

## SISÄILMASTO- JA KOSTEUSTEKNINEN KUNTOTUTKIMUS



Kuva: Google

**MYLLYMÄEN KOULU**

**VANHA PORVOONTIE 21, MÄNTSÄLÄ**

22501945-004

## Yhteenveto

Tutkimuskohteena on Mäntsälän Myllymäen koulun luokkahuone 139 ja opettajainhuone 222, jotka sijaitsevat vuonna 1983 rakennetulla vanhalla osalla. Rakennusta on laajennettu ja korjattu noin vuonna 2004. Rakennuksessa on teräsbetonirunko, muuratut julkisivut ja bitumihuopakate. Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Opetustilassa 139 ja opettajainhuoneessa 222 sisäilman sieni-itiöpitoisuudet olivat alhaisia ja lajisto ulkoilman kaltainen. Kaikissa tutkituissa tiloissa bakteeri- ja aktinomykeettipitoisuudet olivat alhaisia Asumisterveysasetuksen esittämiin ohjeellisiin arvoihin verrattuna.

Opetustilassa 139 ja opettajainhuoneessa 222 sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuudet olivat pääosin ohjearvoihin nähden alhaiset ja normaalina pidettävät. Pinnolle laskeutuvien mineraalikulujen pitoisuudet alittivat toimenpideraja-arvot lukuun ottamatta tilan 222 toista rinnakkaisnäytettä, jonka pitoisuus ylitti toimenpideraja-arvon. Hiilidioksidipitoisuus, sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila olivat tavanomaisia. Mittaustulosten perusteella ilmanvaihto on käyttöön verrattuna riittävää.

Alapohjan ja ulkoseinien kosteustekninen kunto oli hyvä molemmissa tutkituissa tiloissa.

Opetustilan 139 alapohjaan tehdyssä merkkiainekokeessa havaittiin ilmayhteys alapohjarakenteen soratäytöstä sisäilmaan väliseinäliittymän kautta. Opetustilan 139 ulkoseinärakenteen merkkiainekokeessa havaittiin Ilmavuotokohtia ikkunan saranoissa sekä tiivisteissä, ulkoseinän halkeamissa, patterikannakkeissa sekä ulkoseinän ja kotelorakenteen liittymässä. Ulkoseinän ilmavuotokohtat olivat aika vähäisiä opettajainhuoneessa 222.

Opettajainhuoneessa 222 tulisi tuloilmavirta ei vastaa suurimpia käyttäjämääriä. Opetustilassa 139 tuloilmavirta on riittävällä tasolla, mutta tilan ilmanvaihto on epätasapainossa.

Päiväaikaan ensimmäisen kerroksen opetustilan 139 alipaineisuus on suositetulla tasolla, mutta opettajainhuoneen 222 sisäilma muuttuu ylipaineiseksi ulkoilmaan verrattuna. Yöaikaan molempien tilojen alipaineisuus kasvaa päiväaikaan verrattuna.

## Korjaustoimenpide-ehdotukset

- Tiloissa, joiden sisäilman laatu koetaan heikentyneeksi, suositellaan alapohjaväliseinäliittymien ja ulkoseinässä havaittujen ilmavuotokohtien tiivistämistä.
- Tilan 222 tuloilmavirtaa suositellaan lisättäväksi Asumisterveysasetuksen mukaiseksi vastaamaan suurimpia käyttäjämääriä, jolloin tuloilmaa on vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden. Samalla tilan ilmanvaihto suositellaan säädettäväksi tasapainoon.

- Tilassa 139 ilmanvaihto suositellaan säädettäväksi tasapainoon. Säädön yhteydessä varmistetaan, että tuloilmavirtaa on vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden Asumisterveysasetuksen mukaisesti.
- Ilmanvaihdon aiheuttamaa yöaikaista sisätilojen alipaineisuutta voidaan vähentää säätämällä ilmanvaihtokoneiden toiminta-aikoja sekä tasapainottamalla tulo- ja poistoilmamääriä.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>YLEISTIEDOT</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KÄYTETYT MITTAUS- JA NÄYTTEENOTTOLAITTEET</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>ALAPOHJAT</b>	<b>2</b>
3.1	Rakenne	2
3.2	Tutkimustulokset	2
3.3	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	2
3.4	Korjaustoimenpide-ehdotukset	2
<b>4</b>	<b>ULKOSEINÄT</b>	<b>3</b>
4.1	Rakenne	3
4.2	Tutkimustulokset	3
4.3	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	3
4.4	Korjaustoimenpide-ehdotukset	3
<b>5</b>	<b>VÄLIPOHJA</b>	<b>3</b>
5.1	Rakenne	3
5.2	Tutkimustulokset	4
<b>6</b>	<b>YLÄPOHJA</b>	<b>4</b>
6.1	Rakenne	4
<b>7</b>	<b>SISÄILMAN LAATUTUTKIMUKSET</b>	<b>4</b>
7.1	Sisäilman mikrobit	4
7.2	Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet	5
7.3	Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut	5
7.4	Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset	5
7.5	Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset	6
7.6	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	6
<b>8</b>	<b>ILMANVAIHTO</b>	<b>7</b>
8.1	Ilmanvaihdon ilmavirrat	7
8.2	Painesuhteiden seurantamittaukset	7
8.3	Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi	8
8.4	Korjaustoimenpide-ehdotukset	8
<b>9</b>	<b>LIITTEET</b>	<b>8</b>

## 1 YLEISTIEDOT

Tutkimuskohde:

Myllymäen koulu  
Vanha Porvoontie 21  
Mäntsälä

Tilaaaja:

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

Lähtötiedot:

Tutkimuskohteena on Mäntsälän Myllymäen koulu. Koulun vanha osa, jossa molemmat tutkittavat tilat sijaitsevat, on rakennettu vuonna 1983. Rakennusta on laajennettu ja korjattu noin vuonna 2004. Rakennuksessa on teräsbetonirunko, muuratut julkisivut ja bitumihuopakate. Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto.

Tutkimustavoite:

Tutkimuksen tavoitteena on arvioida sisäilman laatua ja sisäilmaan laatuun vaikuttavat riskitekijät rakenteiden kosteusteknisen kunnon ja iv-tekniikan osalta tiloissa 222 ja 139. Tutkimusraportti pohjautuu rakennepiirustuksiin, kohteessa tehtyyn katselmukseen, teknisiin tutkimuksiin (rakenteiden ilmatiiveys- ja kosteusmittaukset, ilmanvaihtotekniset mittaukset, sisäilmamittaukset) sekä kiinteistön omistajan edustajalta saatuihin tietoihin. Tutkimukset on rajattu oireilutiloihin.

Tutkimusryhmä:

Tutkimuksen tekijöinä olivat Heli Hurskainen, Jarkko Lesonen ja Olli Keso. Tutkimukset tehtiin 1. – 15.4.2019.

Käytettävissä olleet asiakirjat:

- LVI-piirustuksia, v. 1983, LVI-suunnittelu Pekka Pajunen
- arkkitehtipohjakuvat, v. 2003, Arkkitehtuuritoimisto Klemetti & Rätty
- leikkaus A-A, v. 1983, Arkkitehtuuritoimisto Jussi Iivonen ja Pentti Aho ky
- leikkaukset C-C ja D-D, v. 1982, Redecon

## 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 rakenteet ovat tutkituissa tiloissa:

##### Maanvarainen alapohja AP1

- lattiapäällyste
- 80 mm teräsbetoni-laatta
- lämmöneriste Styrox R 75 mm, reunoilla 75+50 mm
- soratäyttö >200mm
- perusmaa

#### **3.2 Tutkimustulokset**

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

Ensimmäisen kerroksen lattian eli alapohjan kosteutta arvioitiin opetustilassa 139 pintakosteudenilmaisimella. Tutkituissa tiloissa lattian päällystemateriaalina on muovimatto. Pintakosteudenilmaisimella ei havaittu viitteitä kohonneesta kosteudesta.

Merkkiainekaasukokeella havaittiin ilmayhteys alapohjarakenteen soratäytöstä sisäilmaan väliseinäliittymän kautta.

#### **3.3 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi**

Alapohjatäytön epäpuhtaudet voivat kulkeutua ilmavuotojen mukana sisäilmaan rakenteessa olevien ilmavuotokohtien kautta. Tämä voi heikentää sisäilman laatua.

#### **3.4 Korjaustoimenpide-ehdotukset**

- Tiloissa, joiden sisäilman laatu koetaan heikentyneeksi, suositellaan alapohja-väliseinäliittymien tiivistämistä ilmavuotojen vähentämiseksi.

## 4 ULKOSEINÄT

### 4.1 Rakenne

Rakennepiirustusten perusteella ulkoseinärakenteet ovat ulkoa sisälle päin:

#### US1

- ~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.

Ensimmäisen kerroksen opetustilan 139 toisen kerroksen opettajainhuoneen 222 ulkoseinän alaosan kosteutta arvioitiin pintakosteudenilmaisimella. Tutkittujen tilojen ulkoseinän sisäpinnan rakennusmateriaalina oli betoni. Pintakosteudenilmaisimella ei havaittu viitteitä kohonneesta kosteudesta.

Ulkoseinärakenteen lämmöneristekerroksesta todettiin ilmavuotoja merkkiainekokeella. Ilmavuotokohtia oli ikkunan saranoissa ja tiivisteissä, ulkoseinän halkeamissa, patterikannakkeissa sekä ulkoseinän ja kotelorakenteen liittymässä. Ulkoseinän ilmavuotokohtat olivat aika vähäisiä opettajainhuoneessa 222.

### 4.3 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi

Ulkoseinärakenteen ilmavuotokohtien kautta voi kulkeutua ulkoseinän epäpuhtauksia ilmavirran mukana sisäilmaan.

### 4.4 Korjaustoimenpide-ehdotukset

Ulkoseinän ilmavuotokohtat voidaan tiivistää muiden korjausten yhteydessä varsinkin niissä tiloissa, joissa koetaan sisäilman laatu heikentyneeksi.

## 5 VÄLIPOHJA

### 5.1 Rakenne

Rakennepiirustusten perusteella ulkoseinärakenteet ovat ulkoa sisälle päin:

#### VP1

- pintamateriaali
- pintabetoni 35 mm
- ontelolaatta 265 mm
- pintakäsittely / alakattorakenteet

#### VP2

- pintamateriaali

- teräsbetonilaatta
- pintakäsittely / alakattorakenteet

## 5.2 Tutkimustulokset

Mittaustulokset on esitetty liitteessä 1 ja kosteuskartoitus pohjakuivissa liitteessä 3.

Toisen kerroksen lattian eli välipohjan kosteutta arvioitiin opettajainhuoneessa 222 pintakosteudenilmaisimella. Tutkitussa tilassa lattian päällystemateriaalina on muovimatto. Pintakosteudenilmaisimella ei havaittu viitteitä kohonneesta kosteudesta.

## 6 YLÄPOHJA

### 6.1 Rakenne

Rakennepiirustusten perusteella ulkoseinärakenteet ovat ulkoa sisälle päin:

#### YP1

- 2-kertainen bitumihuopakate
- aluslaudoitus 22 mm
- koolaus, ilmatila
- puhallusvillaeriste 170 mm
- höyrynsulkumuovi
- ontelolaatta 265 mm
- pintakäsittely / alakattorakenteet

#### YP2

- 2-kertainen bitumihuopakate
- alusrakenne
- ponttilauta
- tuulensuojalevy, mineraalivilla 50 mm
- mineraalivilla 200 mm
- teräs-puurunko + koolaus 250 mm
- kipsilevy 12 mm
- pintakäsittely / alakattorakenteet

## 7 SISÄILMAN LAATUTUTKIMUKSET

### 7.1 Sisäilman mikrobit

Sisäilman mikrobinäytteet (sieni-itiöt, bakteerit, aktinomykeetit) otettiin tutkimukseen valituista tiloista (Luokkahuone 139, opettajainhuone 222) kahden eri näytteenottokerran aikana. Vertailunäytteet otettiin ulkoilmasta. Näytteenotto suoritettiin asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaisin menetelmin (Valvira 8/2016). Tulosten arviointiperusteet on esitetty liitteessä 1 ja mittauspisteet pohjakuivissa liitteessä 2.



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

Ulkoilmaan verrattuina tutkittujen tilojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet olivat alhaiset ja lajisto ulkoilman kaltainen. Molempien tutkittujen tilojen bakteeripitoisuudet olivat tavanomaisella tasolla ja aktinomykeettipitoisuudet olivat alhaisia molemmilla mittauskerroilla.

## 7.2 Sisäilman haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Sisäilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) näytteet otettiin ensimmäisen kerroksen luokkahuoneesta 139 ja toisen kerroksen opettajainhuoneesta 222. Ilmanäytteet kerättiin pumpuilla Tenax -putkiin, jotka analysoitiin kaasukromatografisesti MetropoliLab Oy:n laboratorioissa Helsingissä. Tulokset on esitetty yksikössä  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Laboratorioanalyysin mittausepävarmuus on 30 %. Tulokset on esitetty liitteessä 1.1, tulosten arviointiperusteet liitteessä 1 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet, ns. TVOC-arvot olivat  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  luokkatilassa 139 ja  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  opettajainhuoneessa 222.

Asumisterveysasetuksen 2015 mukainen toimenpideraja TVOC-arvolle asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Molempien näytteiden TVOC-arvot olivat Asumisterveysasetuksen toimenpiderajaa alhaisemmat. Yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet olivat alhaisia.

## 7.3 Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut

Pinnoille laskeutuvien mineraalikuitujen pitoisuuksia selvitettiin opetustilan 139 ja opettajainhuoneen 222 tasopinnoille asennettujen keräysalustojen avulla kahden viikon laskeuman aikana. Tutkituista tiloista otettiin kahdet rinnakkaiset näytteet. Tulokset on esitetty liitteessä 1 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen mukainen toimenpideraja pinnoille laskeutuvien mineraalikuitujen pitoisuuksille on  $0,20$  kuitua/ $\text{cm}^2$  kahden viikon laskeutumisaikana. Opetustilassa 139 toisessa rinnakkaisnäytteessä havaittiin toimenpiderajan ylittävä kuitupitoisuus ( $0,21$  kuitua/ $\text{cm}^2$ ). Muissa näytteissä mineraalikuitupitoisuus oli alhainen.

## 7.4 Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta seurattiin opetustilassa 139 ja opettajainhuoneessa 222 kahden viikon ajan tallentavien mittalaitteiden avulla. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus ja sen vaihtelu seurantajaksolla on esitetty graafisesti liitteessä 6 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen 2015:n mukaan hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyi, kun sisäilman pitoisuus on  $1150$  ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. Ulkoilman

pitoisuus on n. 400 ppm. Täten sisäilman hiilidioksidipitoisuuden toimenpideraja ylittyy, mikäli mitattu sisäilman hiilidioksidipitoisuus on suurempi kuin 1550 ppm.

Luokkatilassa 139 hiilidioksidipitoisuus vaihteli välillä 404-964 ppm ja opettajainhuoneessa 222 hiilidioksidipitoisuus vaihteli välillä 397-694 ppm. Toimenpideraja ei ylittynyt kummassakaan tilassa seurantajakson aikana.

## 7.5 Sisäilmaolosuhteiden seurantamittaukset

Sisäilman olosuhteita eli lämpötilaa ja suhteellista kosteutta seurattiin opetustilassa 139 ja opettajainhuoneessa 222 kahden viikon jatkuvatoimisten mittalaitteiden avulla. Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä niiden vaihtelu seurantajaksolla on esitetty graafisesti liitteessä 7 ja mittauspisteet pohjakuvissa liitteessä 2.

Asumisterveysasetuksen mukaan opetustiloissa sisäilman lämpötilan toimenpiderajat ovat lämmityskaudella 20-26 °C. Sisäilman lämpötilan tulisi olla toimenpiderajojen sisällä. Opetustilassa 139 lämpötila vaihteli välillä 17,5 – 23,2 °C ollen keskiarvoltaan 19,7 °C. Opettajainhuoneessa 222 lämpötila vaihteli välillä 19,5-22,1 °C ollen keskiarvoltaan 20,6 °C. Molempien tilojen keskiarvolämpötila on alemman toimenpiderajan tuntumassa. Sisäilman lämpötila käy seurantajakson aikana toimenpiderajan alapuolella yöaikaan, jolloin tiloissa ei oleskella.

Sisäilman suhteellinen kosteus vaihteli opetustilassa 139 välillä 15 - 33 % ja opettajainhuoneessa 222 välillä 15 - 28 %. 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.
- Pinnoille laskeutuvien mineraalikulujen pitoisuus oli alhainen opettajainhuoneessa 222. Luokkatilassa 139 havaittiin toimenpiderajan ylittävä kuitupitoisuus, jonka lähde on selvitettävä ja estettävä kuitujen kulkeutuminen sisäilmaan.
- Tutkittujen tilojen hiilidioksidipitoisuus, sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus olivat tavanomaisia. Ilmanvaihto on näiden tutkimusten perusteella käyttöön nähden riittävää.

## 8 ILMANVAIHTO

### 8.1 Ilmanvaihdon ilmavirrat

Ilmanvaihdon ilmavirrat mitattiin tiloissa 222 ja 139. Vertailuarvoina käytetään vuoden 1983 ilmanvaihtopiirustusten suunnitteluarvoja sekä Asumisterveysasetuksen (2015) mukaisia vähimmäistuloilmavirtoja. Asumisterveysasetuksen mukaan kouluissa tuloilmavirran tulee olla vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden. Mittausten aikana tiloissa oli normaali päiväaikainen täyden tehon ilmanvaihto.

#### Tila 222

- Mitattu tuloilmavirta oli 94 dm<sup>3</sup>/s ja mitattu poistoilmavirta oli 111 dm<sup>3</sup>/s. Mitatut ilmavirrat olivat pienempiä kuin v. 1983 suunnitellut ilmavirrat (suunnitellut tulo ja poisto 139 dm<sup>3</sup>/s).
- Mitattu tuloilmavirta 94 dm<sup>3</sup>/s oli pienempi kuin Asumisterveysasetuksen mukainen vähimmäistuloilmavirta 120-180 dm<sup>3</sup>/s tilan suurimmilla käyttäjämäärillä.

#### Tila 139

- Mitattu tuloilmavirta oli 150 dm<sup>3</sup>/s ja mitattu poistoilmavirta oli 189 dm<sup>3</sup>/s. Mitatut ilmavirrat olivat suurempia kuin v. 1983 suunnitellut ilmavirrat (suunnitellut tulo ja poisto 125 dm<sup>3</sup>/s).
- Mitattu tuloilmavirta 150 dm<sup>3</sup>/s oli likimain yhtä suuri kuin Asumisterveysasetuksen mukainen vähimmäistuloilmavirta 156 dm<sup>3</sup>/s tilan suurimmalla käyttäjämäärällä.

### 8.2 Painesuhteiden seurantamittaukset

Sisätilojen ja ulkoilman välistä paine-eroa seurattiin yhden viikon ajan tallentavien mittalaitteiden avulla. Mittauspisteet sijaitsivat opetustilassa 139 ja opettajainhuoneessa 222. Seurantamittauksista tehdyt kuvaajat on esitetty liitteissä 5.1-5.2. Opettajainhuoneen 222 mittakuvaajasta on poistettu osa, koska mittalaitteen anturi tukkeutui hetkellisesti seurantajakson aikana sääolosuhteista johtuen.

Asumisterveysoppaan (2009) mukaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla varustetussa rakennuksessa tavoitteellinen sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero tulee olla 0 – (-2) Pa. Seurantajakson aikana ensimmäisen kerroksen tila kaakkoisjulkisivulla (luokkatila 139) oli keskiarvoltaan -8 Pa ja toisen kerroksen tila koillisjulkisivulla (opettajainhuone 222) oli keskiarvoltaan -2,5 Pa alipaineinen ulkoilmaan verrattuna. Kokonaisuutena sisä- ja ulkoilman paine-ero vaihteli pääosin välillä -17,2...2,8 Pa ensimmäisessä kerroksessa ja välillä -8,3...6,2 Pa toisessa kerroksessa. Mittausten perusteella opettajainhuone 222 on ylipaineinen ulkoilmaan verrattuna päiväaikaan ja yöaikaan paine-ero on hieman alipaineinen. Luokkatila 139 hieman alipaineinen ulkoilmaan verrattuna päiväaikaan ja yöaikaan alipaineisuus kasvaa.

### 8.3 Johtopäätökset ja riskitekijöiden arviointi

- Opettajainhuoneessa 222 tuloilmavirta ei vastaa Asumisterveysasetuksen suurimpia käyttäjämääriä. Sen sijaan tilassa 139 tuloilmavirta on likimain Asumisterveysasetuksen mukaisella tasolla, mutta tilan ilmanvaihdossa havaittiin epätasapainoa. Yleisesti rakennuksessa olisi hyvä tarkistaa, että eri tilojen tilakohtainen ilmanvaihto on käyttäjämääriin nähden riittävää.
- Ilmavaihtokoneiden aikaohjelmalla toimivista tehosäädöistä johtuen sisätilojen alipaineisuus kasvaa yöaikaan ulkoilmaan verrattuna. Päiväaikaan ensimmäisen kerroksen tilan alipaineisuus on suositetulla tasolla, mutta toisessa kerroksessa tilan sisäilma muuttuu ylipaineiseksi ulkoilmaan verrattuna. Yöaikaan molempien sisätilojen alipaineisuus kasvaa.

### 8.4 Korjaustoimenpide-ehdotukset

- Tilan 222 tuloilmavirtaa suositellaan lisättäväksi Asumisterveysasetuksen mukaiseksi vastaamaan suurimpia käyttäjämääriä, jolloin tuloilmaa on vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden. Samalla tilan ilmanvaihto suositellaan säädettäväksi tasapainoon.
- Tilassa 139 ilmanvaihto suositellaan säädettäväksi tasapainoon. Säädön yhteydessä varmistetaan, että tuloilmavirta on vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s henkilöä kohden Asumisterveysasetuksen mukaisesti.
- Yleisesti rakennuksessa olisi hyvä tarkistaa, että eri tilojen tilakohtainen ilmanvaihto on käyttäjämääriin nähden riittävää.
- Ilmanvaihdon aiheuttamaa yöaikaista sisätilojen alipaineisuutta voidaan vähentää säätämällä ilmavaihtokoneiden toiminta-aikoja sekä tasapainottamalla tulo- ja poistoilmamääriä.

## 9 LIITTEET

Liite 1	Mittaustulokset
Liite 1.1	Laboratoriotulos, VOC-näytteet
Liite 2.	Mittauspisteet pohjakuvissa
Liite 3.	Kosteuskartoitus
Liite 4.	Merkitseminen
Liite 5.	Painesuhteiden seurantamittaukset
Liite 6.	Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seurantamittaukset
Liite 7.	Sisäolosuhteiden 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	Näytteenottopisteen 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	Opettajanhuone 222	1.4.2019	Yhteensä 32 Penicillium sp. 100%	Yhteensä 25 Cladosporium sp. 14% Penicillium sp. 72% Hiivat 14%	519	0
		15.4.2019	Yhteensä 11 Penicillium sp. 34% Hiivat 33% Steriilit 33%	Yhteensä 7 Penicillium sp. 50% Hiivat 50%	541	0
M2	Luokkahuone 139	1.4.2019	Yhteensä 18 Hiivat 60% Steriilit 40%	Yhteensä 18 Penicillium sp. 20% Hiivat 20% Steriilit 60%	2431	9
		15.4.2019	Yhteensä 14 Hiivat 100%	Yhteensä 14 Cladosporium sp. 25% Steriilit 75%	2187	0
	Ulkoilma	1.4.2019	Yhteensä 230 Aureobasidium sp. 2% Cladosporium sp. 17% Hiivat 46% Steriilit 35%	Yhteensä 208 Cladosporium sp. 28% Eurotium sp. 2% Penicillium sp. 2% Hiivat 53% Steriilit 15%	1939	24
		15.4.2019	Yhteensä 119 Cladosporium sp. 3% Penicillium sp. 4% Hiivat 41% Steriilit 52%	Yhteensä 84 Aureobasidium sp. 11% Cladosporium sp. 26% Penicillium spp. 16% Hiivat 21% Steriilit 26%	424	9

Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittauksen aikana olivat seuraavat:

Pvm	Sisäilman lämpötila, °C	Sisäilman suhteellinen kosteus, %	Ulkoilman lämpötila, °C	Ulkoilman suhteellinen kosteus, %
1.4.2019	20,6 – 21,1	20	14	19
15.4.2019	20,8 – 20,9	18	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.

### **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	Näytteenottopisteen kuvaus	Pvm	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), µg/m <sup>3</sup>
V1	Opettajanhuone 222	1.4.2019	23
V2	Luokkahuone 139	1.4.2019	12

Edellä mainittujen näytteiden tärkeimmät yksittäiset yhdisteet on esitetty laboratorion tulosteessa liitteessä 1.1.

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 koko-

naispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tällä ei kuitenkaan tarkoiteta sitä, että jos kokonaispitoisuus jää alle  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 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  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lukuun ottamatta seuraavia yksittäisiä yhdisteitä, joiden toimenpiderajat ovat: TXIB –  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2-etyyli-1-heksanoli –  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , naftaleeni –  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (hajua ei saa esiintyä) ja styreeni –  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Pinnoille laskeutuvat mineraalikuidut

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

Näytteen- ottopiste	Näytteenottpisteen kuvaus	Keräysaika	Mineraalikuidut, kpl/cm <sup>2</sup>
PPK1	Opettajanhuone 222	1.4.-15.4.2019	alle 0,07
		1.4.-15.4.2019	alle 0,07
PPK2	Luokkahuone 139	1.4.-15.4.2019	0,07
		1.4.-15.4.2019	0,21

Tasopinnoille kahden viikon aikana laskeutuvien mineraalikuitujen viitearvo toimistoympäristöissä (säännöllisesti siivottavat pinnat) on  $0,2 \text{ kpl}/\text{cm}^2$  (Työterveyslaitos 2016). Tämä on myös 15.5.2015 voimaan astuneen Asumisterveysasetuksen mukainen teollisten mineraalikuitujen toimenpideraja kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä.

### Ilmanvaihdon ilmavirtojen mittaukset

Huonetilojen ilmavirtoja määritettiin SwemaFlow 126 -ilmavirtamittarilla, Airflow PVM610 -paine-eromittarilla ja mittaamalla venttiileiden asentoja. Vertailuarvoiksi on merkitty vuoden 1983 ilmanvaihtopiirustusten suunnitteluarvot sekä Asumisterveysasetuksen (2015) määraysten mukaiset vähimmäistuloilmavirrat. Mittausten kokonaismittausvirhe (mittausepävarmuus) on  $\pm 10 \%$ . Ilmavirrat olivat seuraavat:

Mittaus- piste	Pvm	Tila	Tuloilmavirta, dm <sup>3</sup> /s			Poistoilmavirta, dm <sup>3</sup> /s	
			Mitattu	Suunniteltu v. 1983	Asumisterveys- asetus v. 2015	Mitattu	Suunniteltu v. 1983
I1	2.4.2019	Opettajanhuone 222	94	139	30-120 <sup>1)</sup> 180 <sup>2)</sup>	111	139
I2	2.4.2019	Luokkahuone 139	150	125	156 <sup>3)</sup>	189	125

Asumisterveysasetuksen mukaan kouluissa tuloilmavirran tulee olla vähintään  $6 \text{ dm}^3/\text{s}$  henkilöä kohden:

- 1) Tavanomainen käyttäjämäärä 5-20 henkilöä.
- 2) Suurin käyttäjämäärä 30 henkilöä viikkopalavereiden aikana.
- 3) Suurin käyttäjämäärä 26 henkilöä.

### Sisäilman hiilidioksidin, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden seurantamittaukset

Tutkittavissa tiloissa seurattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Mittaukset tehtiin Geminin sisäilman laatuanalysointilaitteilla. Mittausten mit-

tausepävarmuus on noin  $\pm 50$  ppm hiilidioksidipitoisuudelle,  $\pm 0,5$  °C lämpötilalle ja  $\pm 3$  % suhteelliselle kosteudelle. Tulokset olivat seuraavat:

Mittaus-piste	Tila	Mittauspisteen kuvaus	Seuranta-aika	CO <sub>2</sub> -pitoisuus, ppm	Lämpötila, °C	Suhteellinen kosteus, %
L1	222	Opettajanhuone	1. - 15.4.19	397 - 694	19,5 – 22,1	15 - 28
L2	139	Luokkahuone	1. - 15.4.19	404 - 964	17,5 – 23,2	15 - 33

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 2100 mg/m<sup>3</sup> (1150 ppm) suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

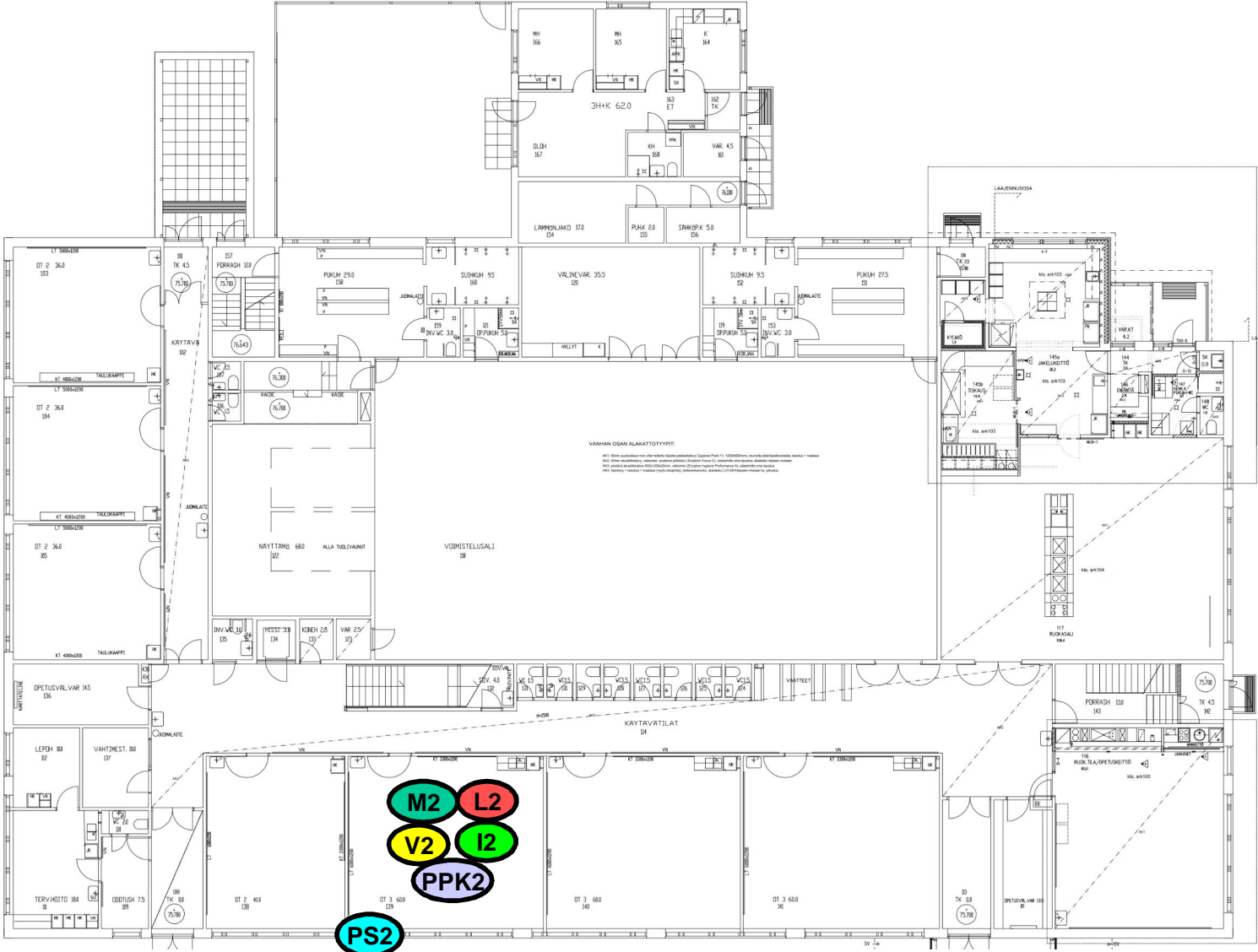
Huoneilman lämpötilojen tulee täyttää asetuksen liitteessä 1 olevan taulukon 1 mukaiset toimenpiderajat.

Seurantamittausten graafiset kuvaajat on esitetty erillisissä liitteissä, joista nähdään mitattujen suureiden vaihtelut eri vuorokauden aikoina.



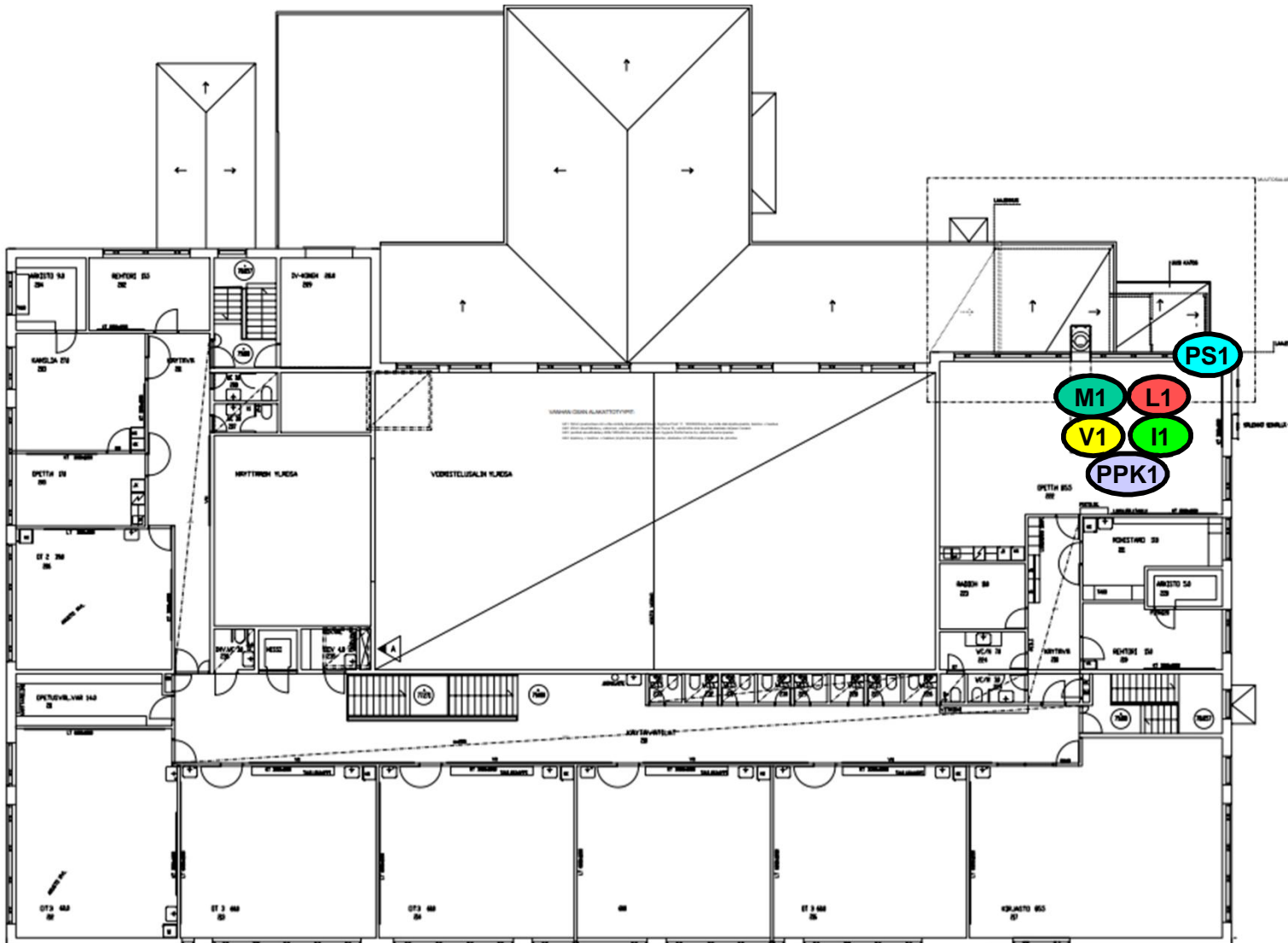
**MERKINTÖJEN SELITYKSET:**

- M** SISÄILMAN MIKROBIT
- V** SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET
- PPK** PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT
- I** ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT
- L** SISÄILMAOLOSUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET
- PS** PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET



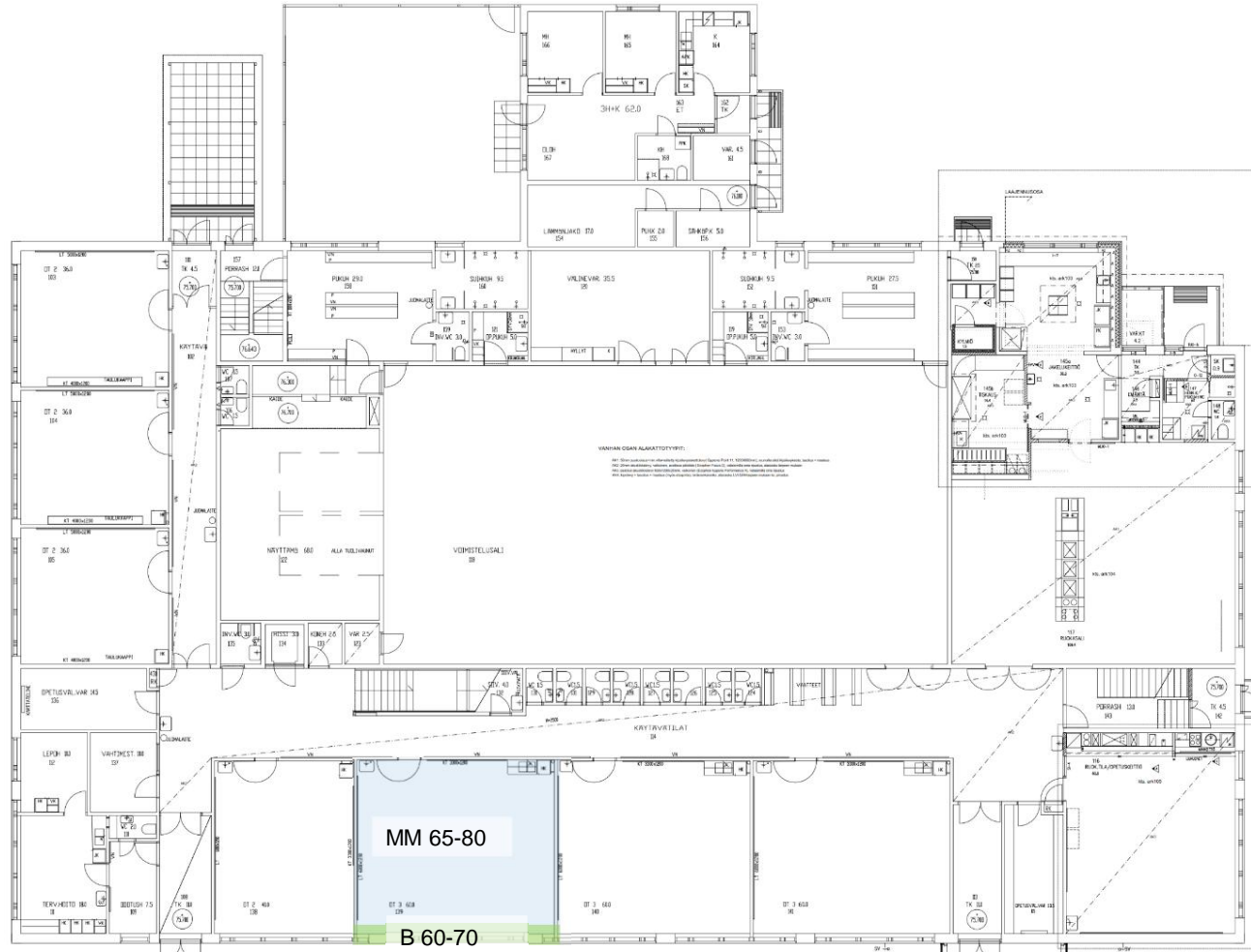
## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

- M SISÄILMAN MIKROBIT
- V SISÄILMAN HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET
- PPK PINNOILLE LASKEUTUVAT MINERAALIKUIDUT
- I ILMANVAIHDON ILMAVIRRAT
- L SISÄILMAOLOSUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET
- PS PAINESUHTEIDEN SEURANTAMITTAUKSET









VANHA OSA: POLJAMINUSTUS TÄKERNOS 1:50

# KOSTEUSKARTOITUS 1.4.2019

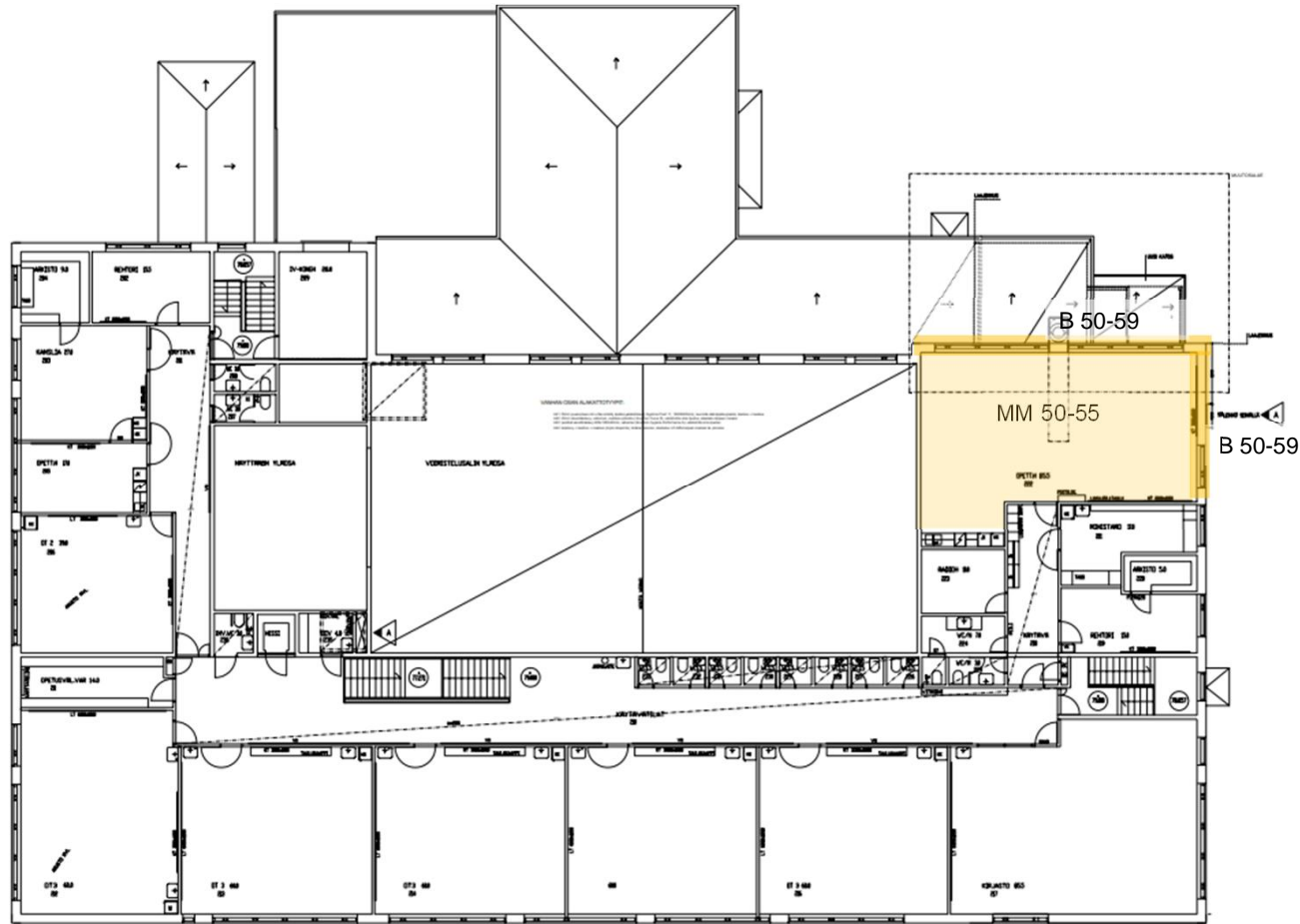


## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

B = betoni, 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







# KOSTEUSKARTOITUS 1.4.2019



VANHA OSA: POLYMERISTUS LÄPIMÄ 1:50

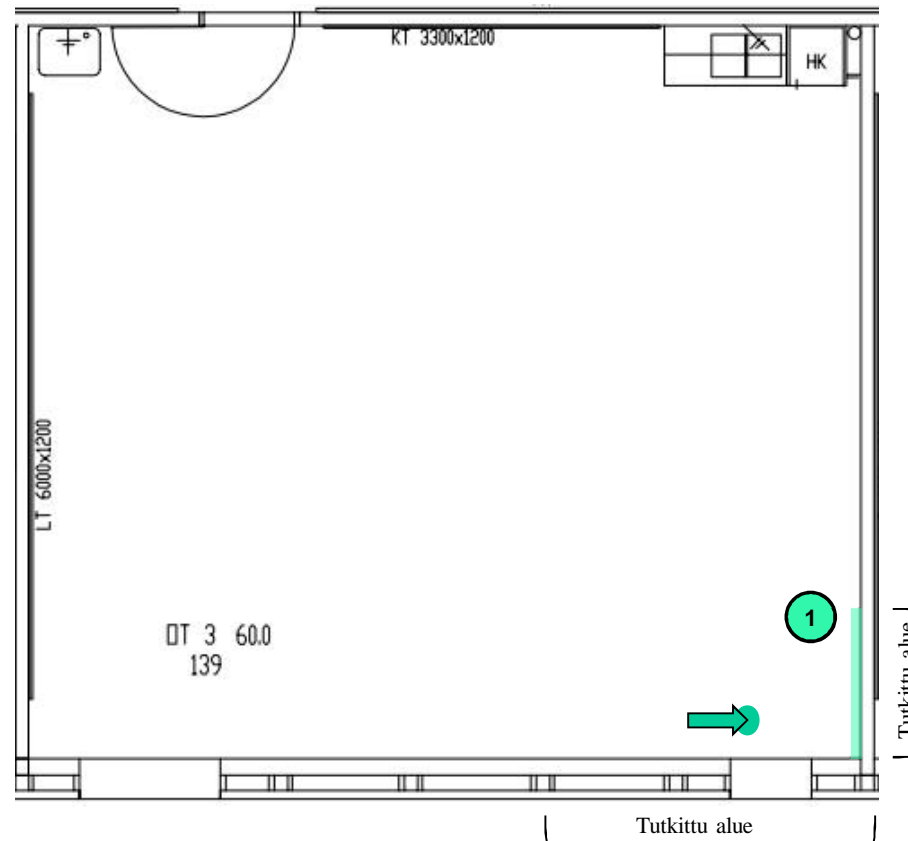
## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

B = betoni, 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

# ALAPOHJAN MERKKIAINEKOE TILASSA 139


15.4.2019



## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

-  HAVAITUN ILMAVUODON LAAJUUS
-  MERKKIAINEKAASU ALAPOHJAN ERISTETILAAN

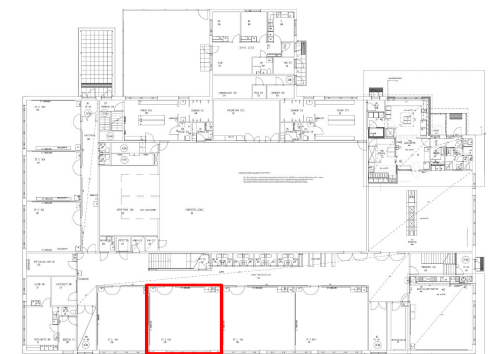
## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  1 Lattian ja seinän liittymä (tiilin saumakohdat)



Tila alipaineistettiin tutkimuksen ajaksi Blowerdoor-alipaineistimellä. Paine-ero 10 Pa alipainetta mitattiin alapohjan eristetilan ja huonetilan väliltä.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella.










# ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOE TILASSA 139 15.4.2019

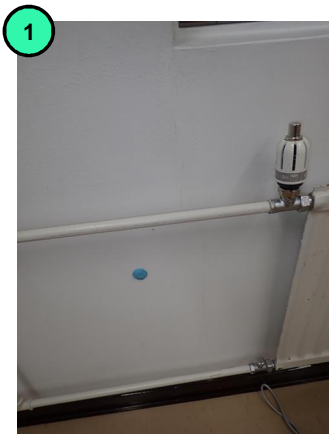
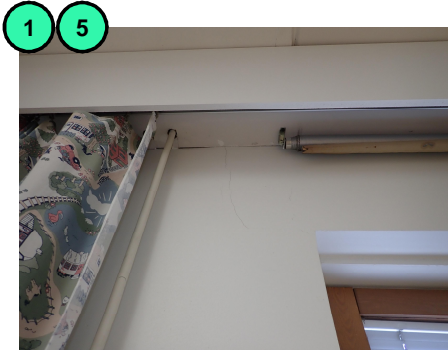
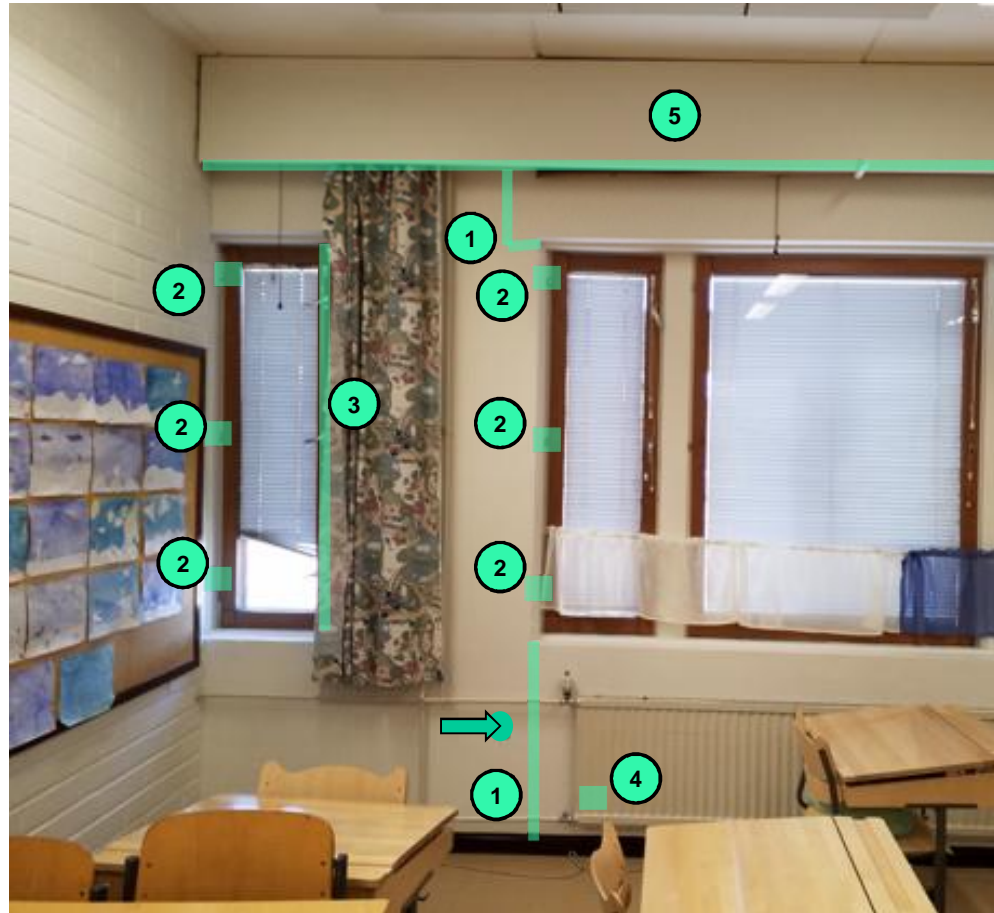
## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

 HAVAITUN ILMAVUODON  
LAAJUUS

 MERKKIAINEKAASU  
SEINÄN ERISTETILAAN

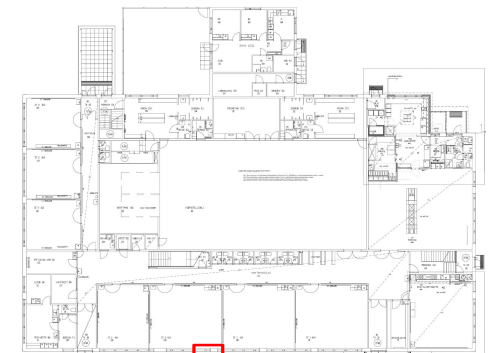
## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

-  Seinän halkeama
-  Ikkunan sarana
-  Ikkunan tiiviste
-  Patterin kannake
-  Ulkoseinän ja kotelorakenteen liittymä



Tila alipaineistettiin tutkimuksen ajaksi Blowerdoor-alipaineistimellä. Paine-ero 10 Pa alipainetta mitattiin ulkoseinän eristetilan ja huonetilan väliltä.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella.



# ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOE OPETTAJANHUONEESSA (TILA 222)


15.4.2019

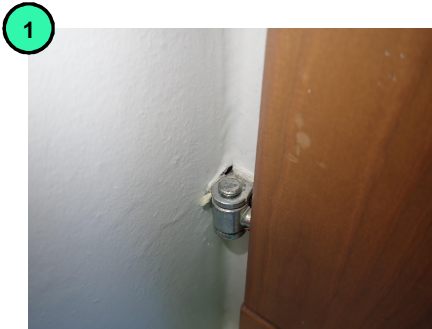
## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

 HAVAITUN ILMAVUODON  
LAAJUUS

 MERKKIAINEKAASU  
SEINÄN ERISTETILAAN

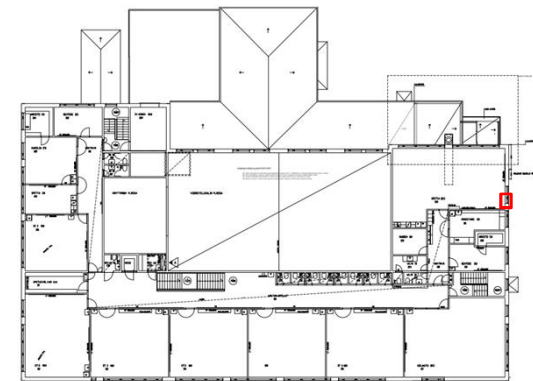
## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

 1 Ikkunan sarana



Tila alipaineistettiin tutkimuksen ajaksi Blowerdoor-alipaineistimella. Paine-ero 10 Pa alipainetta mitattiin ulkoseinän eristestilan ja huonetilan väliltä.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella.



# ULKOSEINÄN MERKKIAINEKOE OPETTAJANHUONEESSA (TILA 222)


15.4.2019


## MERKINTÖJEN SELITYKSET:

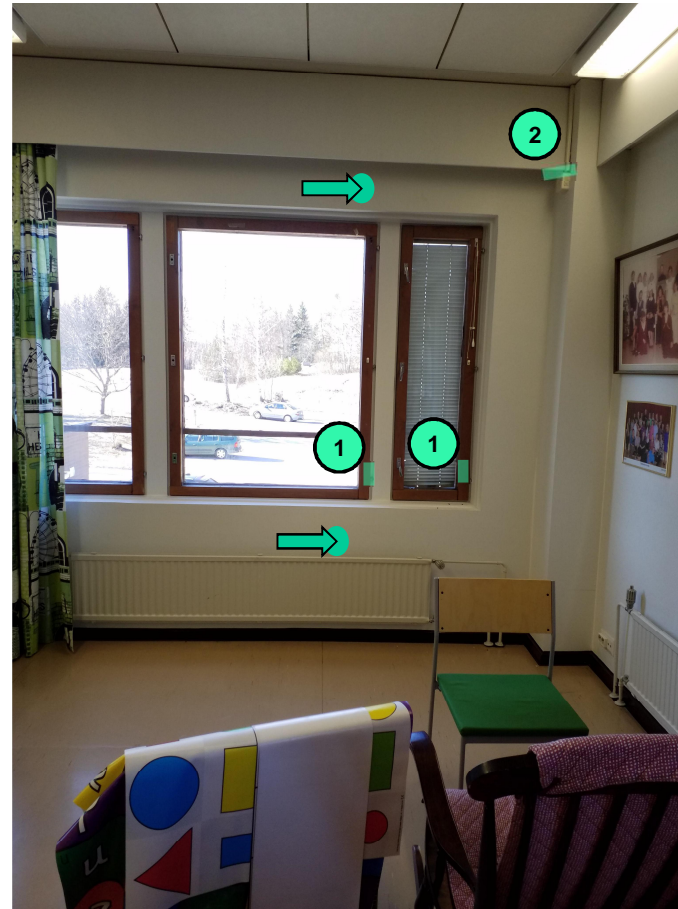
 HAVAITUN ILMAVUODON  
LAAJUUS

 MERKKIAINEKAASU  
SEINÄN ERISTETILAAN

## MERKKIAINEKAASUHAVAINNOT:

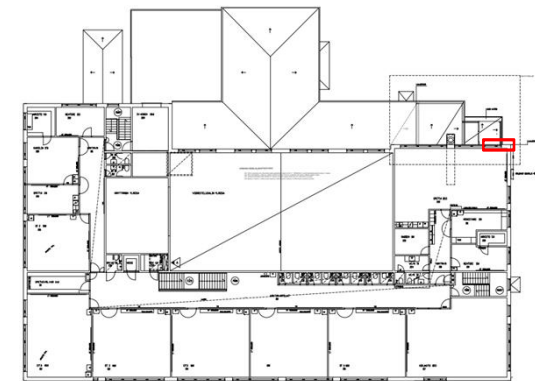
 Ikkunan sarana

 Ulkoseinän ja kotelorakenteen liittymä



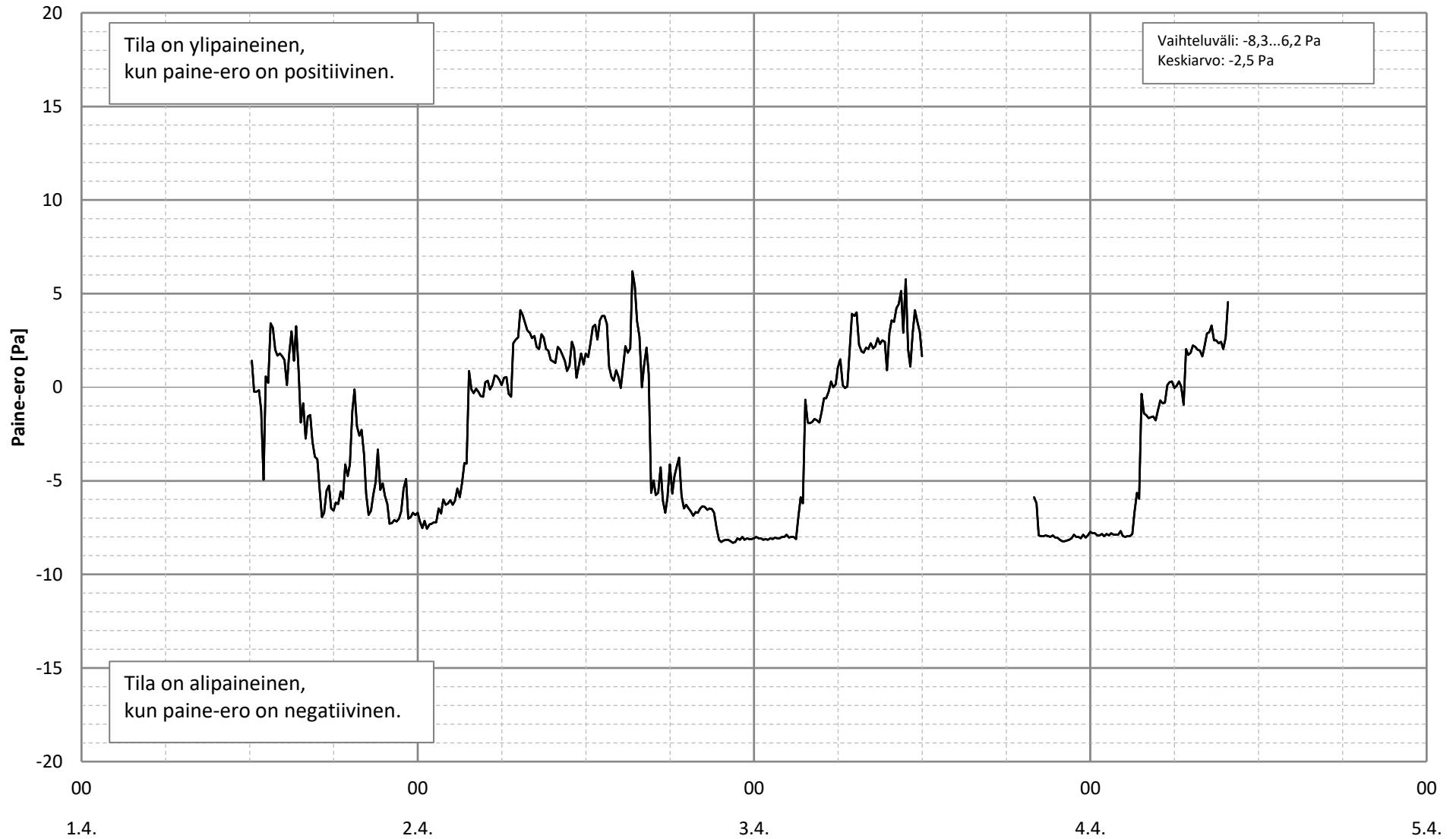
Tila alipaineistettiin tutkimuksen ajaksi Blowerdoor-alipaineistimella. Paine-ero 10 Pa alipainetta mitattiin ulkoseinän eristestilan ja huonetilan väliltä.

Merkkiainekoe on tehty Formier 5 - kaasulla ja Sensistor XRS9012-analysaattorilaitteella.

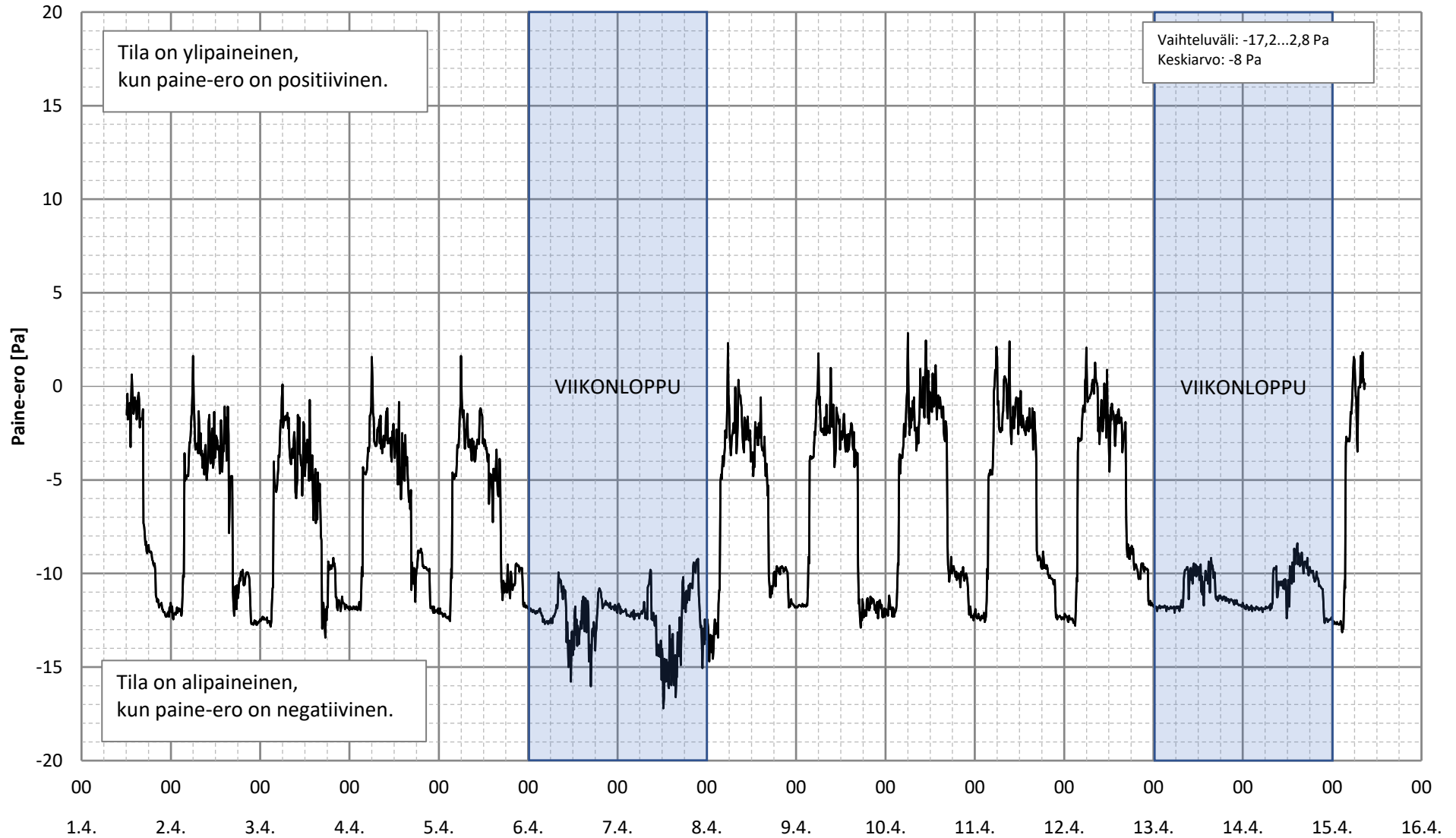




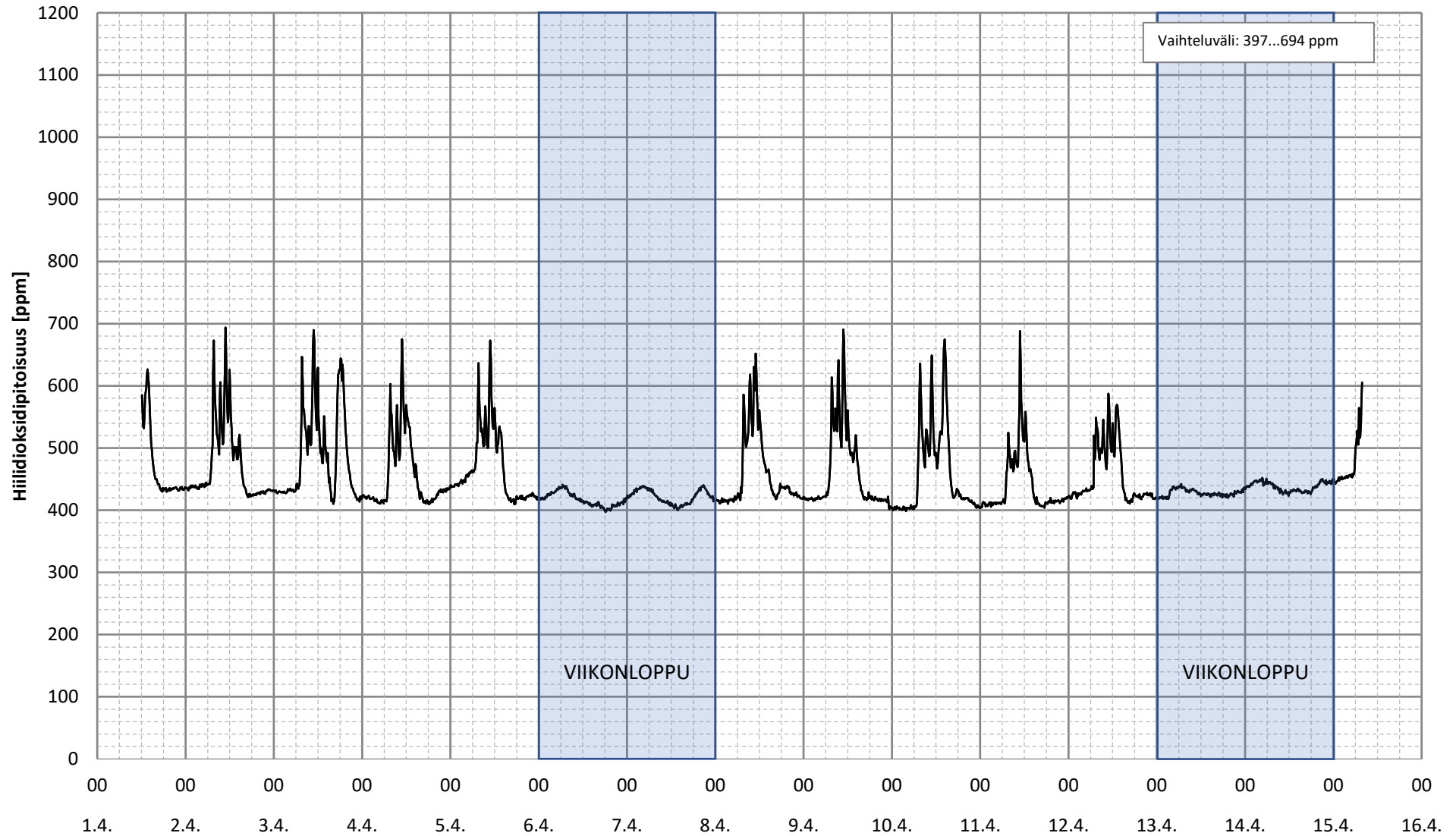
## PS1: Opettajanhuoneen (tila 222) ja ulkoilman välinen paine-ero 1.4. - 4.4.2019



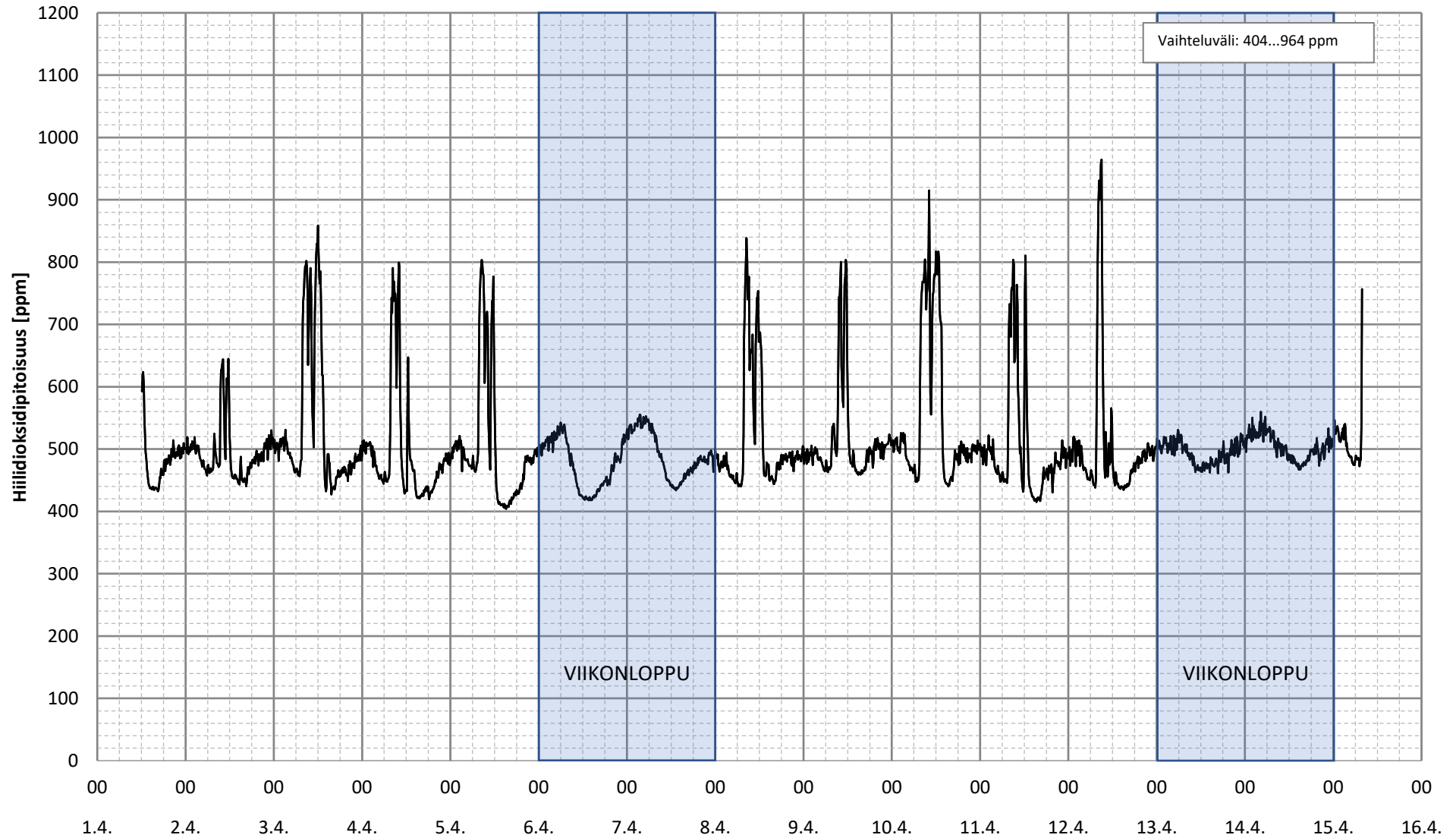
## PS2: Tilan 139 ja ulkoilman välinen paine-ero 1.4. - 15.4.2019



# L1: Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seuranta opettajanhuoneessa (tila 222) 1.4. - 15.4.2019

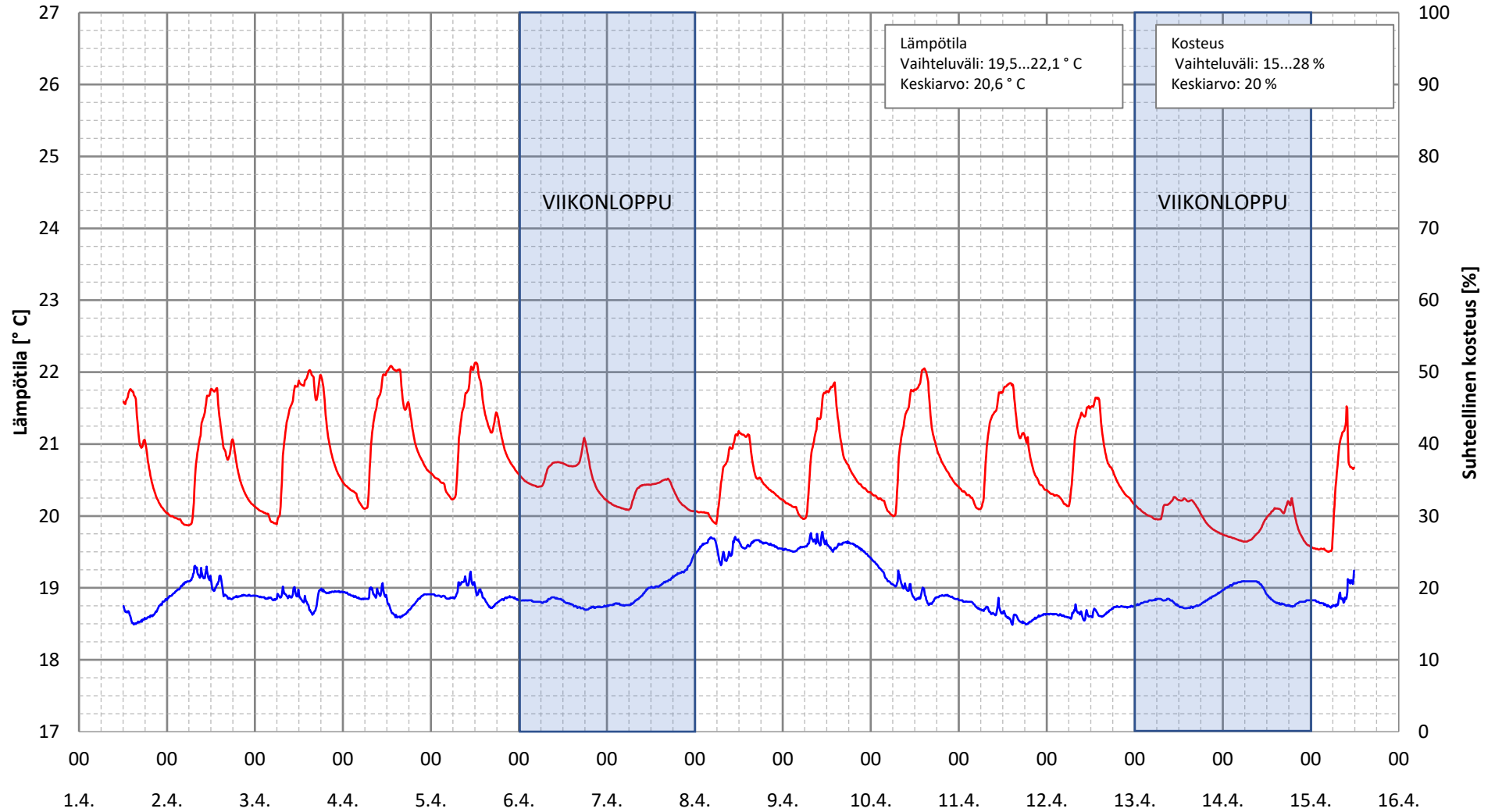


## L2: Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden seuranta tilassa 139 1.4. - 15.4.2019



# L1: Sisäilman olosuhdeseuranta opettajanhuoneessa (tila 222) 1.4. - 15.4.2019

— Lämpötila — Kosteus



## L2: Sisäilman olosuhdeseuranta tilassa 139 1.4. - 15.4.2019

— Lämpötila — Kosteus

