
- Asetettu ulkolämpötilarajoitus on -11 °C. Sen seurauksena talviaikaan on koulupäiviä, jolloin teknisen työn tilojen ilmanvaihtoa ei voi tehostaa.
- Ulkoilmasäleikön eteen voisi harkita sääsuojan asentamista.
- Tuloilmasuodattimen nykyinen suodatustaso on riittävä, suodattimen sopiva vaihtoväli on vähintään kaksi kertaa vuodessa.
- Pitkällä aikavälillä tulisi sulkea pois ilmanvaihtolaitteiden sisäosien mineraalivillan muodostama mahdollinen sisäilman laadun riskitekijä.

#### Lisärakennus. Opetustila P03

- Lisärakennuksen opetustilan P03 uudehkolla ilmanvaihtokoneella on teknistä käyttöikää jäljellä vuosia.
- Nykyistä ympärivuorokautista käyntiaikaa pidetään sopivana.
- Tulo- ja poistoilmasuodattimet ovat laitevalmistajan määrittelemiä ja suodatustasoiltaan riittäviä, sopiva vaihtoväli on vähintään kaksi kertaa vuodessa.
- Ilmanvaihtolaitteissa ei ole mineraalikulutähteitä.

- Ilmanvaihdon ulko- ja jäteilmäsäleikköiden sijainnin seurauksena osa tilasta poistetusta ilmasta voi kulkeutua ilmanvaihdon mukana takaisin tilaan, mutta tämä ei ole merkittävä asia.
- Opetustilan P03 nykyinen ilmanvaihto on Asumisterveysasetuksen mukaista. Tilassa tulisi kuitenkin lisätä tuloilmavirtaa suunnitteluarvon tasolle. Tilan ja ulkoilman välinen keskimääräinen paine-ero oli pieni.

## 8.11 Korjaustoimenpide-ehdotukset

### Koulurakennus

- 30 vuotta vanhat ilmanvaihtokoneet suositellaan uusittaviksi viimeistään seuraavan peruskorjauksen yhteydessä.
- Opetustilojen nykyinen ilmanvaihto suositellaan tasapainotettavaksi tilakohtaisesti vastaamaan suunniteltuja arvoja. Opetustilojen ilmanvaihtokoneen TF1-PF1 ulkoilmäsäleikkö suositellaan puhdistettavaksi.
- Liikuntasalin ilmanvaihtokoneen TF2-PF2 hiilidioksidipitoisuuden nykyistä ylärajaa 800 ppm suositellaan alennettavaksi esim. tasolle 450 ppm tai 500 ppm.
- Ilmanvaihtokoneiden tulo- ja poistoilmasuodattimet suositellaan vaihdettavaksi kaksi kertaa vuodessa.
- Ennalta ehkäisevästi suositellaan, että rakennuksen nykyisten ilmanvaihtolaitteiden sisäosien pinnoittamattomat mineraalivillapinnat pinnoitetaan. Vaihtoehtoisesti suositellaan harkittavaksi mineraalivillan korvaamista toisella materiaalilla. (ilmanvaihtokoneiden ulkoilmakammiot ja äänenvaimentimet, kanavien äänenvaimentimet, tuloilman päätelaitteet sekä ilmanvaihtokonehuoneiden katto- ja seinäpinnat).

### Lisärakennus

- Lisärakennuksen opetustilassa P03 suositellaan, että tuloilmavirtaa lisätään suunnitteluarvon tasolle. Samalla tarkistetaan, että poistoilmavirta pysyy suunnitteluarvon mukaisena.
- Tulo- ja poistoilmasuodattimet suositellaan vaihdettavaksi kaksi kertaa vuodessa.

## 9 LIITTEET

Liite 1	Mittaustulokset
Liite 1.1	Laboratoriotulos 00008935_Suomi_V1.pdf
Liite 2.	Mittauspisteet pohjakuvissa
Liite 3.	Kosteuskartoitus
Liite 4.	Merkitseminen
Liite 5.	Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset
Liite 6.	Painesuhteiden seurantamittaukset

Helsingissä, 20.5.2019

Sweco Asiantuntijapalvelut Oy



Heli Hurskainen  
DI, projektipäällikkö



Sanna Pohjola  
MLL, Rakennusterveysasiantuntija  
Osastopäällikkö

**Sisäilman mikrobit**

Näytteet otettiin kuusivaihekeräimellä elatusalustoille, jotka olivat 2 % mallasuuteagar (M2) ja DG 18 –agar homesienille sekä tryptoni-hiivauute-glukoosiagar (THG) bakteereille ja sädesienille eli aktinomykeeteille. Mikrobit tunnistettiin valomikroskooppisesti. Pitoisuudet on esitetty käyttäen yksikköä cfu/m<sup>3</sup> eli pesäkkeen muodostavien yksiköiden määrää kuutiometrissä ilmaa. Tulokset olivat seuraavat:

Näytteen- ottopiste	Tilan ja näytteen- ottopisteen kuvaus	Pvm	Sieni-itiöt, mallasuute, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>	Sieni-itiöt, DG 18, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>	Bakteerit, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>	Aktinomykeetit, pitoisuus, cfu/m <sup>3</sup>
M1	143 Kirjasto	1.4.2019	Yhteensä 0	Yhteensä 0	85	0
		15.4.2019	Yhteensä 11 steriilit 100 %	Yhteensä 11 Wallemia sp.* 100 %	470	0
M2	176 Liikuntasali	1.4.2019	Yhteensä 25 Penicillium sp. 57 % Cladosporium sp. 43 %	Yhteensä 25 Cladosporium sp. 72 % hiivat 14 % steriilit	250	0
		15.4.2019	Yhteensä 4 hiivat 100 %	Yhteensä 11 Aspergillus sp. 33 % steriilit 67 %	620	0
M3	195 Opetustila	1.4.2019	Yhteensä 25 Cladosporium sp. 57 % Penicillium spp. 43 %	Yhteensä 35 Cladosporium sp. 30 % Penicillium sp. 20 % hiivat 20 % steriilit 30 %	120	0
		15.4.2019	Yhteensä 39 Cladosporium sp. 18 % Penicillium sp. 9 % hiivat 55 % steriilit 18 %	Yhteensä 11 hiivat 33 % steriilit 67 %	100	0
M4	P03 Lisärakennuksen luokka	1.4.2019	Yhteensä 11 Penicillium sp. 33 % steriilit 67 %	Yhteensä 25 Cladosporium sp. 57 % Aureobasidium sp. 14 % steriilit 29 %	2 020	0
		15.4.2019	Yhteensä 25 Cladosporium sp. 29 % Penicillium sp. 14 % hiivat 14 % steriilit 43 %	Yhteensä 46 Cladosporium sp. 15 % Absidia sp. 8 % Aureobasidium sp. 8 % Penicillium sp. 8 % hiivat 8 % steriilit 53 %	940	19
M5	Ulkoilma	1.4.2019	Yhteensä 230 Cladosporium sp. 17 % Cladosporium sp. 2 % hiivat 46 % steriilit 35 %	Yhteensä 210 Cladosporium sp. 28 % Eurotium sp.* 2 % Penicillium sp. 2 % hiivat 53 % steriilit 15 %	1 940	24
		15.4.2019	Yhteensä 120 Penicillium sp. 4 % Cladosporium sp. 3 % hiivat 41 % steriilit 52 %	Yhteensä 84 Cladosporium sp. 26 % Penicillium spp. 16 % Aureobasidium sp. 11 % hiivat 21 % steriilit 26 %	420	9

\* Kosteusvaurioindikaattori

Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittauksen aikana olivat seuraavat:

Pvm	Sisäilman lämpötilä, °C	Sisäilman suhteellinen kosteus, %	Ulkoilman lämpötilä, °C	Ulkoilman suhteellinen kosteus, %
1.4.2019	17,8 – 21,8	15 – 22	14	19
15.4.2019	18,4 – 21,4	17 – 21	12,6	22

Mikrobitulosten arviointiperusteet ovat Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen 8/2016 ja Kansanterveyslaitoksen Koulujen kosteus- ja homevauriot – opas 2008 mukaan:

#### Sieni-itiöt

- taajamassa sijaitsevien asuntojen sieni-itiöpitoisuus 100 – 500 cfu/m<sup>3</sup> talviaikana on poikkeavan suuri. Jos myös näytteen mikrobisuvusto on tavanomaisesta poikkeava, mikrobikasvun esiintyminen on todennäköistä,
- alle 100 cfu/m<sup>3</sup>:n mikrobipitoisuus voi viitata mikrobikasvustoon asunnossa talviaikana, mikäli näytteen lajistossa esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja eli ns. kosteusvaurioindikaattoreita,
- taajamassa sijaitsevan asunnon talviaikainen sieni-itiöpitoisuus yli 500 cfu/m<sup>3</sup> on mikrobikasvustoon viittaava,
- kivirakenteisten koulurakennusten pitoisuustaso talviaikana on yleensä alle 50 cfu/m<sup>3</sup>. Vauriutiloissa talviaikaiset pitoisuudet ovat usein 50 – 100 cfu/m<sup>3</sup>,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu talviaikainen ohjearvo (Työterveyslaitos) on 50 cfu/m<sup>3</sup>,
- sulan maan aikana vertailuarvona käytetään samanaikaista ulkoilmapitoisuutta ja selvitetään sisä- ja ulkoilman mikrobilajistoissa olevia eroja. Mikäli sisäilman mikrobipitoisuus on suurempi kuin ulkoilman, voi tämä viitata epätavanomaiseen mikrobilähteeseen sisällä. Mikrobilähteeseen viittaa myös se, että sisäilmassa esiintyy mikrobilajeja, joita ei esiinny ulkoilmassa.

#### Bakteerit

- pitoisuustaso yli 4 500 cfu/m<sup>3</sup> asunnoissa ja koulujen luokkatiloissa on kohonnut ja viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tilan käyttöön nähden,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu ohjearvo (Työterveyslaitos) on 600 cfu/m<sup>3</sup> ja viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.

#### Aktinomykeetit (Sädesienet)

- aktinomykeettien eli sädesienien esiintymistä talviaikana taajama-asunnoissa pidetään ns. kosteusvaurioindikaattoreina,
- toimistotyyppisten työtilojen ehdotettu talviaikainen ohjearvo (Työterveyslaitos) on 5 cfu/m<sup>3</sup>,
- sulan maan aikana vertailuarvona käytetään samanaikaista ulkoilmapitoisuutta.

## Rakenteiden kosteudet, viiltomittausmenetelmä

Rakenteisiin, joissa todettiin vertailuarvoon nähden kohonnutta kosteutta kosteudenilmaisimella tai joissa oli muuten epäiltävissä poikkeavaa kosteutta, viillettiin lattiapäällysteeseen reiät suhteellisen kosteuden määrittämiseksi lattiapäällysteen alta. Suhteellinen kosteus mitattiin tasaantuneissa olosuhteissa. Mittalaitteina olivat Vaisalan HMI41-näyttölaitteet ja HMP42-mittapäät. Tulokset, rakenteen ilmatilan suhteellinen kosteus (%) ja lämpötila (°C) on esitetty oheisessa taulukossa.

Mittauspiste	Tila	Rakenneosa	Mittauspisteen sijainti	Pvm	Suhteellinen kosteus, %	Lämpötila, °C
VM1	Opetustila 192	alapohja	Takanurkka, 0,15m ikkunaseinästä, 0,2m takaseinästä. Kts. liite 3.1.	17.4.2019	86,6	15,9
VM2	Opetustila 192	alapohja	Takanurkka, 1,2m käytävän väliseinästä, 0,3m takaseinästä. Kts. liite 3.1.	17.4.2019	64,0	19,3

Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittausten aikana olivat seuraavat:

Pvm	Sisäilma			Ulkoilma		
	Suhteellinen kosteus, %	Absoluuttinen kosteus, g/m <sup>3</sup>	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %	Absoluuttinen kosteus, g/m <sup>3</sup>	Lämpötila, °C
17.4.19	23,8	4,64	22,1	44	4,43	11

## Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC -yhdisteiden) ilmanäytteet kerättiin pumpuilla Tenax -putkiin, jotka analysoitiin kaasukromatografisesti MetropoliLab Oy:n laboratoriossa Helsingissä. Tulokset on esitetty yksikössä µg/m<sup>3</sup>. Laboratorioanalyysin mittausepävarmuus on 30 %.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet (TVOC) olivat seuraavat:

Näytteenottopiste	Tila	Näytteenottopisteen kuvaus	IV-kone	Pvm	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), µg/m <sup>3</sup>
V1	143	Kirjasto	TF1	15.4.2019	10
V2	195	Opetustila	TF1	15.4.2019	18
V3	176	Liikuntasali		15.4.2019	10
V4	P03	Lisärakennuksen luokka	Vallox	15.4.2019	25

Edellä mainittujen näytteiden tärkeimmät yksittäiset yhdisteet olivat seuraavat. Yhdisteet on esitetty aineen omalla vasteella ja tolueenivasteella määritettyinä (oma vaste / tolueenivaste). Omalla vasteella saadun tuloksen puuttuessa merkintä on muotoa - / tolueenivaste:

Yhdiste	Näytteenottopiste/ Pitoisuus, µg/m <sup>3</sup>			
	V1	V2	V3	V4
<b>Alkaanit:</b>				
Suoraketjuisia ja haaroittuneita hiilivetyjä	- / 1,5			
<b>Alkaanit yhteensä</b>	<b>- / 1,5</b>			
<b>Alkoholit:</b>				
2-Etyyli-1-heksanoli	1,8 / 1,8	1,7 / 1,7	0,8 / -	0,6 -
Butanoli	1,0 / -			
<b>Alkoholit yhteensä</b>	<b>2,8 / 1,8</b>	<b>1,7 / 1,7</b>	<b>0,8 / -</b>	<b>0,6 / -</b>
<b>Aromaattiset yhdisteet:</b>				
Bentseeni			0,9 / 1,1	0,9 / 1,1
Tolueeni				1,0 / 1,1
Etyylibentseeni				0,2 / -
1,4-Ksyleeni		0,3 / -	0,6 / -	0,4 / -
<b>Aromaattiset yhdisteet yhteensä</b>		<b>0,3 / -</b>	<b>1,5 / 1,1</b>	<b>3,5 / 2,2</b>
<b>Esterit</b>				
Etyyliasetaatti		0,3 / -		0,3 / -
Estereitä, muita				- / 2,5
<b>Esterit yhteensä</b>		<b>0,3 / -</b>		<b>0,3 / 2,5</b>
<b>Karbonyylit:</b>				
Heksanaali				1,5 / 0,6
Bentsaldehydi	3,8 / 1,5	5,0 / 2,0	5,2 / 2,1	5,0 / 2,0
Oktanaali		1,4 / 0,7		1,7 / 0,8
Nonanaali		4,0 / 2,0	4,4 / 2,2	4,9 / 2,4
Dekanaali	- / 1,5	- / 1,8	- / 1,7	- / 3,1
Karbonyylejä, muita		- / 3,2		- / 2,2
<b>Karbonyylit yhteensä</b>	<b>3,8 / 3,0</b>	<b>10,4 / 9,7</b>	<b>9,6 / 6,0</b>	<b>13,1 / 11,1</b>
<b>Terpeenit:</b>				
Pineeni			0,2 / -	1,5 / 1,0
delta-3-Kareeni				0,5 / -
Limoneeni				2,5 / 3,3
<b>Terpeenit yhteensä</b>			<b>0,2 / -</b>	<b>4,5 / 4,3</b>
<b>Muut yhdisteet:</b>				
Dekametyylisyklopentasiloksaani				- / 1,6
<b>Muut yhdisteet yhteensä</b>				<b>- / 1,6</b>
<b>Tunnistettuja yhdisteitä yhteensä, µg/m<sup>3</sup></b>	<b>6,6 / 6,3</b>	<b>12,7 / 11,4</b>	<b>12,1 / 7,1</b>	<b>22,0 / 21,7</b>

Tunnistettujen yhdisteiden pitoisuudet määritetään puhtaiden vertailuaineiden avulla (aineen omalla vasteella) ja / tai tolueeniekvivalenttina. TVOC -arvo määritetään tolueeniekvivalenttina. Tunnistettujen yhdisteiden joukossa voi olla myös TVOC -alueen ulkopuolisia yhdisteitä. Em. syistä tunnistettujen yhdisteiden yhteenlaskettu kokonaispitoisuus ja TVOC -arvo eivät usein ole yhtä suuret.

Työterveyslaitoksen ehdotuksen mukaan (2016) toimistoympäristöjen sisäilman TVOC – pitoisuuden viitearvona, jonka alapuolella 90 %:ssa mittauskohteita pitoisuus on ollut, on 100 µg/m<sup>3</sup>. Yksittäisille yhdisteille on annettu viitearvoja, jotka vaihtelevat ainekohtaisesti välillä 1 – 12 µg/m<sup>3</sup>. Yksittäisten yhdisteiden viitearvot on annettu käyttäen aineiden omaa vastetta.

15.5.2015 voimaan astuneen Asumisterveysasetuksen (545/2015) mukaan asunnon ja muun oleskelutilan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 400 µg/m<sup>3</sup>. Tällä ei kuitenkaan tarkoiteta sitä, että jos kokonaispitoisuus jää alle 400 µg/m<sup>3</sup>, haihtuvista orgaanisista yhdisteistä ei voisi aiheutua terveyshaittaa. Kokonaispitoisuuden toimenpiderajan ylittyminen edellyttää yksittäisten yhdisteiden merkityksen selvittämistä. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m<sup>3</sup> lukuun ottamatta seuraavia yksittäisiä yhdisteitä, joiden toimenpiderajat ovat: TXIB – 10 µg/m<sup>3</sup>, 2-etyyli-1-heksanoli – 10 µg/m<sup>3</sup>, naftaleeni – 10 µg/m<sup>3</sup> (hajua ei saa esiintyä) ja styreeni – 40 µg/m<sup>3</sup>.

### Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut

Pinnoille laskeutuvia mineraalikuituja kerättiin tiloihin noin kahden viikon ajaksi asennettujen geeliteippilevyjen avulla. Näytteet tutkittiin valomikroskooppisesti laboratorioissa. Pinnoilla todettiin mineraalikuituja neliösenttimetriä kohden (yli 20 mikrometrin pituiset kuidut) seuraavasti:

Näytteen- ottopiste	Näytteenottopisteen kuvaus	IV-kone	Keräysaika	Mineraalikuidut, kpl/cm <sup>2</sup>
PPK1	Koulurakennus, kirjasto 143	TF1-PF1	2.-17.4.2019	alle 0,07
			2.-17.4.2019	alle 0,07
PPK2	Koulurakennus, voimisteluvälinevarasto 179	TF1-PF1	2.-17.4.2019	alle 0,07
			2.-17.4.2019	alle 0,07
PPK3	Koulurakennus, opetustila 195	TF1-PF1	2.-17.4.2019	alle 0,07
			2.-17.4.2019	alle 0,07
PPK4	Lisärakennus, opetustila P03 (luokka 5)	Vallox	2.-17.4.2019	alle 0,07
			2.-17.4.2019	alle 0,07

Tasopinnoille kahden viikon aikana laskeutuvien mineraalikuitujen viitearvo toimistoympäristöissä (säännöllisesti siivottavat pinnat) on 0,2 kpl/cm<sup>2</sup> (Työterveyslaitos 2016). Tämä on myös 15.5.2015 voimaan astuneen Asumisterveysasetuksen mukainen teollisten mineraalikuitujen toimenpideraja kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä.

### Tuloilmakanavien sisäpintojen pölyn koostumus

Tuloilmakanavien pölyn koostumusta tutkittiin menetelmällä, jossa pölynäyte kerätään kokoomänäytteenä kanavan sisäpinnalta. Näytteet tutkittiin elektronimikroskooppisesti Mikrofokus Oy:n laboratorioissa Helsingissä. Näytteiden koostumus oli seuraava:



Näytteen- ottopiste	IV-kone	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Materiaalinäytteen koostumus
KP1	TF1-PF1	Koulurakennus, opetustila 143, tuloilmakanava	1.4.2019	Pääasiallinen koostumus: kiviainespölyä Tarkempi erittely: - jonkin verran kvartsihiukkasia - jonkin verran sinkkipitoisia hiukkasia - jonkin verran kalsiumpitoisia hiukkasia - vähän ruostehiukkasia - vähän alumiinioksidishiukkasia Mineraalikuidut ja mikrobit: - pieni määrä lasi- ja vuorivillan tyyppisiä mineraalikuuita (MMVF) - mikrobeja ei todettu Näytteessä ei todettu asbestikuuita.
KP2	TF1-PF1	Koulurakennus, opetustila 202, tuloilmakanava	1.4.2019	Pääasiallinen koostumus: kiviainespölyä Tarkempi erittely: - jonkin verran kvartsihiukkasia - jonkin verran sinkkipitoisia hiukkasia - jonkin verran kalsiumpitoisia hiukkasia - vähän ruostehiukkasia - vähän alumiinioksidishiukkasia Näytteessä ei todettu mineraalikuuita (MMVF), mikrobeja eikä asbestikuuita.

### Sisäilman hiilidioksidin, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset

Tutkittavissa tiloissa seurattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Mittaukset tehtiin Geminin / Telairen ja TSI:n sisäilman laatuanalysointilaitteilla. Mittausten mittausepävarmuus on noin  $\pm 50$  ppm hiilidioksidipitoisuudelle,  $\pm 0,5$  °C lämpötilalle ja  $\pm 3$  % suhteelliselle kosteudelle. Tulokset olivat seuraavat:

Mittauspi- ste	Tila	Mittauspisteen kuvaus	Seuranta-aika	CO <sub>2</sub> -pitoisuus, ppm	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %
L1	143	Koulurakennus, kirjasto	1.4. – 17.4.2019	407 ... 1 228	19,8 ... 21,5	15 ... 37
L2	195	Koulurakennus, opetustila	1.4. – 17.4.2019	399 ... 1 003	20,5 ... 22,9	16 ... 33
L3	P03	Lisärakennus, opetustila	1.4. – 17.4.2019	406 ... 1 001	17,7 ... 23,0	16 ... 31

Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus vaihtelee normaalisti välillä 350 – 400 ppm.

Julkaisun Sisäilmastoluokitus 2018 hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvot ovat:

- S1  $\leq$  350 ppm lisättyä samanaikaisella ulkoilmapitoisuudella,
- S2  $\leq$  550 ppm lisättyä samanaikaisella ulkoilmapitoisuudella,
- S3  $\leq$  800 ppm lisättyä samanaikaisella ulkoilmapitoisuudella.

15.5.2015 voimaan astuneen Asumisterveysasetuksen mukaan asunnon ja muun oleskelutilan sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, jos pitoisuus on  $2\ 100\ \text{mg}/\text{m}^3$  (1 150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

Huoneilman lämpötilojen tulee täyttää asetuksen liitteessä 1 olevan taulukon 1 mukaiset toimenpiderajat.

Seurantamittausten graafiset kuvaajat on esitetty liitteessä 5, joista nähdään mitattujen suureiden vaihtelut eri vuorokauden aikoina.

**Ilmanvaihdon ilmavirtojen mittaukset**

Huonetilojen ilmavirtoja määritettiin SwemaFlow 126 -ilmavirtamittarilla, Airflow PVM610 -paine-eromittarilla ja mittaamalla venttiileiden asentoja sekä Swema 3000 -mittariin liitetyllä SWA 31 -kuumalanka-anturilla. Vertailuarvoiksi on merkitty ilmanvaihtosuunnitelmissa esitetyt arvot sekä Asumisterveysasetuksen (2015) perusteella määritetyt vähimmäisilmanvaihdon arvot. Mittausten kokonaismittausvirhe (mittausepävarmuus) on  $\pm 10$  %. Ilmavirrat olivat seuraavat:

Mittauspi- ste	Pvm	IV-kone	Tila	Tuloilmavirta, dm <sup>3</sup> /s			Poistoilmavirta, dm <sup>3</sup> /s	
				Mitattu	Suunniteltu	Asumisterveysa- setus (2015)	Mitattu	Suunniteltu
I1	2.4.2019	TF1-PF1	Koulurakennus, opetustila 125	<b>143</b>	145 (v.1989)	78 *	<b>115</b>	145 (v.1989)
I2	1.4.2019	TF1-PF1	Koulurakennus, opetustila 143	<b>110</b>	140 (v.1989)	60 *	<b>110</b>	140 (v.1989)
I3	1.4.2019	TF1-PF1	Koulurakennus, opetustila 195	<b>185</b>	190 (v.1989)	126 *	<b>143</b>	190 (v.1989)
I4	2.4.2019	TF1-PF1	Koulurakennus, opetustila 201	<b>153</b>	190 (v.1989)	96 *	<b>144</b>	190 (v.1989)
I5	2.4.2019	Vallox	Lisärakennus, opetustila P03 (luokka 5)	<b>126</b>	155 (v.2015)	120 *	<b>141</b>	145 (v.2015)

\* Laskettu tilan suurimmalle käyttäjämäärälle. Oltava vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden kouluissa ja päiväkodeissa. Käyttäjämäärät on saatu henkilökunnalta.

Tilaaja  
**2635440-5**  
Sweco Asiantuntijapalvelut Oy

Aitto-oja Reeta

 Ilmalanportti 2  
00240 HELSINKI

Maksaja

**Sweco Asiantuntijapalvelut Oy**

 Ilmalanportti 2  
00240 HELSINKI


<b>Näytetiedot</b>	<b>Näyte</b>	Sisäilma VOC		
	<b>Näyte otettu</b>	15.04.2019	<b>Kellonaika</b>	
	<b>Vastaanotettu</b>	16.04.2019	<b>Kellonaika</b>	15.15
	<b>Tutkimus alkoi</b>	16.04.2019	<b>Näytteenoton syy</b>	Tilaustutkimus
	<b>Näytteen ottaja</b>	Aitto-oja Reeta		
	<b>Viite</b>	22501945-010/kp14015/Aitto-oja/VOC		

Liitteenä tilakohtainen dokumentti yhdisteiden pitoisuuksista.

Analyysi	TVOC tolueenina (TD-GC-MSD/FID)
Yksikkö	µg/m <sup>3</sup>
Menetelmä	ISO 16000-6:2011 (Tenax TA)
Epävarmuus-%	30
Näyte	*
8935-1, Sisäilma VOC, V1 (Kirjasto), 22501945-010	10
8935-2, Sisäilma VOC, V2 (195), 22501945-010	18
8935-3, Sisäilma VOC, V3 (Liikunta), 22501945-010	10
8935-4, Sisäilma VOC, V4 (Piharakennus), 22501945-010	25

\* = Akkreditoitu menetelmä

**Yhteyshenkilö** Lukkarinen Timo, 010 3913 431, kemisti



 Ahlfors Reetta  
toimitusjohtaja

**Tiedoksi** Aitto-oja Reeta, reeta.aitto-oja@sweco.fi;  
Fi\_200\_Laboratorio, fi\_200\_laboratorio@sweco.fi

 Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.  
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Liite testausselosteeseen	2019-8935-01		
Näyte	V1 (kirjasto)		
		TVOC tolueenina (Tenax TA, C6-C16)	TVOC
		ug/m3	tunnistettu %
		<u>10</u>	<u>66</u>
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
	MSD	FID	
<b>Alkaanit yht.</b>		<2	<b>16</b>
Suuraketjuisia ja haar hiilivetyjä		1.5	16
Rengasrak hiilivetyjä		<2,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Alkoholit yht.</b>	2.8	1.8	<b>19</b>
2-Etyyli-1-heksanoli	1.8	1.8	19
Butanoli	1.0	<1,0	0
Fenoli	<1,0	<1,0	0
Propyleeniglykoli		<1,0	0
Bentsyylialkoholi		<1,0	0
C9-Alkoholit		<1,0	0
Alkoholeja muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Aromaattiset yht.</b>	<2,3	<1	<b>0</b>
Bentseeni	<0,80	<1,0	0
Tolueeni	<1,0	<1,0	0
Etyylibentseeni	<0,20	<1,0	0
1,4-Ksyleeni	<0,30	<1,0	0
Styreeni	<0,30	<1,0	0
1,2-Ksyleeni	<0,30	<1,0	0
Propyylibentseeni	<0,10	<1,0	0
1,3,5-Trimetyylibentseeni	<0,10	<1,0	0
Naftaleeni	<0,50	<1,0	0
1-Metyylinaftaleeni	<0,20	<1,0	0
Bifenyylit	<0,20	<1,0	0
Alkyylibentseenejä muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Esterit yht.</b>	<0,1	<1	<b>0</b>
Etyyliasettaatti	<0,10	<1,0	0
Butyyliasettaatti	<0,10	<1,0	0
Esteritä muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Glykolieetterit yht.</b>	<1,0	<1	<b>0</b>
Dietyleeniglykoli-monoetyylieetteri	<5,0	<5,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri	<5,0	<5,0	0

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

TXIB	<1,0	<1,0	0
2-Butoksietanol		<1,0	0
2-Fenoksietanol		<1,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri asettaatti		<1,0	0
Glykolieettereitä muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Halogenoidut yhdisteet yht.</b>	<0,2	<1	<b>0</b>
Tetrakloorieteeni	<0,20	<1,0	0
1,1,2,2-Tetrakloorietaani	<0,10	<1,0	0
1,4-Diklooribentseeni	<0,10	<1,0	0
Halogenoituja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Karbonyylit yht.</b>	3.8	3.0	<b>32</b>
Heksanaali	<1,0	<1,0	0
2-Furankarboksaldehydi	<1,0	<1,0	0
Bentsaldehydi	3.8	1.5	16
Oktanaali	<1,0	<1,0	0
Nonanaali	<3,1	<1,0	0
Pentanaali		<1,0	0
Heptanaali		<1,0	0
Dekanaali		1.5	16
Asetofenoni		<1,0	0
Karbonyyleja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Orgaaniset hapot yht.</b>		<2	<b>0</b>
Etikkahappo		<1,0	0
Heksaanihappo		<1,0	0
Orgaanisia happoja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Terpeenit yht.</b>	<0,8	<1	<b>0</b>
Pineeni	<0,20	<1,0	0
Delta-3-kareeni	<0,10	<1,0	0
Limoneeni	<0,80	<1,0	0
beta-Pineeni		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Muut yhdisteet yht.</b>		<1	<b>0</b>
Syklotrisiloksaani, heksametyyli		<1,0	0
Syklotetrasiloksaani, oktametyyli		<1,0	0
Syklopentasiloksaani, dekametyyli		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	
<b>TVOC (C6-C16) ulkopuoliset yhdisteet</b>			

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Liite testausselosteeseen	2019-8935-02		
Näyte	V2 (195)		
		TVOC tolueenina (Tenax TA, C6-C16)	TVOC
		ug/m3	tunnistettu %
		<u>18</u>	<u>76</u>
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
	<b>MSD</b>	<b>FID</b>	
<b>Alkaanit yht.</b>		<2	<b>0</b>
Suoraketjuisia ja haar hiilivetyjä		<2,0	0
Rengasrak hiilivetyjä		<2,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Alkoholit yht.</b>	1.7	1.7	<b>10</b>
2-Etyyli-1-heksanoli	1.7	1.7	10
Butanoli	<0,50	<1,0	0
Fenoli	<1,0	<1,0	0
Propyleeniglykoli		<1,0	0
Bentsyylialkoholi		<1,0	0
C9-Alkoholit		<1,0	0
Alkoholeja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Aromaattiset yht.</b>	<2,3	<1	<b>0</b>
Bentseeni	<0,80	<1,0	0
Tolueeni	<1,0	<1,0	0
Etyylibentseeni	<0,20	<1,0	0
1,4-Ksyleeni	0.3	<1,0	0
Styreeni	<0,30	<1,0	0
1,2-Ksyleeni	<0,30	<1,0	0
Propyylibentseeni	<0,10	<1,0	0
1,3,5-Trimetyylibentseeni	<0,10	<1,0	0
Naftaleeni	<0,50	<1,0	0
1-Metyylinaftaleeni	<0,20	<1,0	0
Bifenyylit	<0,20	<1,0	0
Alkyylibentseenejä muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Esterit yht.</b>	0.3	<1	<b>0</b>
Etyyliasettaatti	0.3	<1,0	0
Butyyliasettaatti	<0,10	<1,0	0
Esteritä muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Glykolieetterit yht.</b>	<1,0	<1	<b>0</b>
Dietyleeniglykoli-monoetyylieetteri	<5,0	<5,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri	<5,0	<5,0	0

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa.

TXIB	<1,0	<1,0	0
2-Butoksietanoli		<1,0	0
2-Fenoksietanoli		<1,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri asettaatti		<1,0	0
Glykolieettereitä muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Halogenoidut yhdisteet yht.</b>	<0,2	<1	<b>0</b>
Tetrakloorieteeni	<0,20	<1,0	0
1,1,2,2-Tetrakloorietaani	<0,10	<1,0	0
1,4-Diklooribentseeni	<0,10	<1,0	0
Halogenoituja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Karbonyylit yht.</b>	10.4	8.5	<b>48</b>
Heksanaali	<1,0	<1,0	0
2-Furankarboksaldehydi	<1,0	<1,0	0
Bentsaldehydi	5.0	2.0	11
Oktanaali	1.4	0.7	4
Nonanaali	4.0	2.0	11
Pentanaali		<1,0	0
Heptanaali		<1,0	0
Dekanaali		1.8	10
Asetofenoni		<1,0	0
Karbonyyleja muita		2.0	11
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Orgaaniset hapot yht.</b>		3.2	<b>18</b>
Etikkahappo		<1,0	0
Heksaanihappo		<1,0	0
Orgaanisia happoja muita		3.2	18
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Terpeenit yht.</b>	<0,8	<1	<b>0</b>
Pineeni	<0,20	<1,0	0
Delta-3-kareeni	<0,10	<1,0	0
Limoneeni	<0,80	<1,0	0
beta-Pineeni		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Muut yhdisteet yht.</b>		<1	<b>0</b>
Syklotrisiloksaani, heksametyyli		<1,0	0
Syklotetrasiloksaani, oktametyyli		<1,0	0
Syklopentasiloksaani, dekametyyli		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	
<b>TVOC (C6-C16) ulkopuoliset yhdisteet</b>			

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Liite testausselosteeseen	2019-8935-03		
Näyte	V3 (liikunta)		
		TVOC tolueenina (Tenax TA, C6-C16)	TVOC
		ug/m3	tunnistettu %
		<u>10</u>	<u>72</u>
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
	MSD	FID	
<b>Alkaanit yht.</b>		<2	<b>0</b>
Suuraketjuisia ja haar hiilivetyjä		<2,0	0
Rengasrak hiilivetyjä		<2,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Alkoholit yht.</b>	<1,0	<1	<b>0</b>
2-Etyyli-1-heksanoli	0,8	<1,0	0
Butanoli	<0,50	<1,0	0
Fenoli	<1,0	<1,0	0
Propyleeniglykoli		<1,0	0
Bentsyylialkoholi		<1,0	0
C9-Alkoholit		<1,0	0
Alkoholeja muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Aromaattiset yht.</b>	<2,3	1	<b>11</b>
Bentseeni	0,9	1,1	11
Tolueeni	<1,0	<1,0	0
Etylibentseeni	<0,20	<1,0	0
1,4-Ksyleeni	0,6	<1,0	0
Styreeni	<0,30	<1,0	0
1,2-Ksyleeni	<0,30	<1,0	0
Propylibentseeni	<0,10	<1,0	0
1,3,5-Trimetylibentseeni	<0,10	<1,0	0
Naftaleeni	<0,50	<1,0	0
1-Metyylinaftaleeni	<0,20	<1,0	0
Bifenyylit	<0,20	<1,0	0
Alkyylibentseenejä muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Esterit yht.</b>	<0,1	<1	<b>0</b>
Etyyliasettaatti	<0,10	<1,0	0
Butyyliasettaatti	<0,10	<1,0	0
Esteritä muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Glykolieetterit yht.</b>	<1,0	<1	<b>0</b>
Dietyleeniglykoli-monoetyylieetteri	<5,0	<5,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri	<5,0	<5,0	0

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa.



TXIB	<1,0	<1,0	0
2-Butoksietanoli		<1,0	0
2-Fenoksietanoli		<1,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri asettaatti		<1,0	0
Glykolieettereitä muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Halogenoidut yhdisteet yht.</b>	<0,2	<1	<b>0</b>
Tetrakloorieteeni	<0,20	<1,0	0
1,1,2,2-Tetrakloorietaani	<0,10	<1,0	0
1,4-Diklooribentseeni	<0,10	<1,0	0
Halogenoituja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Karbonyylit yht.</b>	9.6	6.0	<b>61</b>
Heksanaali	<1,0	<1,0	0
2-Furankarboksaldehydi	<1,0	<1,0	0
Bentsaldehydi	5.2	2.1	21
Oktanaali	<1,0	<1,0	0
Nonanaali	4.4	2.2	22
Pentanaali		<1,0	0
Heptanaali		<1,0	0
Dekanaali		1.7	17
Asetofenoni		<1,0	0
Karbonyyleja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Orgaaniset hapot yht.</b>		<2	<b>0</b>
Etikkahappo		<1,0	0
Heksaanihappo		<1,0	0
Orgaanisia happoja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Terpeenit yht.</b>	<0,8	<1	<b>0</b>
Pineeni	0.2	<1,0	0
Delta-3-kareeni	<0,10	<1,0	0
Limoneeni	<0,80	<1,0	0
beta-Pineeni		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Muut yhdisteet yht.</b>		<1	<b>0</b>
Syklotrisiloksaani, heksametyyli		<1,0	0
Syklotetrasiloksaani, oktametyyli		<1,0	0
Syklopentasiloksaani, dekametyyli		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	
<b>TVOC (C6-C16) ulkopuoliset yhdisteet</b>			

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Liite testausselosteeseen	2019-8935-04		
Näyte	V4 (Piharakennus)		
		TVOC tolueenina (Tenax TA, C6-C16)	TVOC
		ug/m3	tunnistettu %
		<u>25</u>	<u>86</u>
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
	MSD	FID	
<b>Alkaanit yht.</b>		<2	<b>0</b>
Suoraketjuisia ja haar hiilivetyjä		<2,0	0
Rengasrak hiilivetyjä		<2,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Alkoholit yht.</b>	<1,0	<1	<b>0</b>
2-Etyyli-1-heksanoli	0.6	<1,0	0
Butanoli	<0,50	<1,0	0
Fenoli	<1,0	<1,0	0
Propyleeniglykoli		<1,0	0
Bentsyylialkoholi		<1,0	0
C9-Alkoholit		<1,0	0
Alkoholeja muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Aromaattiset yht.</b>	3	2	<b>9</b>
Bentseeni	0.9	1.1	4
Tolueeni	1.0	1.1	4
Etyylibentseeni	0.2	<1,0	0
1,4-Ksyleeni	0.4	<1,0	0
Styreeni	<0,30	<1,0	0
1,2-Ksyleeni	<0,30	<1,0	0
Propyylibentseeni	<0,10	<1,0	0
1,3,5-Trimetyylibentseeni	<0,10	<1,0	0
Naftaleeni	<0,50	<1,0	0
1-Metyylinaftaleeni	<0,20	<1,0	0
Bifenyylit	<0,20	<1,0	0
Alkyylibentseenejä muita		<1,0	0
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Esterit yht.</b>	0.3	2.5	<b>10</b>
Etyyliasettaatti	0.3	<1,0	0
Butyyliasettaatti	<0,10	<1,0	0
Esteritä muita		2.5	10
	ug/m3 malliaineena	ug/m3 tolueenina	% TVOC:sta
<b>Glykolieetterit yht.</b>	<1,0	<1	<b>0</b>
Dietyleeniglykoli-monoetyylieetteri	<5,0	<5,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri	<5,0	<5,0	0

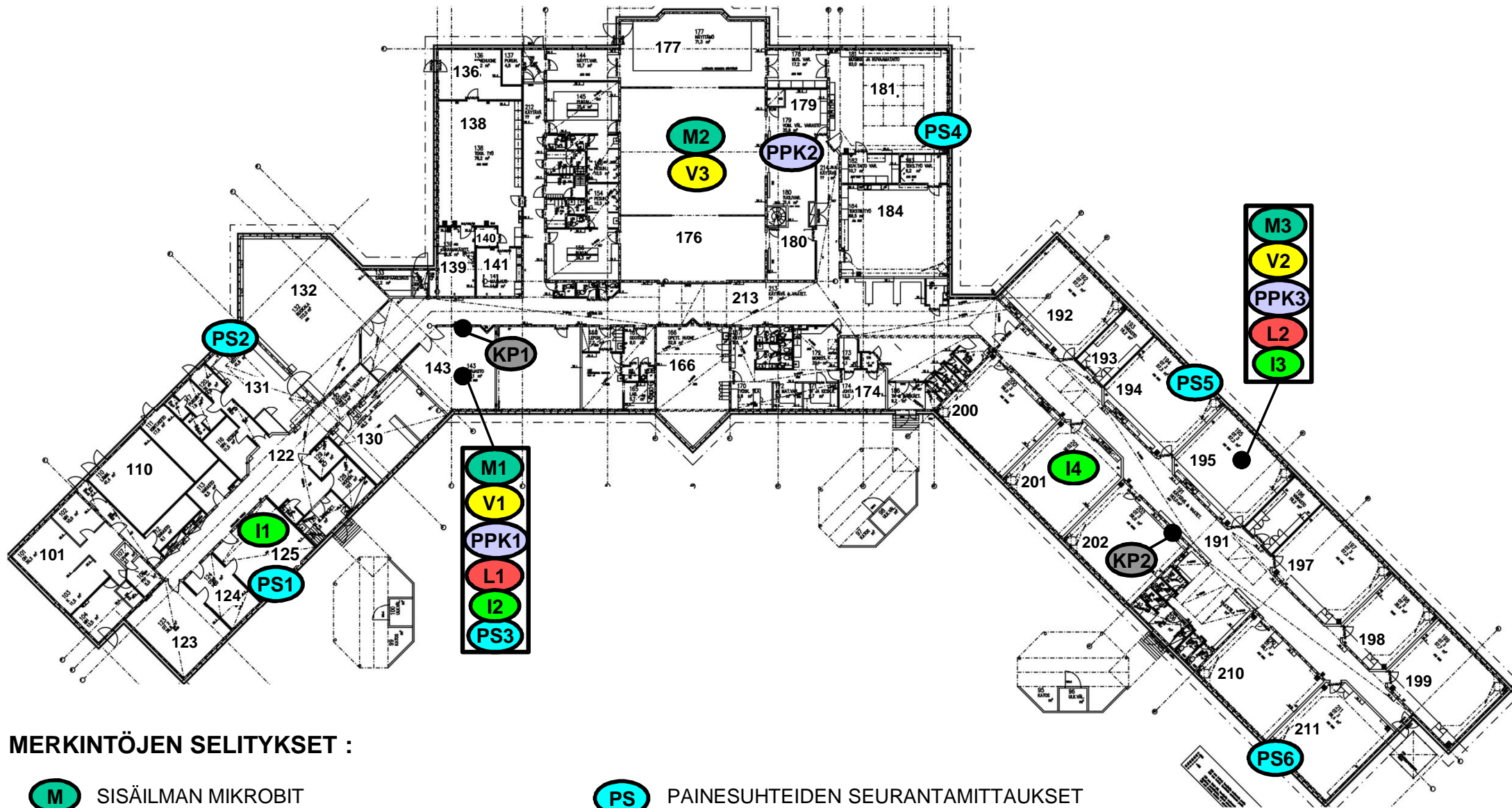
Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

TXIB	<1,0	<1,0	0
2-Butoksietanoli		<1,0	0
2-Fenoksietanoli		<1,0	0
Dietyleeniglykoli-monobutyylieetteri asettaatti		<1,0	0
Glykolieettereitä muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Halogenoidut yhdisteet yht.</b>	<0,2	<1	<b>0</b>
Tetrakloorieteeni	<0,20	<1,0	0
1,1,2,2-Tetrakloorietaani	<0,10	<1,0	0
1,4-Diklooribentseeni	<0,10	<1,0	0
Halogenoituja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Karbonyylit yht.</b>	13.0	11.2	<b>44</b>
Heksanaali	1.5	0.6	2
2-Furankarboksaldehydi	<1,0	<1,0	0
Bentsaldehydi	5.0	2.0	8
Oktanaali	1.7	0.8	3
Nonanaali	4.9	2.4	10
Pentanaali		<1,0	0
Heptanaali		<1,0	0
Dekanaali		3.1	12
Asetofenoni		<1,0	0
Karbonyyleja muita		2.2	9
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Orgaaniset hapot yht.</b>		<2	<b>0</b>
Etikkahappo		<1,0	0
Heksaanihappo		<1,0	0
Orgaanisia happoja muita		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Terpeenit yht.</b>	5	4.3	<b>17</b>
Pineeni	1.5	1.0	4
Delta-3-kareeni	0.5	<1,0	0
Limoneeni	2.5	3.3	13
beta-Pineeni		<1,0	0
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	<b>% TVOC:sta</b>
<b>Muut yhdisteet yht.</b>		1.6	<b>6</b>
Syklotrisiloksaani, heksametyyli		<1,0	0
Syklotetrasiloksaani, oktametyyli		<1,0	0
Syklopentasiloksaani, dekametyyli		1.6	6
	<b>ug/m3 malliaineena</b>	<b>ug/m3 tolueenina</b>	
<b>TVOC (C6-C16) ulkopuoliset yhdisteet</b>			

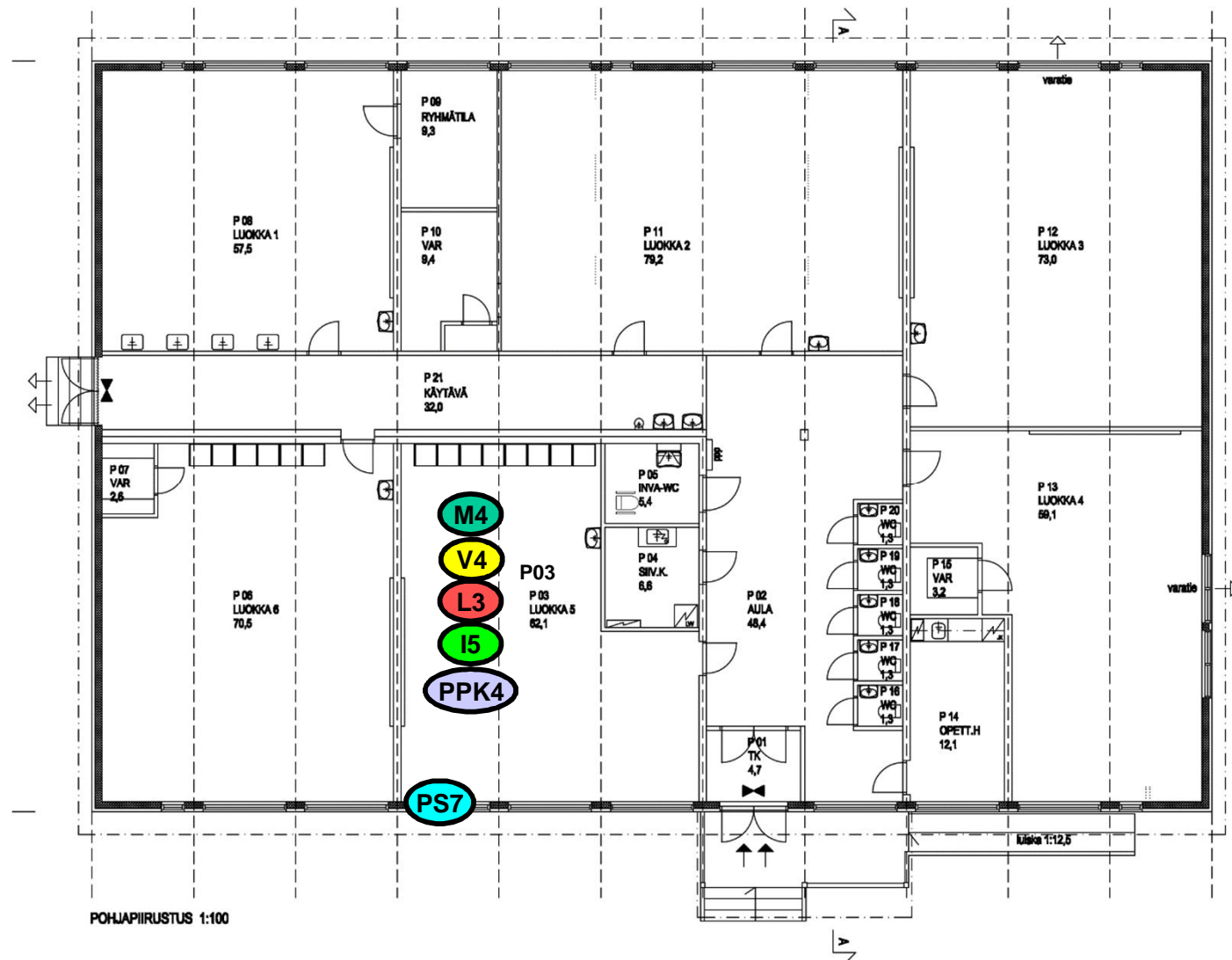
Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.









### MERKINTÖJEN SELITYKSET :

- |   |   |
|---|---|
| <b>M</b> SISÄILMAN MIKROBIT                       | <b>PS</b> PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET   |
| <b>V</b> SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET | <b>L</b> SISÄILMAOLOSUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET (lämpötila, kosteus, hiilidioksidipitoisuus) |
| <b>PPK</b> PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT  | <b>KP</b> TULOILMAKANAVIEN SISÄPINTOJEN PÖLYN KOOSTUMUS                                       |
| <b>I</b> ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT                  |   |

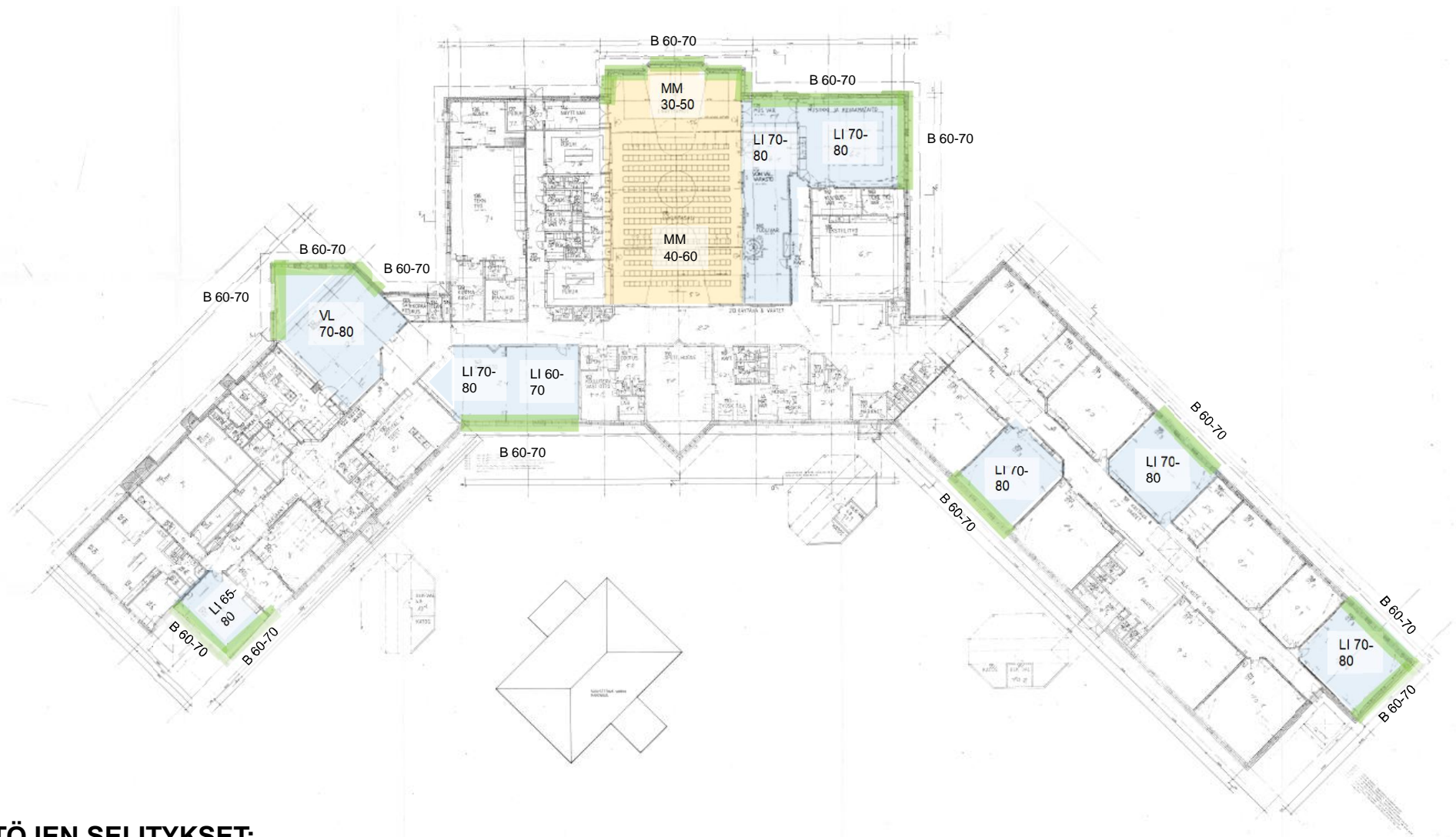


## MERKINTÖJEN SELITYKSET :

- |  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | SISÄILMAN MIKROBIT                       |  | PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET  |
|  | SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET |  | SISÄILMAOLOSUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET (lämpötila, kosteus, hiilidioksidipitoisuus) |
|  | PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT    |   |  |
|  | ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT                  |   |  |









# KOSTEUSKARTOITUS 1.4.2019

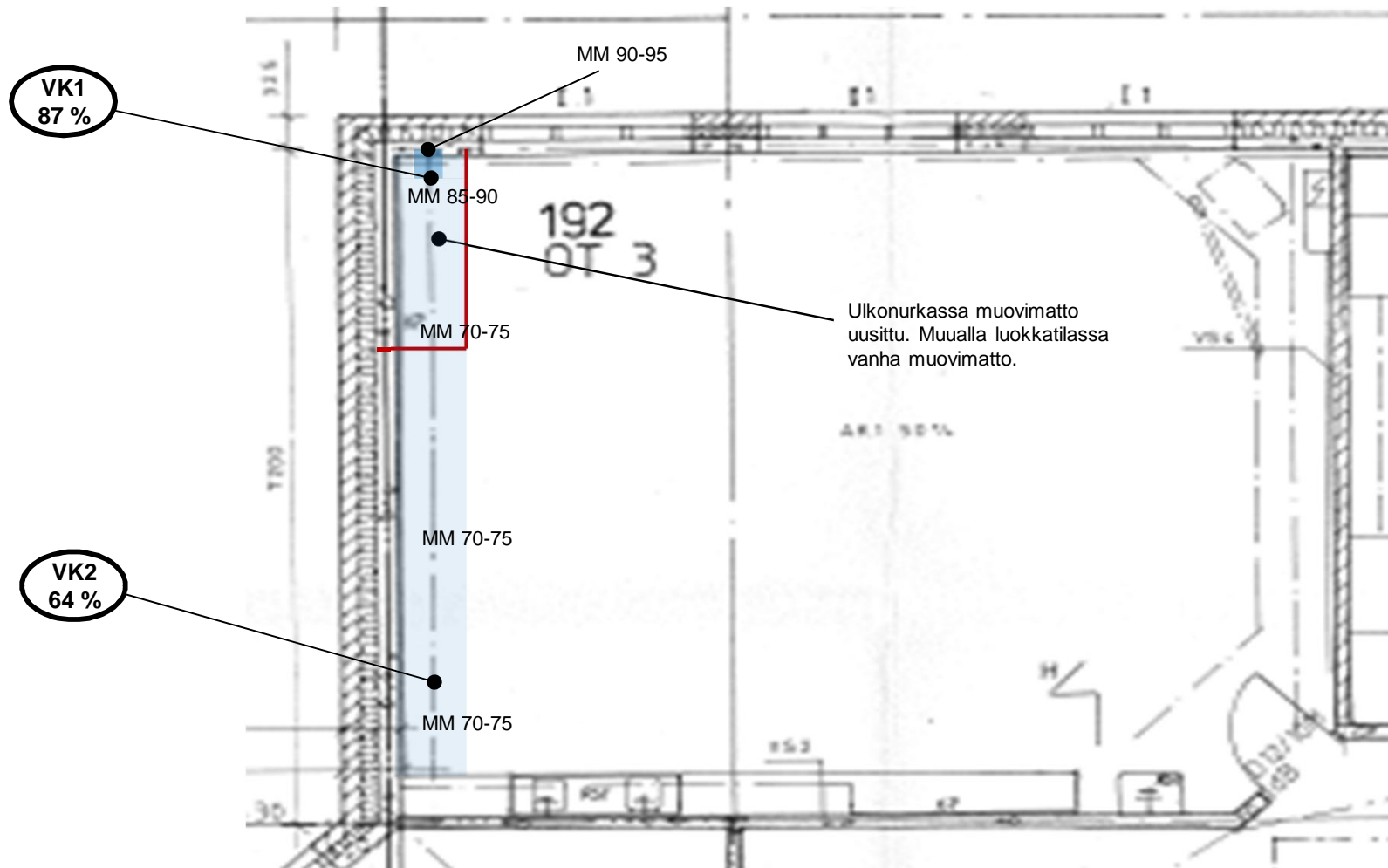


## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

B = betoni, MM = muovimatto, VL = vinylilaatta, LI = linoleum







	Pintakosteusmittarin näyttämä lattiassa alle 70		Pintakosteusmittarin näyttämä lattiassa 70 – 90		Pintakosteusmittarin näyttämä lattiassa yli 90
	Pintakosteusmittarin näyttämä seinässä alle 60		Pintakosteusmittarin näyttämä seinässä 60 – 80		Pintakosteusmittarin näyttämä seinässä yli 80

# KOSTEUSKARTOITUS 17.4.2019 TILA 192





## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

MM = muovimatto

	Pintakosteusmittarin näyttämä lattiassa alle 70		Pintakosteusmittarin näyttämä lattiassa 70 – 90		Pintakosteusmittarin näyttämä lattiassa yli 90
	Pintakosteusmittarin näyttämä seinässä alle 60		Pintakosteusmittarin näyttämä seinässä 60 – 80		Pintakosteusmittarin näyttämä seinässä yli 80

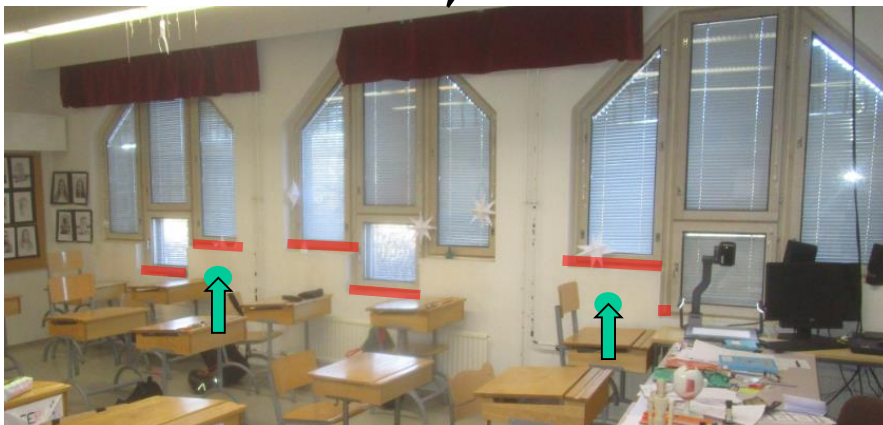
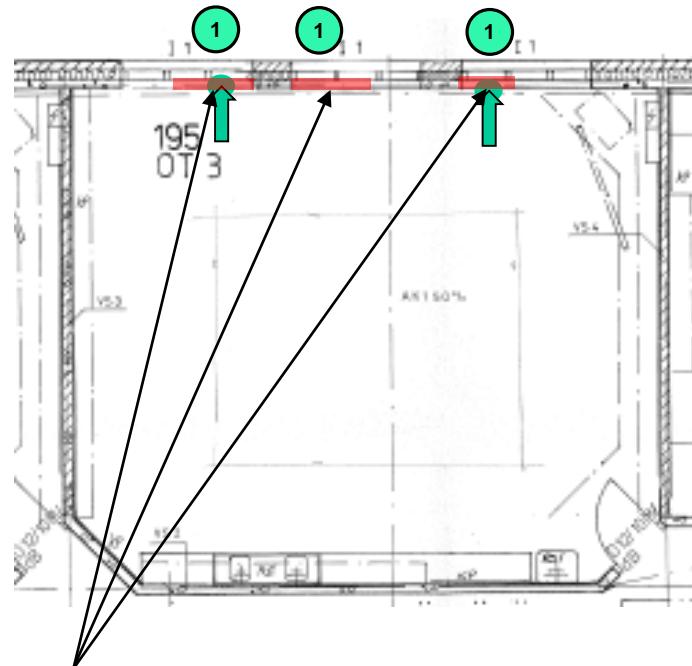
# ULKOSEINÄN MERKKIAINETUTKIMUS TILA 195 17.4.2019

## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

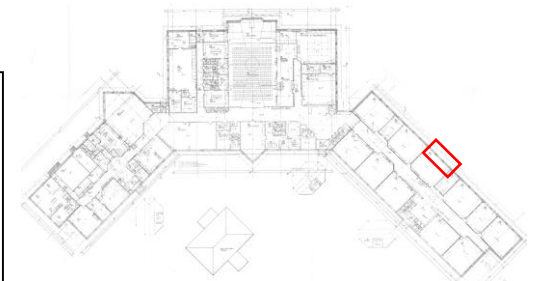
-  HAVAITUN ILMAVUODON LAAJUUS
-  MERKKIAINEKAASU SISÄKAUTTA SEINÄN ERISTETILAAN

## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  IKKUNAKARMIN LIITOS





Merkkiaiinekoe on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella. Tila oli alipaineistettu Blowerdoor-alipaineistimella tutkimuksen aikana. Paine-ero 8-9 Pa alipainetta mitattiin ikkunan kautta sisätilan ja ulkoilman väliltä.






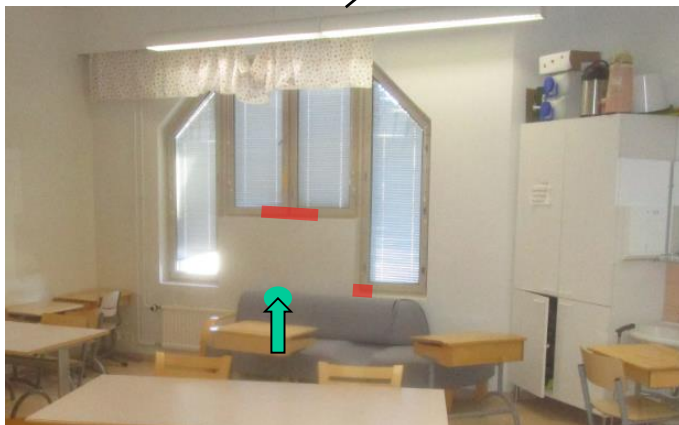
# ULKOSEINÄN MERKKIAINETUTKIMUS TILA 143 17.4.2019

## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

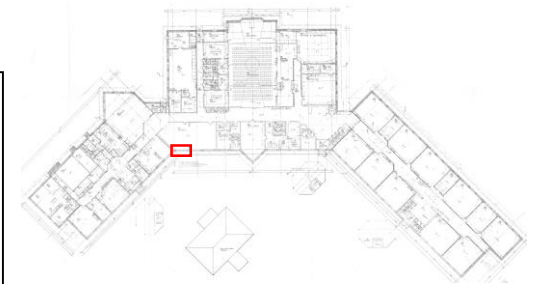
-  HAVAITUN ILMAVUODON LAAJUUS
-  MERKKIAINEKAASU SISÄKAUTTA SEINÄN ERISTETILAAN

## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  IKKUNAKARMIN LIITOS





Merkkiaineke on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella. Tila oli alipaineistettu Blowerdoor - alipaineistimella tutkimuksen aikana. Paine-ero 7-9 Pa alipainetta mitattiin ikkunan kautta sisätilan ja ulkoilman väliltä.





# ALAPOHJAN MERKKIAINETUTKIMUS TILA 143 17.4.2019

## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

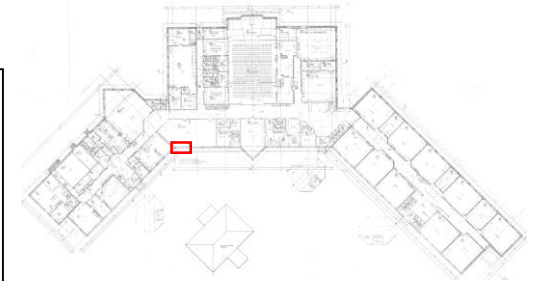
-  HAVAITUN ILMAVUODON LAAJUUS
-  MERKKIAINEKAASU SISÄKAUTTA ALAPOHJAN ERISTETILAAN

## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  IKKUNAKARMIN LIITOS
-  PISTORASIA

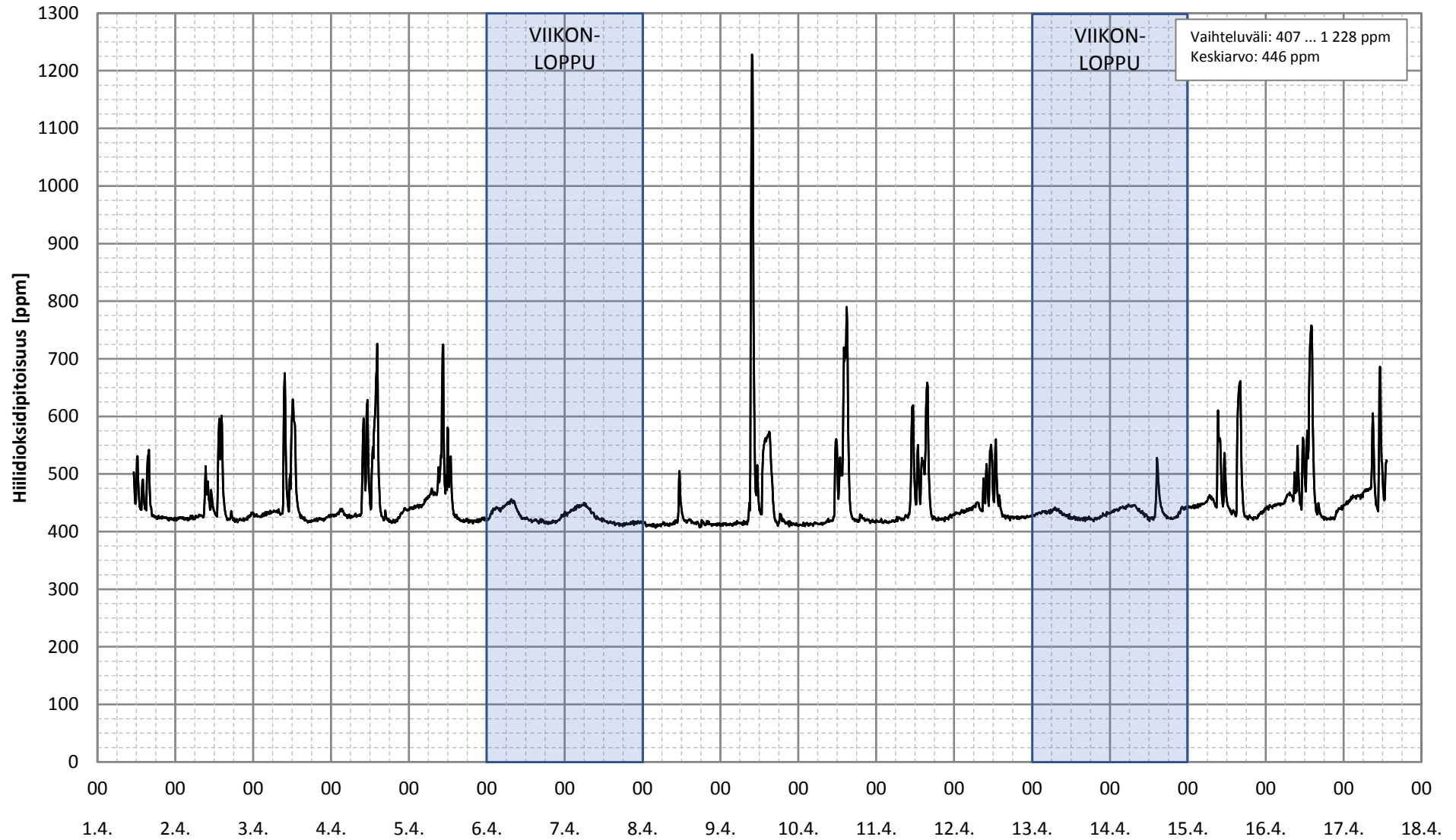


Merkkiaineke on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella. Tila oli alipaineistettu Blowerdoor - alipaineistimella tutkimuksen aikana. Paine-ero 7-9 Pa alipainetta mitattiin ikkunan kautta sisätilan ja ulkoilman väliltä.



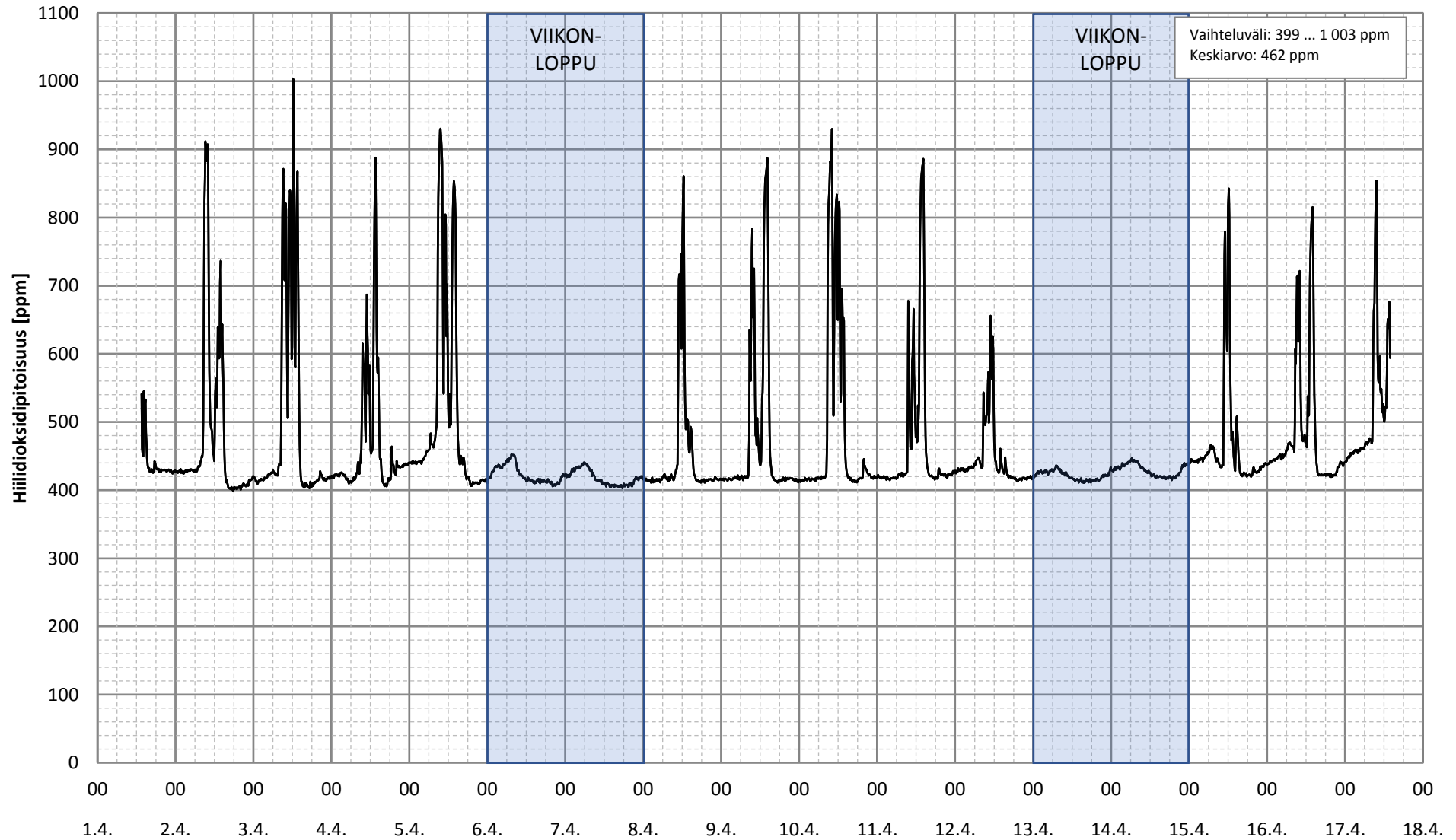
IV-kone TF1

# L1: Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seuranta kirjastossa 143 1.4. - 17.4.2019



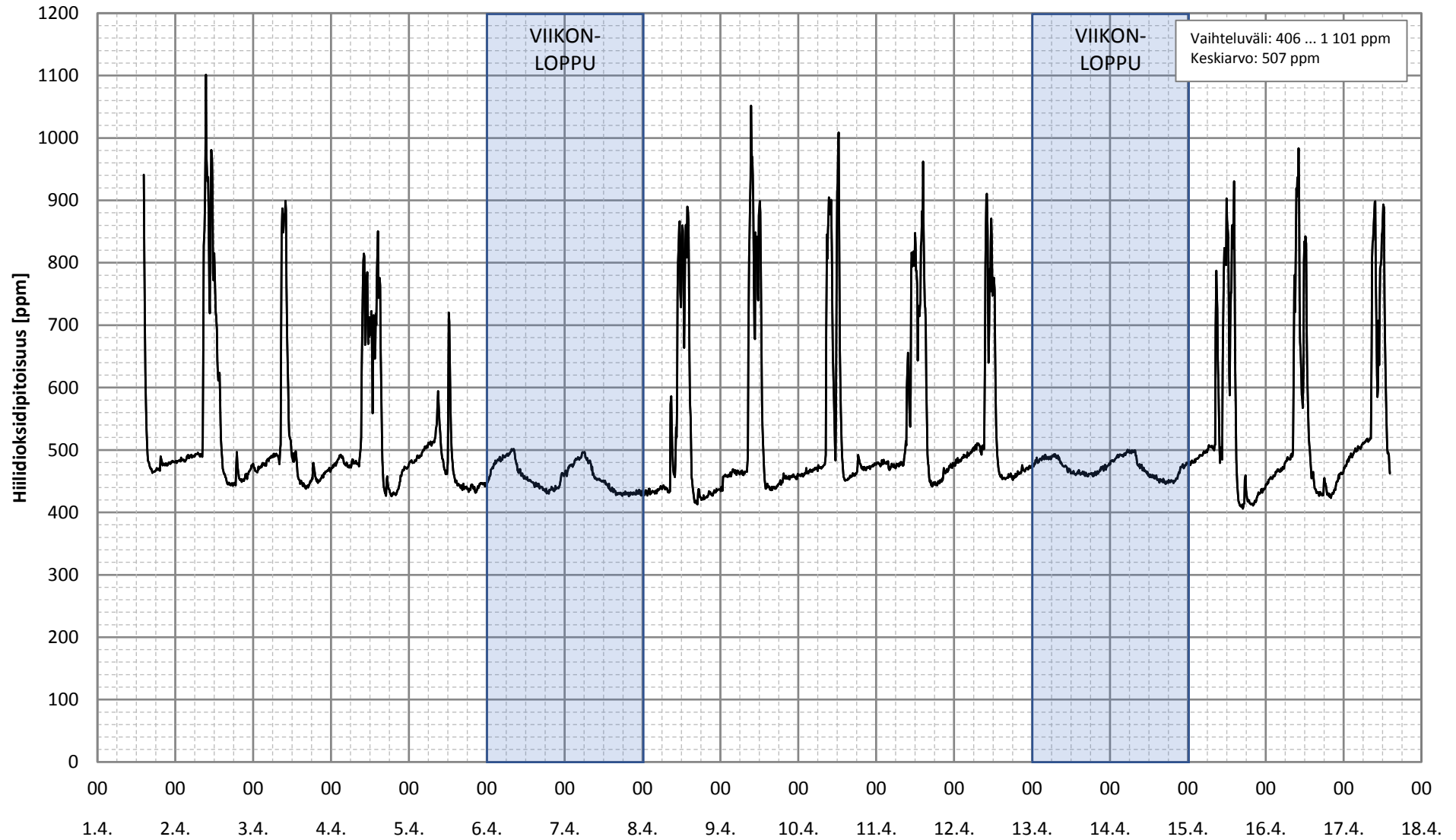
IV-kone TF1

## L2: Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seuranta opetustilassa 195 1.4. - 17.4.2019



IV-kone Vallox

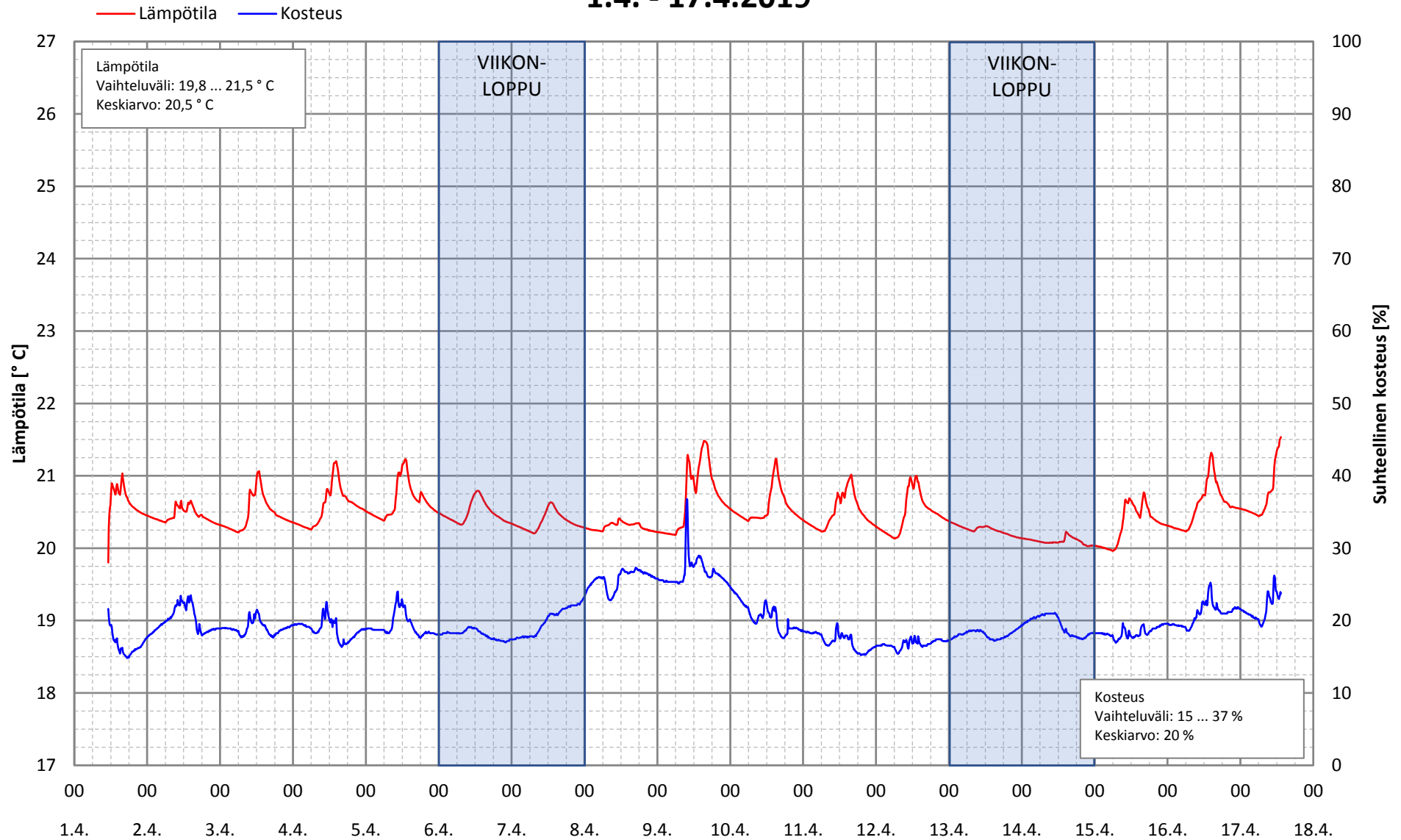
### L3: Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seuranta opetustilassa P03 1.4. - 17.4.2019



IV-kone TF1

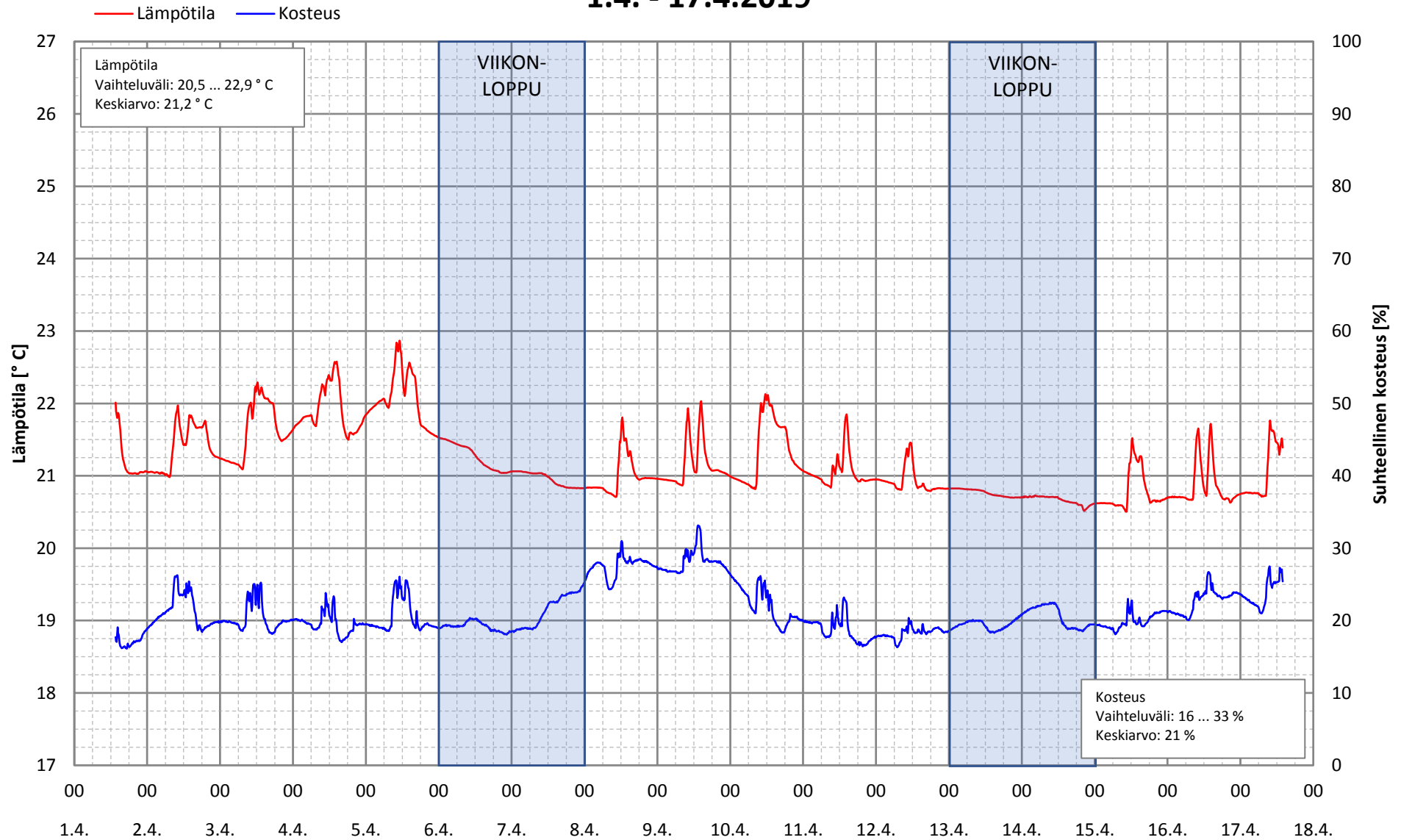
# L1: Sisäilman olosuhdeseuranta kirjastossa 143

## 1.4. - 17.4.2019



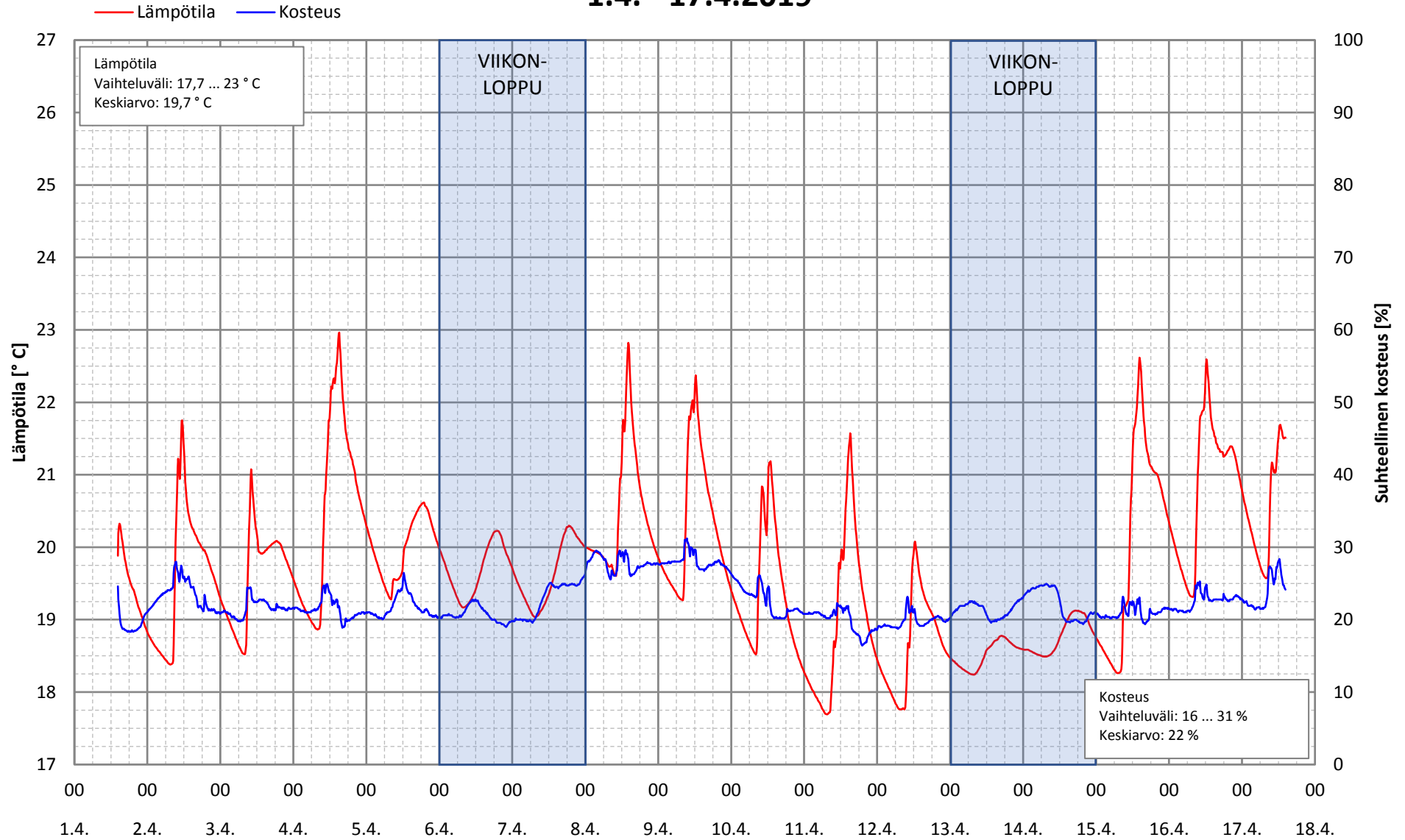
IV-kone TF1

## L2: Sisäilman olosuhdeseuranta opetustilassa 195 1.4. - 17.4.2019



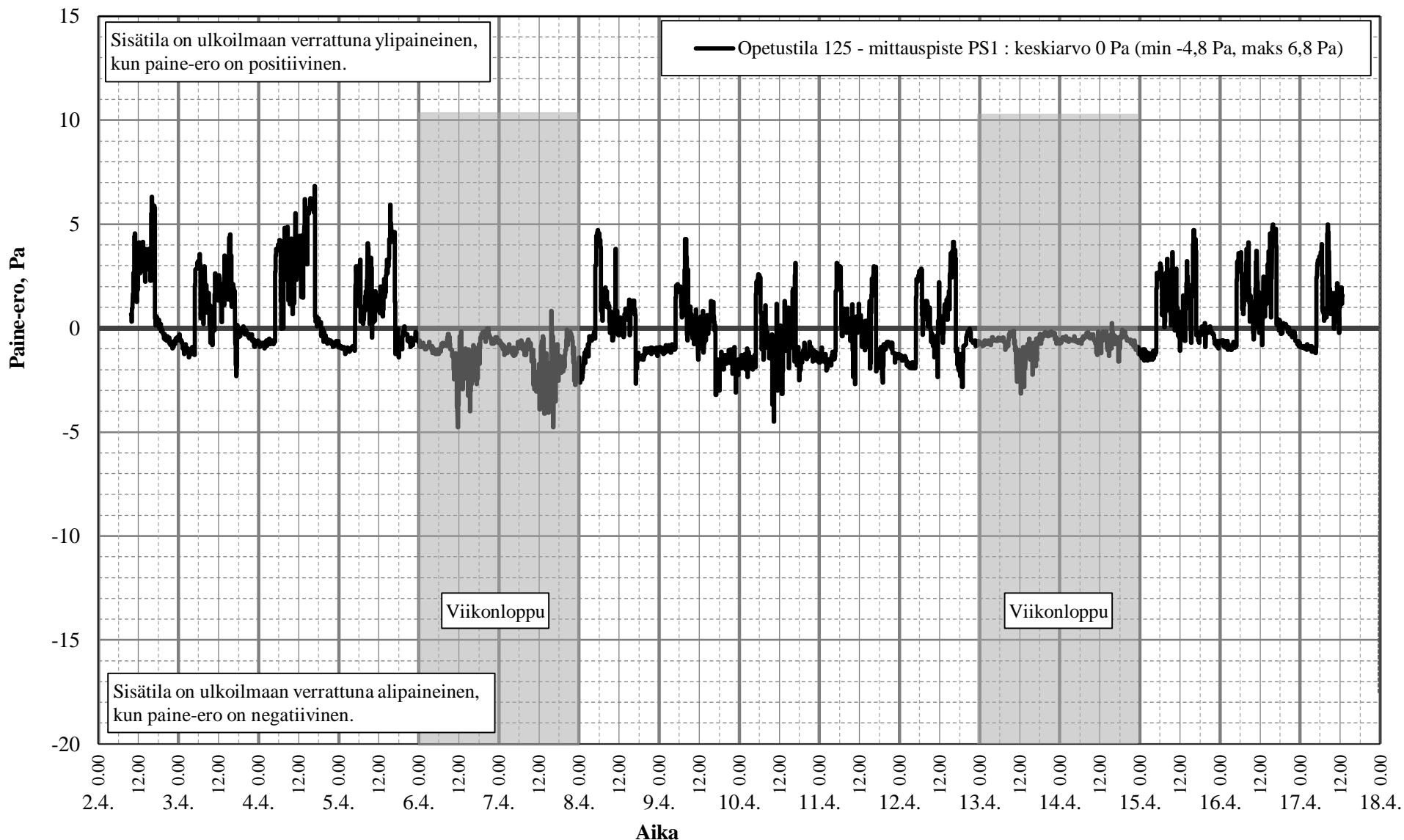
IV-kone Vallox

### L3: Sisäilman olosuhdeseuranta opetustilassa P03 1.4. - 17.4.2019

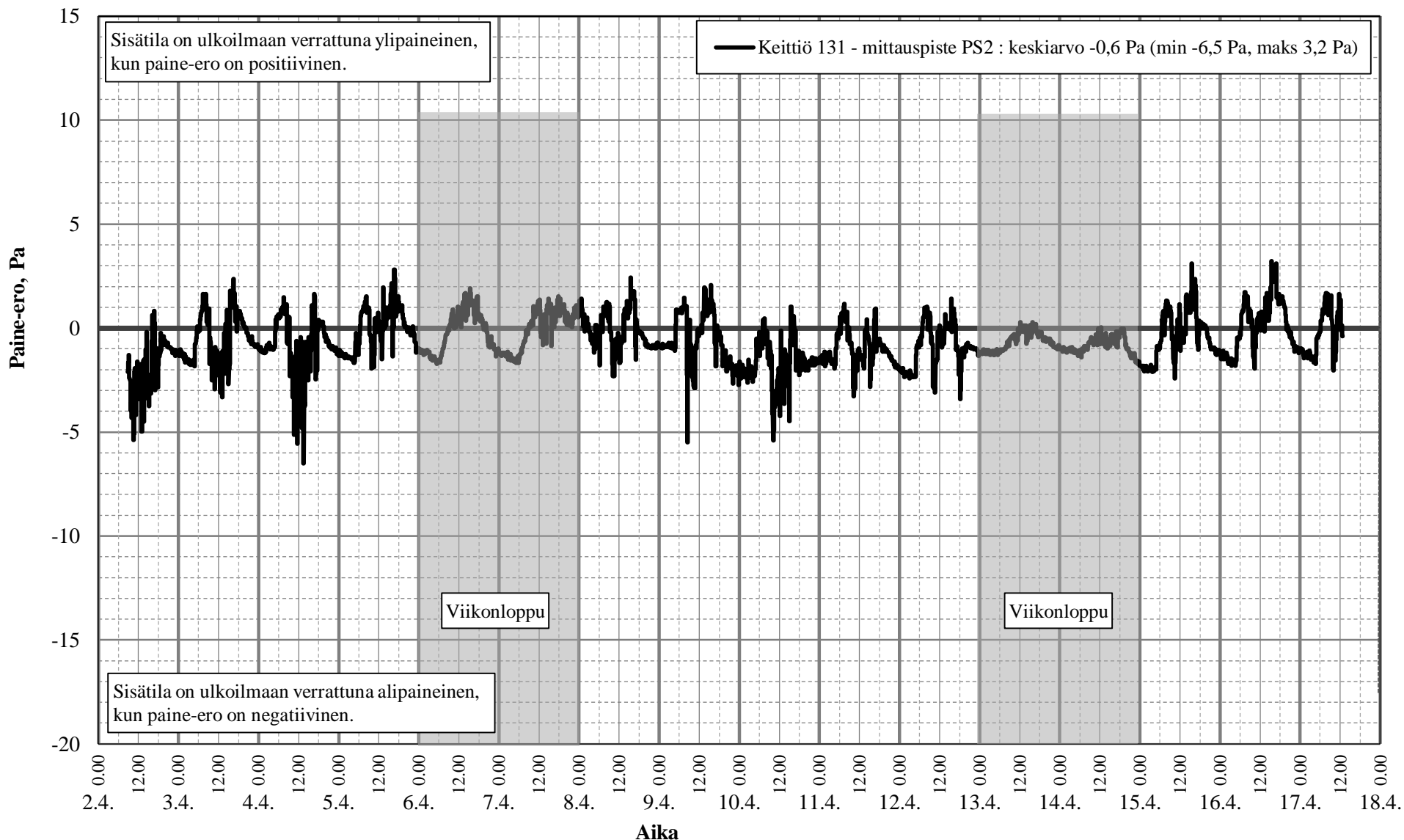




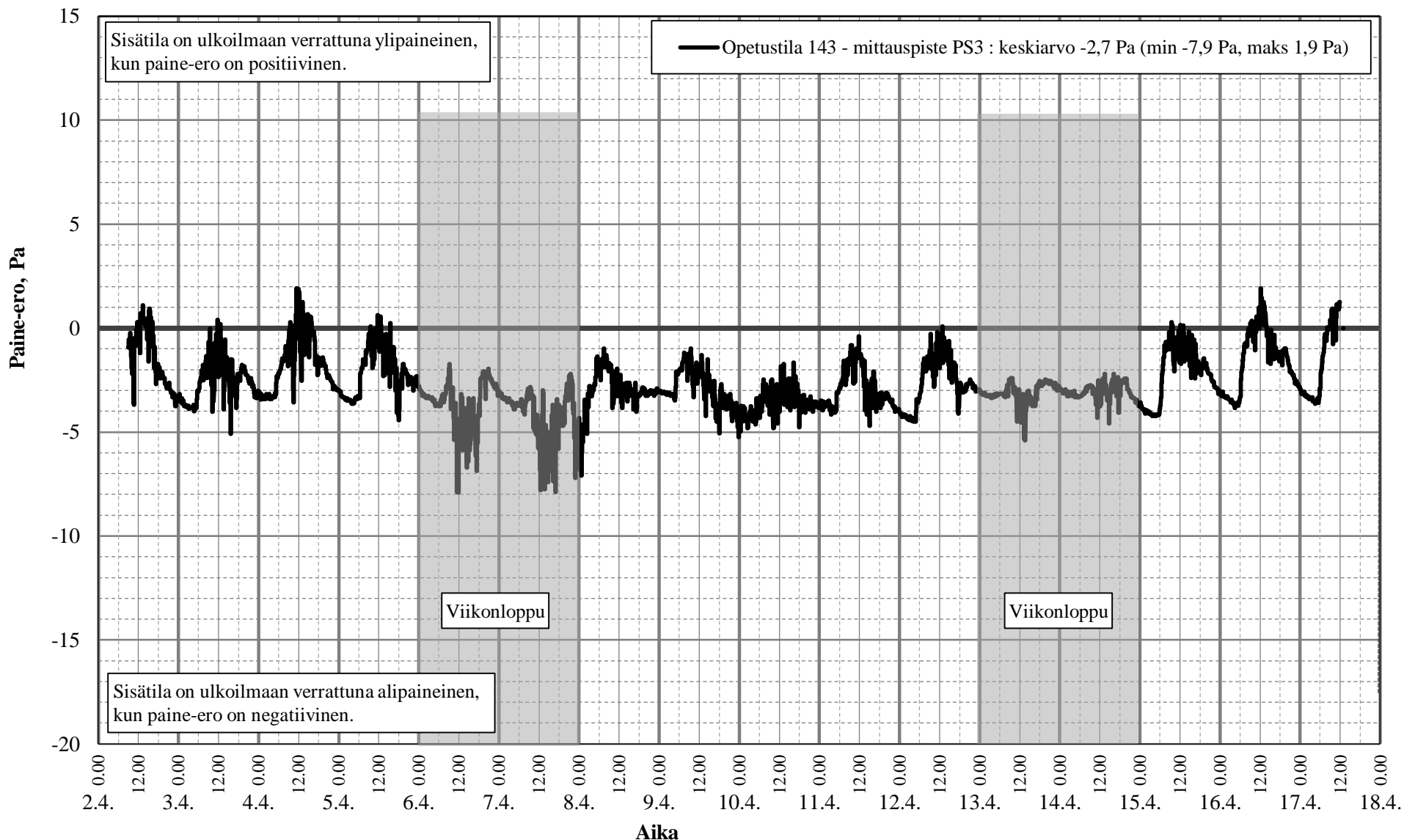
# Opetustilan 125 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019 (10 min keskiarvo)



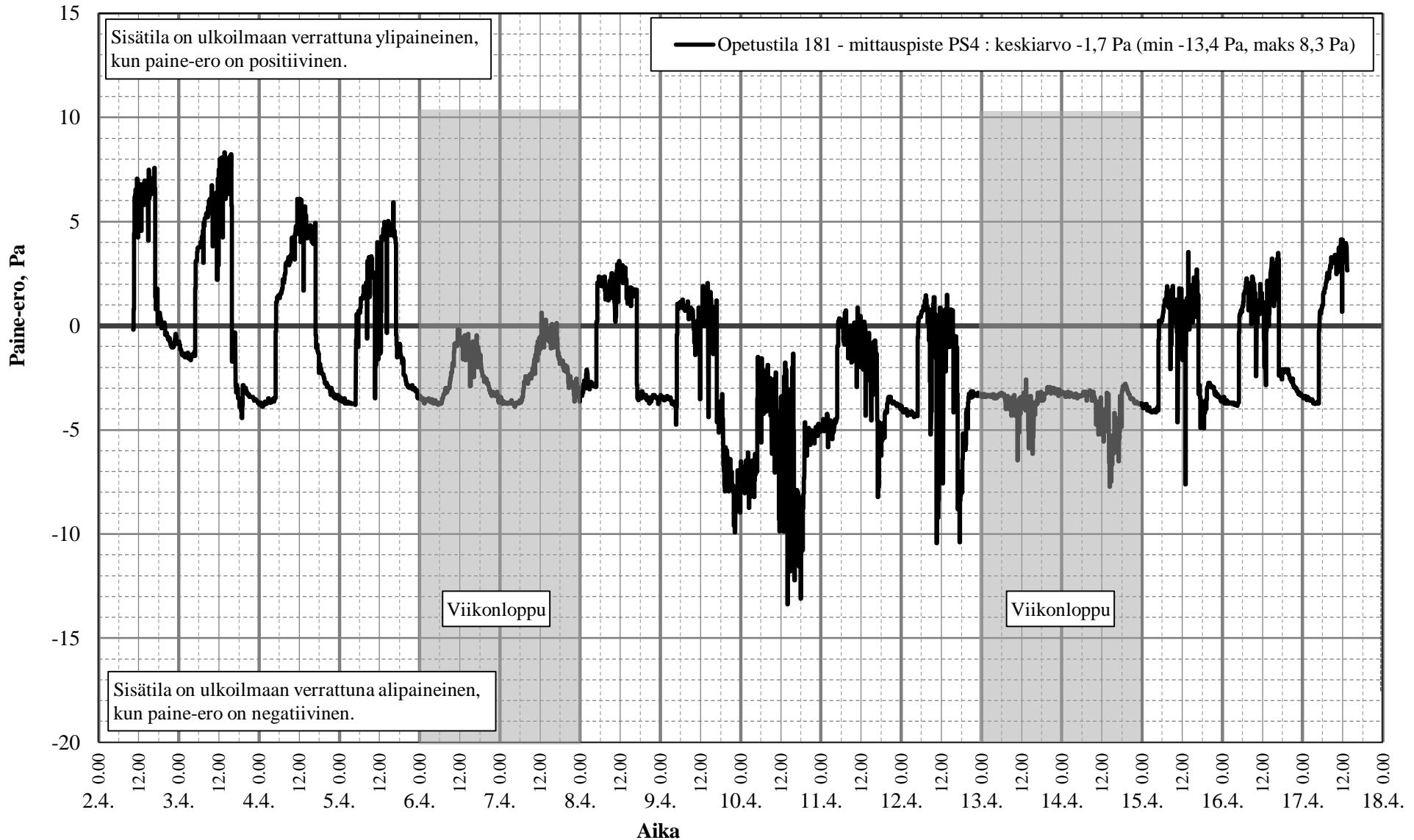
# Keittiön 131 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019 (10 min keskiarvo)



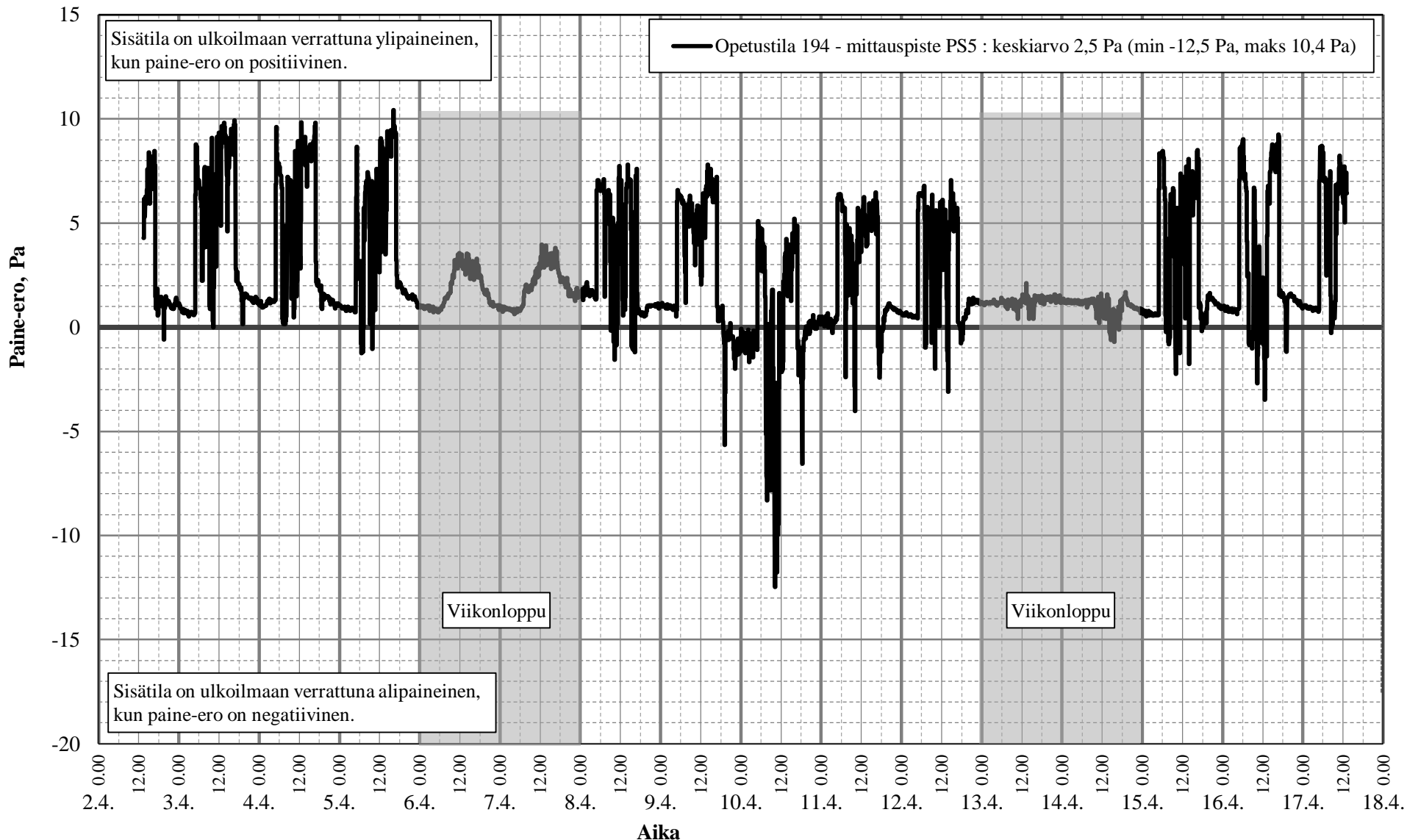
# Opetustilan 143 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019 (10 min keskiarvo)



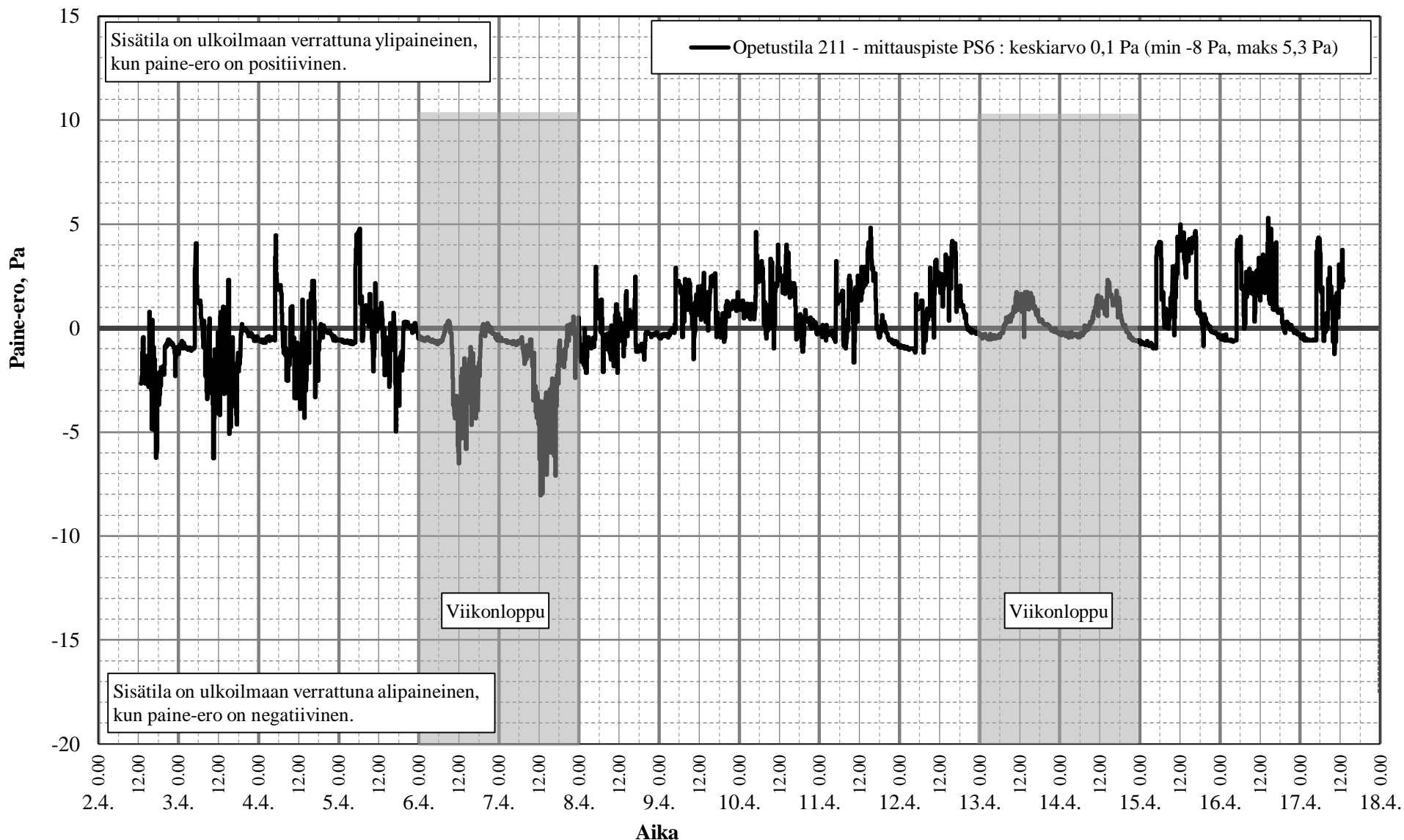
# Opetustilan 181 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019 (10 min keskiarvo)



# Opetustilan 194 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019 (10 min keskiarvo)



# Opetustilan 211 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019 (10 min keskiarvo)



# Lisärakennus: Opetustilan P03 ja ulkoilman välinen paine-ero 2.-17.4.2019

(10 min keskiarvo)

