

Projektinumero
1510075603

Kohteen osoite
Koulukatu 14, 39700 Parkano

Asiakirjan status
Lopullinen

Päivämäärä
29.6.2023

Laatija
Janina Hakanen, Markus Fränti

Tarkastaja
Joni Nivala

KESKUSTAN KOULU, C-OSA

KOSTEUS- JA SISÄILMATEKNINEN

KUNTOTUTKIMUS



TIIVISTELMÄ

Tutkimuskohteena on Parkanossa sijaitsevan Keskustan koulurakennuksen C-osa. C-osa koostuu kahdesta eri-aikaan rakennetusta osasta eli alkuperäisosasta vuodelta 1963 ja laajennusosasta vuodelta 1991. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää C-osan rakenteiden nykyinen kunto ja selvittää rakenteet, jotka sisäilmateknisestä näkökulmasta tulee korjata.

Alapohjat on toteutettu maanvaraisina ja alapuolelta EPS-lämmöneristettyinä rakenteina. Laajennusosalla alapohjaa voidaan pitää lievästi riskialttiina kapillaarisesti nostavan maatyön sekä käytävillä havaittujen epätiiviyden rakenneliittymien vuoksi. Muualla alapohjan liitosrakenteita on korjattu siten, että maaperä yhteys sisäilmaan on lähtökohtaisesti vähäistä. Alapohjille suositellaan käyttöä turvaavina korjaustoimenpiteinä tiivistyskorjauksia niille alueille, joihin tiivistyskorjauksia ei ole vielä toteutettu.

Ulkoseinät ovat toteutettu osittain julkisivultaan tiilimuurattuina ja osittain levyverhoituina rakenteina. Ulkoseinät ovat julkisivujen vedenpitävyydsuutteen sekä paikallisten tuulettuvuuspuutteen vuoksi lievästi riskialttiita. Seinärakenteiden kosteus- ja mikrobivaurioitumisriski on toteutunut ainoastaan paikallisesti alkuperäisen osan sekä viereisen porrashuoneen ulkoseinärakenteissa sekä alkuperäisen osan väliseinässä, joka on aiemmin toiminut ulkoseinänä. Muualla laajennusosan ulkoseinissä mikrobivaurioita ei havaittu. Alkuperäisellä osalla ulkoseinien liitos alapohjaan on toteutettu kosteusteknisesti riskialttiina piilosokkelirakenteena, jossa puurungon alaosa sijoittuu valmiin lattiapinnan alapuolelle, lähelle ulkopuolista maanpinnantaso. Tästä syystä alkuperäisellä osalla ulkoseinien alaosiin on muodostunut paikallisia kosteus- ja mikrobivaurioita. Ulkoseiniin on toteutettu tiivistyskorjauksia eriasteisesti, minkä takia liitosrakenteiden tiiveys vaihtelee. Ulkoseinille suositellaan peruskorjaustasoisia uusia korjauksia mikrobi- ja kosteusvaurioituneille ulkoseinäosille sekä rakenneliitosten ilmatiiveyden ja tuulettuvuuden parantamiseen tähtääviä korjauksia niille alueille, joissa ilmatiiveys ja tuulettuvuus ovat merkittävässä määrin puutteellista. Lisäksi vanhalle ulkoseinälle (nykyinen väliseinä) sekä siihen liittyville ulkoseinille suositellaan käyttöä turvaavina toimenpiteinä tiivistyskorjauksia ilmatiiveyden parantamiseksi.

Väli- ja yläpohjat ovat lähtökohtaisesti kosteusteknisesti toimivia. Yläpohjatilassa on paikallisiin tuulettuvuuspuutteisiin viittaavia jälkiä, mutta tuuletuspuutteilla ei ole suoraan vaikutusta tilojen sisäilman laatuun. Vesikaton epätiiviyti läpiviennit ja avoimet räystäät toimivat paikallisina vuotoriskikohtina, joiden kautta voi ohjautua vuotovesiä yläpohjatilaan. Muulta osin vesikaton kunto on tyydyttävä. Myös yläpohjan liitosrakenteiden ilmatiiveydessä on puutteita. Vesikatolle suositellaan käyttöä turvaavina korjaustoimenpiteinä riskipaikkojen korjaamista ja tuulettuvuuden parantamista sekä peruskorjaustasoisina toimenpiteinä yläpohjan liitosrakenteiden ilmatiiveyden parantamista sekä vesikaton alusrakenteiden uusimista. Välipohjissa ei havaittu korjaustoimenpiteitä vaativia puutteita.

Paine-eroseurantamittausten perusteella sisätilat ovat ulkoilmaan nähden merkittävästi alipaineisia. Siten ilmavirtaukset suuntautuvat rakenteiden läpi sisätiloihin ja mahdollistavat paikallisesti epäpuhtauskulkeumat vaurioituneista rakenteista sisäilman suuntaan.

Alapohja- ja ulkoseinärakenteisiin on tehty laaja-alaisia, rakenteita uusivia korjauksia sekä liitosrakenteiden tiivistyskorjauksia. Korjausten vuoksi rakenteissa ei havaittu kiireellisiä toimenpiteitä vaativia korjaustarpeita, lukuun ottamatta tiivistyskorjaustarvetta niihin rakenneseinisiin, joihin tiivistyskorjauksia ei ole tehty. Kokonaisuutena todetaan, että rakenteissa havaitut vauriot ovat paikallisia ja keskittyvät pääosin paikallisille ulko- ja väliseinäosuuksille, jotka tulee korjata pääosin seuraavan peruskorjauksen yhteydessä. Ehdotettuihin peruskorjaustasoihin korjaustoimenpiteisiin olisi suositeltavaa ryhtyä viimeistään noin 8-10 vuoden kuluessa. Ennen peruskorjaukseen ryhtymistä on suositeltavaa selvittää myös rakennuksen A- ja B-osien rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmien kunto sekä korjaustarpeet. Mikäli muuta rakennusta koskevassa kuntotutkimuksessa havaitaan tekijöitä, jotka vaativat peruskorjausta nopeammalla aikataululla, on C-osan peruskorjaustasoiset toimenpiteet kannattavaa tehdä samassa yhteydessä. Tilojen merkittävän alipaineisuuden vuoksi ilmanvaihdolle suositellaan kiireellisiä säätötoimenpiteitä, jotka tulisi toteuttaa mahdollisimman nopealla aikataululla.

SISÄLTÖ

1.	Yleistiedot	1
1.1	Yhteystiedot	1
1.2	Tutkimuksen rajaukset	1
2.	Kohteen yleiskuvaus	3
2.1	Lähtötiedot	4
2.2	Tutkimus- ja korjaushistoria	4
3.	Tutkimusmenetelmät	6
4.	Rakenneteknisten tutkimusten tulokset	7
4.1	Aluerakenteet, piha-alueet ja vedenpoistojärjestelmät	7
4.2	Alapohja	13
4.3	Ulkoseinät, ikkunat ja ovet	20
4.4	Välipohja	43
4.5	Väliseinät ja pintarakenteet	46
4.6	Yläpohjat ja vesikatot	51
5.	Sisäilman olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset	62
5.1	Paine-ero	62
5.2	Sisäilman hiilidioksidipitoisuus	63
5.3	Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus	64
5.4	Teolliset mineraalivillakuidut	65
5.5	Johtopäätökset	66
5.6	Toimenpide-ehdotukset	67
6.	Ilmanvaihdon kuntotutkimus	68
6.1	Ilmanvaihtokoneet	68
6.2	Kanavisto	78
6.3	Päätelaitteet	80
6.4	Ilmavirtamittaukset	82
7.	Tavanomaisesta poikkeavien altistumisolosuhteiden arviointi	84
7.1	Tausta, arvioinnin perusteet	84
7.2	Tehdyn tutkimuksen perusteella laadittu altistumisolosuhteen arviointi	85
7.3	Toimenpide-ehdotukset	86
8.	Johtopäätökset ja yhteenveto toimenpiteistä	87
8.1	Tutkimuksen johtopäätökset	87
8.2	Toimenpidesuosituksien	88
9.	Päiväys ja allekirjoitukset	91

LIITTEET

Liite 1.	Tutkimusmenetelmät
Liite 2.	Tutkimuspaikkapiirustukset
Liite 3.	Laboratorioiden tutkimustodistukset
Liite 4.	Paine-ero- ja olosuhdeseurantamittausten tulokset
Liite 5.	Rakenneavauskortit

1. YLEISTIEDOT

1.1 Yhteystiedot

Tutkimuksen tilaaja

Parkanon kaupunki
Tekninen palvelukeskus
Parkanontie 37
39700 Parkano

Tekninen isännöitsijä

Tiina Kyösti
044 7865 611
tiina.kyosti@parkano.fi

Kuntotutkimuksen suorittaja

Ramboll Finland Oy
Kansikatu 5 B
33100 Tampere

Projektipäällikkö:

Joni Nivala
040 724 4346
joni.nivala@ramboll.fi
Ins. (AMK), rakennusterveysasiantuntija,
rakenteiden kosteuden mittaaja

Kuntotutkimuksen suorittajat:

Markus Fränti
050 302 9988
ext.markus.franti@ramboll.fi
DI, rakennusterveysasiantuntija,
rakenteiden kosteuden mittaaja

Tutkimuksen ajankohta

31.1.2023, kohdekäynti
8.-10.3.2023, rakennetekniset tutkimukset
24.5.-7.6.2023, olosuhdemittaukset ja kuitu-
näytteenotot
7.6.2023, ilmanvaihdon tutkimukset

Antti Vähävirta
044 794 5845
antti.vahavirta@ramboll.fi
LVI-asiantuntija

Janina Hakanen
040 677 2008
janina.hakanen@ramboll.fi
DI

Käytettävät tutkimuslaboratoriot

Mikrobianalyysit sekä asbesti- ja
haitta-aineanalyysit rakennusmateriaaleista

Kuituanalyysit tasopintojen pölylaskeumasta

Labroc Oy
Mäntyhaantie 1
33800 Tampere

Labroc Oy
Microkatu 1
70210 Kuopio

1.2 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksen tilaajan ja konsultin (Ramboll) välisen toimeksiannon sopimusehtoina noudatetaan konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja KSE 2013, ellei tilaajan ja Rambollin välillä ole toisin kirjallisesti sovittu.

Tutkimus on rajattu koskemaan tarjouksessa (Ramboll Finland Oy, 30.1.2023) esitettyjä tutkimuksia ja -mittauksia. Rakenneavauksista esiin tulleista mahdollisista haitta-aineista otettiin näytteitä laboratorioanalyysia varten, mutta kokonaisvaltaista asbesti- ja haitta-ainekartoitusta kohteeseen ei toteutettu. Tutkimus on toteutettu rajattuna kuntotutkimuksena siten, että tutkimukset on kohdistettu rakennuksen C-osaan. Lisäksi koko rakennukseen on toteutettu erillisenä toimeksiantona lämpökuvaus, jonka tutkimustulokset on raportoitu omana raporttinaan (*Lämpökuvaus, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*).

Tutkimusmenetelmät on valittu siten, että ne täydentävät toisiaan ja tulosten perusteella voidaan varmistaa syntyneet päätelmät. Tutkimustulosten luotettavuus on riippuvainen mittauspisteiden edustavuudesta ja otosten laajuudesta, jolloin otantatutkimuksissa yleisesti käytettävillä havaintomäärillä tutkimuksiin sisältyy aina jonkin verran epävarmuutta. Kenttätutkimuksen aistinvaraiset havainnot ovat subjektiivisia näkemyksiä. Lisäksi käytettyihin tutkimusmenetelmiin sisältyy epävarmuutta, joka tulee ottaa huomioon tulosten tulkinnassa. Rambollilla on oikeus luottaa tilaajan tai tämän puolesta toimivan antamiin tietoihin ja aineistoihin.

Kuntotutkimus sisältää ehdotuksen korjaustoimenpiteistä. Tutkimusta voidaan hyödyntää korjaussuunnitelmien ja korjausohjelman laadinnassa. Annetut korjausehdotukset eivät ole rakennustöiden työselitys, vaan tilaajan tulee laadituttaa erikseen varsinainen korjaussuunnitelma.

Kuntotutkijalla on oikeus oikaista kuntotutkimusraportissa mahdollisesti havaittu virhe. Kaikista virheistä tulee reklamoida kuntotutkijaa kohtuullisessa ajassa, viimeistään kolmen kuukauden kuluessa kuntotutkimusraportin luovutuspäivästä.

Ramboll on tehnyt tutkimuksen ja laatinut tämän raportin tutkimuksen tilaajalle, eikä Ramboll ota vastuuta kolmansia osapuolia kohtaan. Tämän asiakirjan kopiointi kokonaan tai osittain on kielletty ilman Ramboll Finland Oy:n kirjallista lupaa.

2. KOHTEEN YLEISKUVAUS

Tutkimuskohteena on Parkanossa sijaitsevan Keskustan koulurakennuksen C-osa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää rakenteet, jotka kosteus- ja sisäilmateknisestä näkökulmasta tulee korjata. Tutkimusmenetelminä käytetään aistinvaraista havainnointia, merkkiainekokeita, lämpökuvausta, kosteusmittauksia, rakenneavauksia, laboratorioanalyysyjä sekä olosuhde- ja epäpuhtausmittauksia.

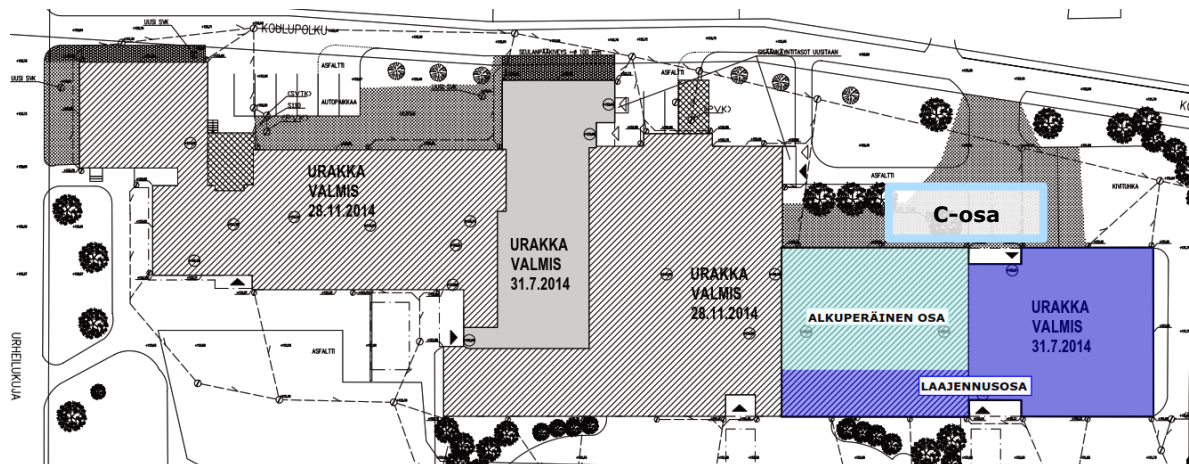
Rakennuksen C-osan alkuperäinen osa on valmistunut vuonna 1963 ja sen yhteyteen on rakennettu laajennusosa vuonna 1991. Alun perin rakennus on toiminut ainoastaan koulukäytössä. Nykyään kiinteistössä toimii opetustilojen lisäksi varhaiskasvatustoimintaa sekä muun muassa harrastetoimintaa ja työllisyyspalveluita. Tutkimuskohteena oleva C-osa on osittain yksi- ja osittain kaksikerroksinen.

Taulukko 1. Yleistiedot kohteesta.

Yleistiedot	
Nimi	Keskustan koulu, C-osa
Osoite	Koulukatu 14, 39700 Parkano
Rakentamisvuosi	alkuperäinen osa 1963 ja laajennusosa 1991
Bruttoala	tutkimusalue noin 1 900 m ²
Kerroslukku	1-2
Pääkäyttötarkoitus	08 Opetusrakennukset
Korjaushistoria	<ul style="list-style-type: none">• Laajennusosa rakennettu vuonna 1991• Osittainen peruskorjaus vuonna 2005• Osittainen peruskorjaus vuonna 2014

Taulukko 2. Pääasialliset rakennetyypit ja LVI-järjestelmät.

Pääasialliset rakennetyypit sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät	
Runko	Pilari-laattarunko (v. 1963 rakennusvaihe) Pilari-palkkirunko (v. 1991 rakennusvaihe)
Alapohjat	Maanvaraisia EPS-lämmöneristettyjä teräsbetonirakenteita
Ulkoseinät	Pääosin muurattuja rakenteita, paikoitellen levyverhoiltuja puurankarakenteita
Välipohjat	Betonisia ylälaattapalkisto- ja ontelolaattarakenteita
Yläpohjat	Yläpuolelta lämmöneristettyjä ylälaattapalkistoja sekä ontelolaattarakenteita
Vesikatto	Harjakatto, jossa vesikatteena bitumikermikate
Ilmanvaihtojärjestelmä	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla
Lämmitysjärjestelmä	Vesikeskuslämmitys, lämmöntuottotapana kaukolämpö



Kuva 1. Ote asemapiirroksesta (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 9.5.2014), jossa tutkimuskohteenä oleva C-osa on esitetty sinisellä. C-osa koostuu alkuperäisestä osasta vuodelta 1963 sekä laajennusosasta vuodelta 1991.

2.1 Lähtötiedot

Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen lähtötietoina on käytetty seuraavia tilaajalta saatuja aineistoja:

Suunnitelmat:

- RAK-suunnitelmat:
 - Muutossuunnitelmia, A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2014
 - Muutossuunnitelmia, A-Insinöörit Oy, 2005
 - Muutossuunnitelmia, Hans Danielsson Oy, 1991
- ARK-suunnitelmat:
 - Pohjapiirustukset, Arkkitehtuuritoimisto Miljöönurkka Oy, 2005
 - Muutossuunnitelmia, Arkkitehtitoimisto Mikko Knuuti Ky, 1990
- LVIA-suunnitelmat:
 - Muutossuunnitelmia, LVI-suunnittelutoimisto Veptek Ky, 2005, 2014
 - Muutossuunnitelmia, Siemens Building Automation, 2003

Aiemmat tutkimukset ja selvitykset:

- Lämpökuvausraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023
- Tilakohtainen riskianalyysi, Inspector Sec Oy, 9.5.2014
- Ilmamäärien mittauspöytäkirja, Ilma Ässä Oy, 17.5.2023

2.2 Tutkimus- ja korjaushistoria

Osittainen peruskorjaus, 2014

- Tilojen 1048, 1049 ja 1050 ulkoseinän alaosien tiilimuuraukset, lämmöneristeet ja nk. valesokkelirakenteet on purettu ja korvattu uudella rankarakenteella ja solumuovieristeillä.
- Käytävän sekä luokkatilojen 1165 ja 1166 välisen väliseinän (vanhan ulkoseinän) pintarakenteet on purettu ja jäävät rakenneliitokset on tiivistyskorjattu.
- Alapohja-, pilari, ikkuna- ja oviliitoksia on tiivistyskorjattu niiden tilojen osalta, joiden ulkoseinien alaosa ei ole uusittu.

Osittainen peruskorjaus, 2005

- Alapohjien uusiminen alkuperäiseltä osalta.
- Salaojien uusiminen, sokkeleiden ulkopuolinen lämmön- ja vedeneristys sekä maanpinnan muotoilu.

Laajennus- ja muutostyöt, 1991

- Laajennusosan rakentaminen vuonna 1963 rakennetun osan yhteyteen.
- Tilamuutokset ja pintarakenteiden korjaukset vuonna 1963 rakennetulle osalle.
- Alkuperäisen osan salaojien uusiminen.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Käytettyihin tutkimusmenetelmiin sisältyy epävarmuutta, joka tulee ottaa huomioon tulosten tulokinnassa. Tämän asiakirjan epävarmuustarkastelussa on esitetty mittauskaluston tarkkuus sekä karkea-, systemaattinen- ja satunnainen virhe lukuun ottamatta analyysilaboratorion virhetarkastelua. Epävarmuustarkastelu sisältää vain Ramboll Finland Oy kenttämittaukseen sekä näytteenottoon liittyvät virheet. Analyysilaboratoriot / alihankkijat ilmoittavat menetelmän ja mittausten virhetarkastelun analyysivastauksessaan / raportissaan.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty käytetyt tutkimusmenetelmät pääpiirteissään. Tarkempi kuvaus tutkimusmenetelmistä epävarmuustarkasteluineen on tämän raportin liitteenä. Tutkimus-, mittaus- ja näytteenottopisteiden sijainnit on esitetty raportin liitteenä olevissa paikannuspiirustuksissa.

Rakenteiden avaukset

Rakenteiden toteutustapoja ja kuntoa tutkittiin rakenneavauksista aistinvaraisesti. Betonirakenteiden rakenneavaustyöt tehtiin joko piikkaamalla tai timanttiporaamalla. Puu- ja levyrakenteiden avaukset toteutettiin sahaamalla. Rakenneavaukset toteutettiin tilaajan toimesta.

Rakenteiden pintakosteuskartoitus ja kosteusmittaukset

Pintakosteuskartoituksella arvioitiin rakennuksen alapohjien pintakosteusarvojen vaihteluväliä tunnettuun kuivana pidettyyn referenssipisteeseen nähden. Tarkentavien rakennekosteusmittausten (viilto- ja rakennekosteusmittausten) avulla selvitettiin rakenteiden kosteuspitoisuuksia niiltä kohdilta, joilta epäiltiin kosteuspitoisuuksien olevan kohonneita pintakosteuskartoituksen tai muiden tutkimushavaintojen perusteella.

Rakennusmateriaalien mikrobianalyysit

Rakennusmateriaaleista otettiin näytteitä mikrobianalyysiin. Materiaalinäytteet analysoitiin Labroc Oy:n laboratorioissa Kuopiossa suoraviljelymenetelmällä (akkreditoitu analyysimenetelmä). Laboratorion analyysivastaus on tämän raportin liitteenä.

Rakennusmateriaalien asbesti- ja PAH-analyysit

Rakenneavauksista esiin tulleista rakennusmateriaaleista otettiin näytteitä asbesti- ja PAH-analyysiin. Asbesti- ja PAH-materiaalinäytteet analysoitiin Labroc Oy:n laboratorioissa Oulussa ja Tampereella. Laboratorion analyysivastaus on tämän raportin liitteenä.

Rakenteiden ilmatiivistarkastelut

Rakenteiden ilmatiivyyttä tutkittiin aistinvaraisesti, lämpökuvauksella ja merkkiainekokeiden avulla. Merkkiainekokeet tehtiin syöttämällä merkkiainekaasua (95 % typpeä ja 5 % vetyä) rakenteisiin ja paikallistamalla vuotokohdat merkkiainekaasuun reagoivalla vuodonilmaisimella. Tutkimushetkellä tilat olivat käyttötilanteessa alipaineisia, joten merkkiainekokeet suoritettiin käytönaikaisissa painesuhteissa. Havaitut ilmavuotoreitit luokiteltiin RT 14-11197 -ohjekorttia soveltaen joko pistemäisiksi, vähäisiksi tai merkittäviksi. Tutkimusten yhteydessä tehdystä lämpökuvauksesta on laadittu erillinen raportti.

Paine-erojen ja sisäilman olosuhteiden seurantamittaukset

Sisäilman ja ulkoilman välisiä paine-eroja sekä sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteuspitoisuutta ja hiilidioksidipitoisuutta mitattiin seurantamittalaitteiden avulla noin kahden viikon mittausjaksojen ajan. Mittaustulokset on esitetty tämän raportin liitteissä.

Kuitunäytteet tasopintojen pöylaskeumasta

Tasopinnoille kahden viikon aikana laskeutuneesta huonepölystä otettiin geeliteippimenetelmällä näytteitä kuituanalyysiin. Kuitunäytteet analysoitiin Labroc Oy:n laboratorioissa Kuopiossa. Laboratorion analyysivastaus on tämän raportin liitteenä.

4. RAKENNETEKNISTEN TUTKIMUSTEN TULOKSET

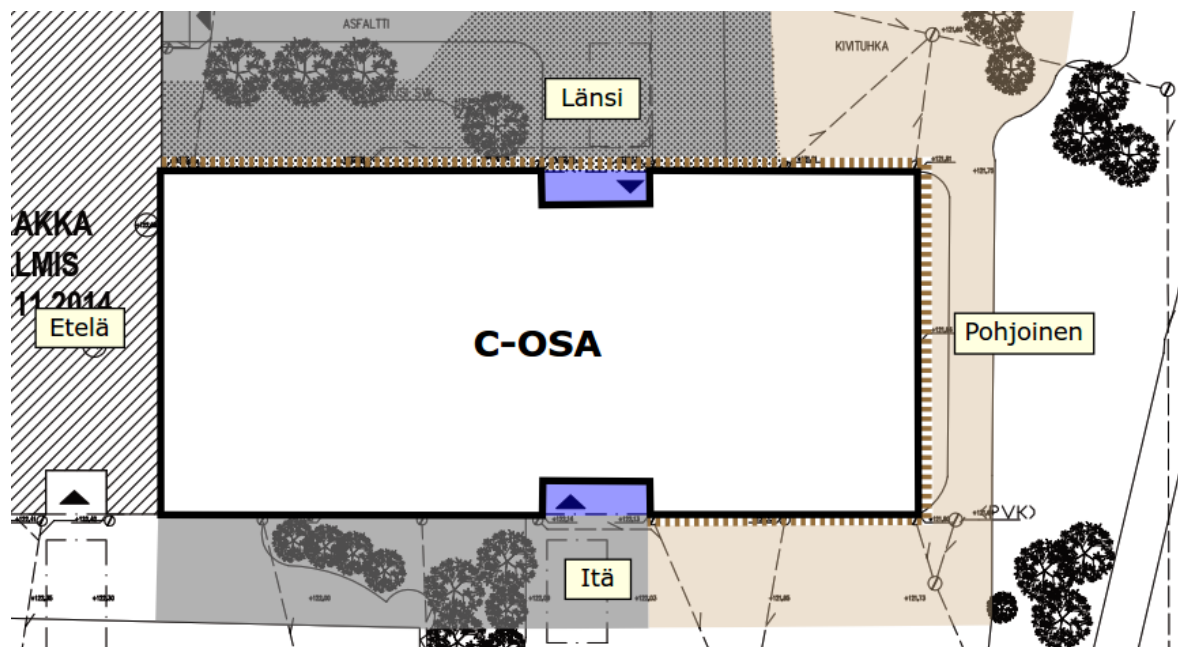
Noudatetaan:

- Asumisterveysasetus (545/2015)
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (osa III ja IV, 8/2016)
- Voimassa olevat Ympäristöministeriön asetukset rakenteiden lujuudesta ja vakaudesta, paloturvallisuudesta ja terveellisyydestä
- Suomen rakentamismääräyskokoelman B-, C- ja E-osat (lujuus, eristykset ja rakenteellinen paloturvallisuus), rakentamisen aikana voimassa olleita
- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016
- Työterveyslaitoksen viitearvot
- Työterveyslaitoksen laboratorion näytteenotto- ja käsittelyohje
- Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos 2017

4.1 Aluerakenteet, piha-alueet ja vedenpoistojärjestelmät

4.1.1 Rakenne

Rakennuksen C-osa sijoittuu tasamaalle, eikä C-osassa ole maanalaisia kerroksia. Koulurakennuksen tontti rajautuu eteläsivultaan Urheilukujaan ja länsisivultaan Koulupolkuun. Rakennuksen C-osa itsessään rajautuu pääosin asfalttiin, kivetysalueisiin sekä kiviainekseen. Piha-alueiden käyttöpintoja on havainnollistettu alla olevassa kuvassa. Rakennuksen vesikaton vedenpoisto on järjestetty erillisten sadevesikourujen ja nurkka-alueilla olevien syöksytorvien avulla sadevesikaivoihin.



Kuva 2. Ote asemapiirroksista (A-Insinöörit, 9.5.2014), johon on havainnollistettu piha-alueet seuraavasti: asfaltti harmaalla, kiviaines ruskealla ja kivetys sinisellä.

4.1.2 Havainnot ja mittaustulokset, kenttätutkimus

Piha-alueiden kallistukset ovat kaikkialla rakennuksen ympärillä melko vähäisiä, mutta maanpinta viettää pääsääntöisesti loivasti rakennuksesta pois päin. Rakennuksen C-osan itäisivulla asfaltti rajautuu suoraan sokkelirakenteeseen kiinni, mutta muualla C-osan ympärillä käyttöpinnat on erotettu sokkelirakenteesta erillisellä kapillaarikatkosepelillä. C-osan sokkeleiden ulkopuoliset rakenteet ovat aistinvaraisten havaintojen perusteella kahdelta eri aikakaudelta: pohjoispäädyssä sokkeleiden ulkopuoliset rakenteet ovat vanhempia, todennäköisesti alkuperäisiä 1990-luvulta ja muilla julkisivuilla vierusrakenteita on osittain uusittu todennäköisesti vuoden 2005 korjausten yhteydessä.

Sokkelin ulkopinnassa havaittiin lähes koko C-osan ympärillä perusmuurilevytys, joka on nostettu maanpinnan yläpuolelle ja kiinnitetty sokkeliin erillisellä kiinnityslistalla. Perusmuurilevytysten liitoksissa havaittiin paikallisia puutteita, sillä osittain perusmuurilevytys on irronnut kiinnityslistan alta. Rakennuksen vierustalle tehtyjen koekuoppien perusteella sokkelin ulkopinnassa on uusittu alueella bitumikermi ja perusmuurilevytys on asennettu ainoastaan sokkelin ja maanpinnan liitokseen. Koekuopista havaittiin lisäksi, että maatäyttö on ainoastaan maanpinnan tasolla kapillaarikatkosepeliä, mutta syvemmillä maatäyttö on hienojakoisempaa. Aistinvaraisten havaintojen perusteella rakennuksen vierusrakenteisiin ja salaojitukseen ei ole sisäänkäyntien kohdille kohdistettu muutostoimenpiteitä, koska asfalttipinta on selkeästi vanhempaa kuin muualla rakennuksen vierustalla.

C-osan pohjoispäädyn vanhemmalla alueella sokkelin ulkopinnassa on uusittu alueen tavoin bitumikermi, mutta maanpinnan ja sokkelin liitoksessa ei ole perusmuurilevytystä. Päädyn kohdalla bitumikermi on irronnut monin paikoin alustastaan, eikä kermin ja sokkelin liitos näin ollen ole tiivis. Vierustäyttö on toteutettu pohjoispäädyssä hienoainesta sisältävällä sepelillä. Lisäksi sokkelin ulkopuolinen EPS-lämmöneristys on päädyssä näkyvillä. Vierustalle tehdyistä koekuopista kaikilla rakennuksen sivuilla havaittiin routaeristys, joka sijaitsee havaintojen perusteella oikeassa korkoosessa.

Vesikaton kattovedet ohjataan syöksytorvien avulla rakennuksen vierustalla oleviin sadevesikaivoihin. Sadevesikaivot havaittiin kaikkien syöksytorvien alapuolella, mutta osittain suppilokaivot olivat kääntyneet siten, että vettä pääsee ohjautumaan myös sadevesikaivon ohi sokkelin vierustalle. Rakennuksen ympärillä on käytetty kahdenlaisia sadevesikaivoja, osittain vedet ohjataan muovisiin suppilokaivoihin, mutta osittain syöksytorvien alla on laakeat, valurautaiset sadevesikaivot. Länsisivulla yksittäisen syöksytorven liitososissa havaittiin tiiviyspuutteita, sillä vesi pääsee valumaan syöksytorven osien liitoksista ikkunan vesipellitykselle ja sokkelin ulkopinnalle. Vedenpoistojärjestelmässä havaittiin räystäskouruissa sulanapitokaapelit, mutta kaapelit eivät ulotu syöksytorvien alaosiin ja sadevesikaivoihin asti. Sulanapitokaapelien puuttuminen mahdollistaa vedenpoistojärjestelmän jäätyneen talviaikaan piha-alueen osalta.

Salaojakaivoihin tehtyjen tarkastusten perusteella salaojajärjestelmiä on rakennuksen ympärillä osittain uusittu, mutta järjestelmässä havaittiin paikoin myös vanhempia osuuksia. Korkeusasemaltaan salaojaputkisto sijoittuu lattiatason alapuolelle. Havaintojen perusteella salaojaputket sijaitsevat kaivojen vedenpinnan tason yläpuolella ja suurimmaksi osaksi kaivot olivat tyhjiä. Tämä viittaa siihen, että vesi pääsee kulkemaan putkistossa. Erityisesti vanhemmalla osalla putkistossa saattaa silti olla painumia tai muodonmuutoksia, joita ei ole mahdollista havaita kaivojen kautta tarkastelemalla. Tämän vuoksi salaojajärjestelmälle suositellaan sisäpuolista videokuvausta.



Kuva 3. Yleiskuvaa C-osan itäjulkisivulta. Maanpinnan kallistukset ovat loivat, mutta viettävät kaikkialla rakennuksesta poispäin.



Kuva 4. Sadevedet ohjataan syöksytorvien avulla sadevesikaivoihin. Sadevesikaivoja havaittiin kaikkien syöksytorvien alapuolella, mutta osittain sadevesikaivot ovat valurautaisia, laakeita kaivoja suppilokaivojen sijasta.



Kuva 5. Salaojien ja sokkelin ulkopuolisten korjausten yhteydessä sisäänkäyntien kohdat on jätetty korjaamatta punaisella esitetyltä alueelta. Kuva rakennuksen itäsivulta.



Kuva 6. Lähikuvaa uusitun ja vanhemman alueen rajapinnasta sisäänkäyntikatosten kohdalta. Sisäänkäynnin kohdalla asfaltti on vanhempaa.



Kuva 7. Myös pohjoissivulla rakennuksen vierustat on sisäänkäyntien kohdalla jätetty korjaamatta.



Kuva 8. Pohjois- ja itäjulkisivujen ulkonurkka. Pohjoispäädyn ulkopuoliset rakenteet ovat vanhempia kuin muualla. Nurkassa suppilokaivo on kääntynyt siten, että kattovesiä ohjautuu osittain myös sokkelin vierustalle.



Kuva 9. Rakennuksen pohjoispäädystä sokkelin vedeneristeenä on vanha bitumikermi eikä liitoksessa ole muiden julkisivujen tavoin perusmuurilevytystä. Bitumikermin liitos betonirakenteeseen ei ole tiivis.



Kuva 10. Rakennuksen pohjoispäädystä maa-aines on hienojakoista hiekkaa. Koekuopan perusteella sokkelin vierustalla on vaakasuuntainen routaeristys.



Kuva 11. Länsisivulla yksittäisen syöksytorven liitososat vuotavat siten, että vettä pääsee ohjautumaan ikkunan vesipellitykselle sekä sokkelin ulkopinnalle.



Kuva 12. Uusitulla alueella sokkelin ulkopinnassa on kermi, joka jatkuu maanpinnan alapuolella. Sokkelin ulkopintaan on asennettu perusmuurilevytys maanpinnan ja sokkelin liitokseen. Maa-aines on pintaosissa karkeajakoista, mutta syvemmällä hienojakoista.



Kuva 13. Perusmuurilevytys on yksittäisten saumojen kohdilla auennut kiinnityslistan alta.



Kuva 14. Rakennuksen salaojitus on osittain uusittu (harmaat putket) ja osittain vanhempaa (valkoiset putket). Valokuva on otettu pohjois- ja itäjulkisivun nurkasta.

4.1.3 Johtopäätökset

Rakennuksen C-osaa ympäröivien alueiden käyttöpinnat vaihtelevat asfaltin, kiviaineksen ja kiveytyksen välillä. Piha-alueet on muotoiltu rakennuksesta pois päin.

Rakennuksen alue- ja kuivatusjärjestelmissä havaittiin yksittäisiä tekijöitä, jotka voivat lisätä sokkelirakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Rakennuksen vierustäytöt on toteutettu pintaosista sepelillä, mutta syvemmällä maa-aines on hienojakoista. Hienojakoinen maa-aines osaltaan mahdollistaa kosteuden kapillaarisen siirtymisen, mutta sokkelin ulkopinnassa oleva bitumikermi-vedeneristys kuitenkin hidastaa kosteusliikkeitä. Pohjoispäädystä sekä sisäänkäyntien kohdilla vierusrakenteet ovat vanhempia kuin muualla rakennuksen vierustalla. Riskipaikkoina toimivat paikallisesti lisäksi pohjoispäädyn epätiivis bitumikermin ja sokkelin liitos sekä muilla julkisivuille auenneet perusmuurilevytysten liitokset ja vääntyneet suppilokaivot.

Lähtötietojen perusteella salaojitus on uusittu suurimmalta osalta vuoden 2005 korjausten yhteydessä, mutta havaintojen perusteella salaojitus on osittain vanhempaa. Salaojituksen kunnosta ei ole tarkkaa tietoa, minkä vuoksi salaojituksen kunto on suositeltavaa varmentaa kuvauksella. Kattovesien poisohjaus on toteutettu asianmukaisesti suoraan sadevesikaivoihin. Yksittäisissä syöksytorvissa ja sadevesikaivoissa havaittiin sellaisia puutteita, minkä vuoksi vettä pääsee ohjautumaan paikallisesti sokkelin vierustalle.

Kokonaisuudessaan johtopäätöksenä voidaan todeta, että rakennuksen vierusrakenteita ja salaojitusta on uusittu eri aikoina eri laajuisesti, minkä vuoksi niiden tekniset käyttöiät ja kunto vaihtelevat. Vierusrakenteissa on paikallisia riskitekijöitä, jotka lisäävät rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Tutkimuksissa ei kuitenkaan havaittu viitteitä kosteuden siirtymisestä rakenteisiin, joten piha-alueen korjauksia suositellaan pääosin tehtävän seuraavan peruskorjauksen yhteydessä.

4.1.4 Toimenpide-ehdotukset

4.1.4.1 Lisätutkimukset

- Koko salaojajärjestelmä tulee kuvantaa sisäpuolisella videokuvauksjärjestelmällä. Kuvauksen yhteydessä tulee selvittää, miten salaojien purku on toteutettu, ja onko salaojien kookajakaivoon asennettu järjestelmän tulvimisen estävä padotusventtiili.
- Kuvauksen yhteydessä tulee myös selvittää salaojien ja salaojakaivojen korkoasema suhteessa anturalinjaan.

4.1.4.2 Huoltotoimenpiteet

- Yksittäisten peitelistojen alta irronneiden perusmuurilevytysten kiinnitys.
- Yksittäisen vuotavan syöksytorven korjaaminen tai uusiminen.
- Suppilokaivojen kiinnittäminen niin, etteivät ne pääse liikkumaan lumen aurauksen tai ruohonleikkuun yhteydessä.

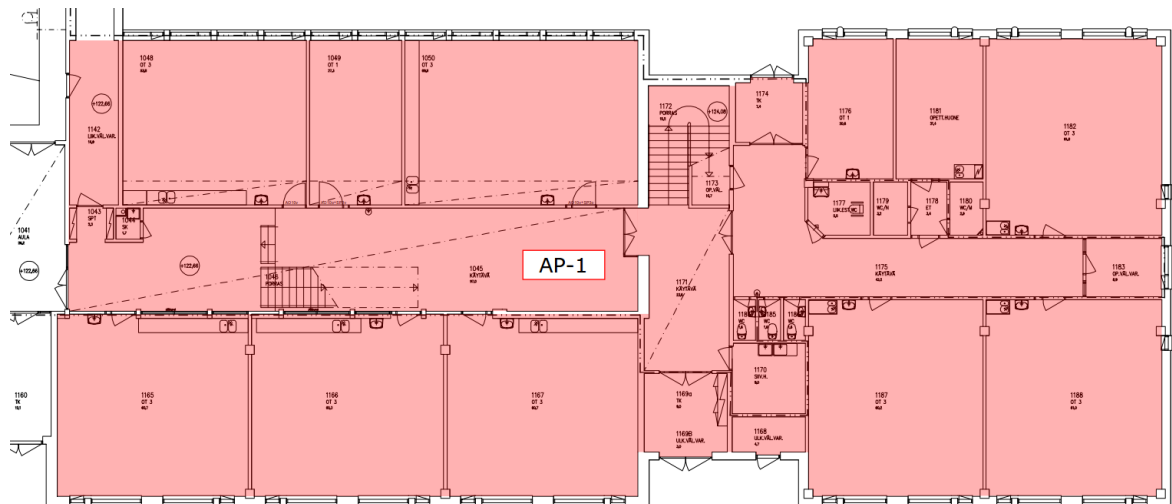
4.1.4.3 Perusparannuksen yhteydessä tehtävät toimenpiteet

- Seuraavan peruskorjauksen yhteydessä suositellaan sokkeleiden vierusrakenteiden korjaamista kauttaaltaan siten, että vierusrakenteet ovat kaikki samalta aikakaudelta. Käytännössä tämä tarkoittaa salaojituksen sekä vierustäyttöjen uusimista. Vähintään suositellaan pohjoispäädyn sokkelin ulkopuolisten rakenteiden (bitumikermi, EPS-lämmöneriste ja vierustäyttö) uusimista muiden julkisivujen sokkeleiden ulkopuolisia rakenteita vastaavaksi.

4.2 Alapohja

4.2.1 Rakenne

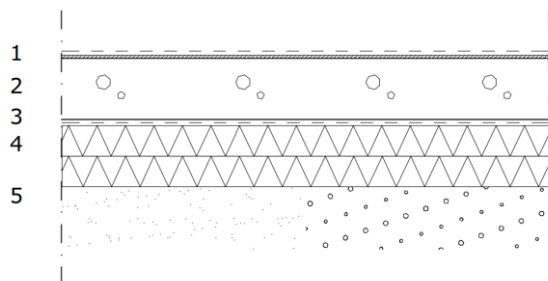
Rakennus koostuu yhdestä alapohjarakennetyypistä. Alla on esitetty rakennetyypin sijainnit sekä rakenneteknisten tutkimusten perusteella todettu rakennetyypi.



Kuva 15. Rakennuksen ensimmäisen kerroksen pohjapiirustus, jossa on esitetty alapohjarakenteen sijainnit.

Rakennetyypi AP-1

EPS-lämmöneristeinen alapohja



- | | | |
|----|--------------|---|
| 1. | 2...4 mm | Muovimatto /
Käytävällä muovilaatta
+ tasoite |
| 2. | 80...120 mm | Betoni-laatta |
| 3. | -- mm | Valupaperi / tervapaperi |
| 4. | 100...150 mm | EPS-lämmöneriste |
| 5. | -- mm | Maatäyttö, hiekka (laajennus)
/ kiviaines (alkup. osa) |

4.2.2 Havainnot asiakirjoista, lähtötiedot

Lähtötietojen mukaan alkuperäisen osan alapohjana on alun perin ollut kerroksellinen rakenne, jossa kahden betoni-laatan välissä on ollut orgaaninen lämmöneriste. Alkuperäisen osan alapohjat on uusittu vuoden 2005 korjausten yhteydessä vastaavanlaisiksi maanvaraisiksi, alapuolelta lämmöneristetyiksi rakenteiksi kuin vuonna 1991 rakennetun laajennusosan alapohjarakenteet ovat. Alapohjan rakenneliitoksia on muutossuunnitelmien mukaan tiivistyskorjattu vuonna 2014.

4.2.3 Havainnot ja mittaustulokset, kenttätutkimus

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Rakennuksen alapohjia AP-1 tarkasteltiin aistinvaraisesti ja rakenneavauksin. Pintamateriaalien aistinvaraiset havainnot on esitetty luvussa *4.6 Väliseinät ja pintarakenteet*. Alapohjaan AP-1 tehtiin yhteensä 6 kpl rakenneavauksia, joiden avulla tarkastettiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin rakenteen kosteusteknistä toimivuutta.

Rakenneavausten perusteella alapohjarakenne on koko C-osassa toteutettu maanvaraisena, alapuolelta EPS-lämmöneristettynä rakenteena. Rakenneavausten perusteella alapohjarakenteet on toteutettu pääosin alkuperäisten ja muutosrakennesuunnitelmien mukaisesti. Alapohjarakenne on alkuperäisellä osalla uusittu kauttaaltaan vuonna 2005 siten, että myös maatyttö on vaihdettu kapillaarikatkokiviainekseksi. Käytävän kohdalle tehdystä rakenneavauksesta (RA-AP 2) havaittiin voimakasta mikrobiperäistä hajua, joka on lähtöisin rakenneavauksen kohdalla havaituista alkuperäisen alapohjarakenteen lastusementtieristejämmistä. Laajennusosalla alapohjarakenne on alkuperäinen ja tällä kohdalla maatyttö on hienoa hiekkaa. Hiekkatytön havaittiin olevan paikoitellen kosteaa. Vanhoissa suunnitelmissa alkuperäisen osan luokkatilojen 1048, 1049 ja 1050 keskellä on esitetty kulkevan putkikanaali. Rakenneavauksista putkikanaalia ei havaittu, joten kanaali on poistettu todennäköisesti alapohjan uusimisen yhteydessä vuonna 2005.

Rakenneavausten perusteella alapohjan rakenneliitoksia on tiivistyskorjattu Ardex 8+9-menelmällä. Tiivistyskäsittely havaittiin alkuperäisen osan ja laajennusosan alapohjan ja pystyrakenteiden liitoksissa luokkatilojen kohdilla sekä käytävällä 1045. Laajennusosan käytävien 1175 ja 1171 sekä porrashuoneiden alapohjan liitosrakenteita ei havaintojen perusteella ole tiivistyskorjattu.

Muutossuunnitelmien (A-Insinöörit 9.5.2014) mukaan alkuperäisen osan ja laajennusosan välisen vanhan ulkoseinän liitosrakenteeseen on kohdistettu korjaustoimenpiteitä vuoden 2014 korjausten yhteydessä. Vuoden 2014 korjauksissa vanha ulkoseinärakenne on purettu siten, että väliseinäksi on jätetty vanhan ulkoseinän tiilimuurattu sisäkuori. Samassa yhteydessä sokkelirakenteeseen on kohdistettu korjaustoimenpiteitä. Liitosrakenteeseen tehdyn rakenneavauksen perusteella sokkelirakenteen korjaustoimenpiteitä ei ole täysin toteutettu muutossuunnitelmien mukaisesti. Muutossuunnitelmista poiketen vanhan ulkoseinän sokkelirakenne on katkaistu laajennusosan alapohjarakenteen EPS-lämmöneristeen alapinnasta ja liitokseen on valettu suunnitelmissa esitettyä paksumpi betonivalu. Ennen uutta betonivalua liitosrakenteeseen on asennettu suunnitelmissa esitetty vedeneristys, mutta vedeneristys on asennettu suunnitelmiin nähden eri kohtaan. Toteutustapaa on havainnollistettu alla olevissa kuvissa 18 ja 19.

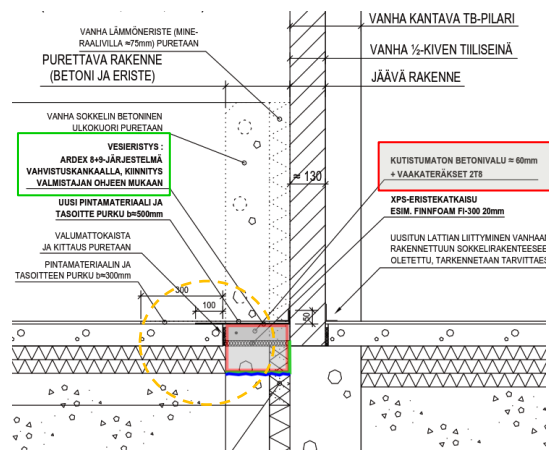
Merkkiainekokeiden yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella uusitun alapohjan eli alkuperäisen osan alapohjan kapillaarikatkokerrokseen on asennettu alapohjan uusimisen yhteydessä vuonna 2005 radonputkisto ja koneellinen alipaineistus, koska merkkiainekaasu kulkeutui merkkiainekokeiden yhteydessä nopeasti kaasunlaskupisteestä pois päin. Lisäksi hetkellisissä paine-eromittauksissa todettiin, että maatyttö on alipaineinen sisäilmaan nähden, mikä viittaa alustäytön koneelliseen alipaineistukseen.



Kuva 16. Rakenneavaus AP-3 alkuperäiseen osaan ulkoseinälinjalle. Alkuperäisen osan alapohja on uusittu maatayttyä myöten vuonna 2005. Samassa yhteydessä alapohjaliitokset on tiivistyskorjattu.



Kuva 17. Rakenneavaus AP-2 Käytävän 1045 alkuperäisen osan väliseinälinjalle. Alapohjan ja väliseinän liittymä on tiivistyskorjattu.



Kuva 18. Rakenneleikkaus (A-Insinöörit, 9.5. 2014) laajennusosan ja alkuperäisen osan liituskohdasta. Rakenneavaus (RA-AP 4) tehtiin ympäröidylle kohdalle. Rakenneleikkaukseen on hahmoteltu sinisellä todellinen betonisokkelin katkaisukohta, vihreällä vesieristysten sijainti ja punaisella laatikolla betonivalun koko.



Kuva 19. Rakenneavaus RA-AP 4. Vanhan ulkoseinän sokkelin ja betonivalun välissä ei havaittu suunnitelmassa esitettyä XPS-eristekatkaisua. Lisäksi liitoksessa olevaa tiivistyskäsittelyä on asennettu betonivalukaistan alapuolelle, eikä valun yläpintaan. Tiivistyskäsittelyä ei myöskään ole ulotettu alapohjalaatalle. Tiivistyskäsittelyn sijainti osoitettu vihreällä nuolella.

Rakennusmateriaalien PAH-analyysit

EPS-lämmöneristetyin alapohjan käytävän kohdalla olevasta tervapaperista otettiin näyte PAH-analyysiin. PAH-analyysin tulos on esitetty seuraavassa taulukossa. Analyysivastaus on kokonaisuudessaan raportin liitteenä.

Taulukko 3. EPS-lämmöneristetyin alapohjan materiaalinäytteen PAH-analyysin tulokset.

Näyttenumero ja näytteenotto-kohta	Rakenne-tyyppi	Materiaali	PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus (PAH16) [mg/kg]
PAH 1 (AHA 2), RA-AP 5 1175 Käytävä	AP-1	Tervapaperi	<16

Tervapaperi ei sisällä vaarallista määrää PAH-yhdisteitä. Näytteen PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus ei ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoa (200 mg/kg).

Pintakosteuskartoitus ja kosteusmittaukset

C-osan maanvaraisen alapohjarakenteen kosteusteknistä toimivuutta tutkittiin ensin pintakosteuskartoituksen avulla. Pintakosteuskartoitus suoritettiin koko alapohjaan. Pintakosteuskartoituksessa havaittiin lievästi kohonneita pintakosteusarvoja liikuntavälinevaraston 1142, opetustilojen 1165, 1176 ja 1188 sekä käytävän 1045 lattiasa. Käytävällä 1045 kohonneita pintakosteusarvoja havaittiin lähellä väliseinälinjaa sekä portaikon vierustalla. Kohonneiden pintakosteuslukemien kohdalta alapohjan kosteusjakamaa selvitettiin viilto- ja rakennekosteusmittauksin. Viilto- ja rakennekosteusmittaustulokset on koottu alla oleviin taulukoihin.

Taulukko 4. Viiltokosteusmittausten tulokset. Viiltokosteusmittaukset toteutettiin 1.3.2023. Mittapäiden tasaantumisaika oli vähintään 15 min.

Mittauspiste ja tila	Päällyste ja alusrakenne	Lämpötila T (°C)	Suht. Kosteus RH (%)	Abs. Kost. (g/m ³)
KMV 1-AP 1142 Liikuntavälinevarasto, alkuperäinen osa <i>Sisäilma</i>	Muovimatto + betoni	14,8 16,3	73,1 32,1	9,3 4,4
KMV 2-AP 1165 Opetustila, laajennusosa <i>Sisäilma</i>	Muovimatto + betoni	19,7 20,1	76,1 26,2	13,0 4,4
KMV 3-AP 1045 Käytävä, portaiden vierusta, alkuperäinen osa <i>Sisäilma</i>	Muovimatto + betoni	19,8 16,2	73,8 32,1	12,7 4,4
KMV 4-AP 1045 Käytävä, väliseinälinja, alkuperäinen osa <i>Sisäilma</i>	Muovimatto + betoni	19,7 20,1	70,8 24,0	12,1 4,2
KMV 5-AP 1176 Opetustila, laajennusosa <i>Sisäilma</i>	Muovimatto + betoni	19,5 19,5	54,5 25,7	9,2 4,3

KMV 6-AP				
1188 Opetustila, laajennusosa	Muovimatto + betoni	19,3	76,3	12,7
<i>Sisäilma</i>		20,1	26,0	4,5

Taulukko 5. Rakennekosteusmittausten tulokset. Poikkeavat tulokset on **lihavoitu**. Porareikien valmistelut (reikien poraus, puhdistus, putkitus ja tiivistys) 1.3.2023 (KMP 1...KMP 4), 2.3.2023 (KMP 5) ja 3.3.2023 (KMP 6). Mittapäiden asennus ja mittaustulosten luku 6.3.2023. Porareikien tasaantumisaika 3-6 vrk ja mittapäiden tasaantumisaika porareii'ssä vähintään 60 min.

Mittauspiste ja tila	Mittaussyvyys (mm)	Materiaali	Lämpötila T (°C)	Suht. kosteus RH (%)	Abs. kost. (g/m³)
KMP 1-AP 1045 Käytävä, keskialue, alkuperäinen osa	30	Betoni	17,9	62,0	9,5
	60	Betoni	18,1	63,7	9,9
	<i>Sisäilma</i>	-	17,6	18,7	2,8
KMP 2-AP 1045 Käytävä, keskialue, alkuperäinen osa	30	Betoni	18,8	53,0	8,6
	60	Betoni	18,6	55,3	8,9
	<i>Sisäilma</i>	-	18,7	16,0	2,6
KMP 3-AP 1045 Käytävä, portaiden vierusta, alkuperäinen osa	30	Betoni	19,2	62,9	10,4
	60	Betoni	18,9	72,3	11,8
	<i>Sisäilma</i>	-	19,5	16,8	2,8
KMP 4-AP/MV 1045 Käytävä, portaiden vierusta, maanvastainen seinä, alkuperäinen osa	30	Betoni	18,9	50,8	8,2
	60	Betoni	18,9	61,7	10,0
	<i>Sisäilma</i>	-	18,9	14,8	2,4
KMP 5-AP 1165 Opetustila, ulkoseinälinja, laajennusosa	30	Betoni	18,9	74,6	12,1
	60	Betoni	18,5	82,9	13,1
	<i>Sisäilma</i>	-	18,9	20,2	3,3
KMP 6-AP 1188 Opetustila, ulkoseinälinja, laajennusosa	30	Betoni	19,8	68,2	11,6
	60	Betoni	19,6	69,2	11,7
	<i>Sisäilma</i>	-	19,9	16,7	2,9

Alapohjan viiltomittausten perusteella kosteudet ovat muovimaton alapinnassa tavanomaisella tasolla. Myös rakennekosteusmittausten perusteella kosteudet ovat betonilaatan pintaosissa (30 mm syvyydellä) tavanomaisia. Kosteuspitoisuus on selkeästi korkeampi syvemmillä rakenteissa ja diffuusiopaine on laajennusosan alapohjassa lievästi alkuperäistä osaa korkeampi. Suhteellinen kosteuspitoisuus on kuitenkin vain yhdessä laajennusosan mittauspisteessä lievästi koholla (KMP 5-AP). Kosteus on kuitenkin niin lievästi koholla, ettei muovimaton ja kiinnitysliiman kemiallinen tai mikrobiologinen vaurioituminen ole mahdollista. Laajennusosan kosteuspitoisuuksia on kuitenkin suositeltavaa seurata seurantamittauksin.

Ilmavuototarkastelut

Alapohjien tiivyyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti, merkkiainekokein ja lämpökuvauksella. Lämpökuvauksen tutkimustulokset on esitetty omana raporttinaan (*Lämpökuvaustraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*). Alle on koottu keskeisimmät C-osan lämpökuvauksen ilmavuotohavainnot. Merkkiainetutkimuksessa tehdyt havainnot on esitetty kootusti seuraavassa taulukossa.

Lämpökuvauksessa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa alapohjaliitosten tiiveydestä tehtiin seuraavia havaintoja:

- Lämpökuvauksessa havaittiin paikallisia ilmavuotoja alapohjien liittymissä kantaviin pystyrakenteisiin.
- Alapohjien liitokset kantaviin pystyrakenteisiin on suurimmalta osin tiivistyskorjattu. Aistinvaraisesti arvioituina alapohjien liitosten tiivistykset olivat pääosin hyvin kiinni alustassaan ja toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Yksittäisillä kohdilla, kuten opetustilan 1182 nurkassa tiivistyksen havaittiin olevan puutteellinen. Korjauslaajuuteen ei ole sisällytetty käytävän 1175 kantavien rakenteiden liitoksia (porrashuoneen ja käytävän välinen kantava seinälinja) eikä luokkatilan 1167 alapohjan ja tuulikaapin 1169 / käytävän 1171 välisen seinän liitosrakenteita.

Taulukko 6. Alapohjien AP-1 merkkiainekokeiden tulokset.

Mittauspiste ja tila	Rakennetyyppi	Kaasun-syöttöpiste	Paineero	Havainnot
MAK-AP 1 1050 Opetustila, alkuperäinen osa	AP-1	Maatäyttö	-9,5 Pa	Vähäistä ilmavuotoa alapohjan ja ulkoseinän liitoksesta. Pistemäistä ilmavuotoa vinyyli-laattojen reuna-alueilta läheltä alapohjan ja ulkoseinän liitosta.
MAK-AP 2 1045 Käytävä, alkuperäinen osa	AP-1	Maatäyttö	-10 Pa	Pistemäistä ilmavuotoa alapohjan, pilarin ja kantavan väliseinän liitoksesta.
MAK-AP 3 1167 Opetustila, laajenusosa	AP-1	Maatäyttö	-10 Pa	Merkittävää ilmavuotoa alapohjan ja jäykistävän porrashuoneen väliseinän liitoksesta. Liimattua jalkalistaa raottamalla rakenneliitoksessa havaittavissa rako. Alapohjan ja porrashuoneen väliseinän liitosta ei ole tiivistyskorjattu.



Kuva 20. Merkkiainekoe AP 1. Merkkiainekokeessa havaittiin vähäistä ilmavuotoa alapohjan ja ulkoseinän liitoksesta sekä pistemäistä ilmavuotoa vinyylilaattojen reuna-alueilta läheltä ulkoseinäliitosta.



Kuva 21. Merkkiainekoe AP 2. Merkkiainekokeessa havaittiin pistemäistä ilmavuotoa alapohjan, pilarin ja kantavan väliseinän liitoksesta.



Kuva 22. Merkkiainekoe AP 3. Merkkiainekokeessa havaittiin merkittävää ilmavuotoa alapohjan ja porrashuoneen väliseinän liitoksesta. Liitoksessa aistinvaraisesti havaittavissa rako.



Kuva 23. Lähikuva merkkiainekokeen AP 3 kohdalta. Alapohja ja porrashuoneen väliseinän liitoksessa on rako. Jäykistävän väliseinän ja alapohjan liitosta ei ole tiivistyskorjattu.

Ilmavuototarkastelun perusteella alapohjan liitosrakenteiden tiiviys vaihtelee. Tiivistyskorjatuilta alueilta havaittiin vähäisiä ja pistemäisiä ilmavuotoja. Aistinvaraisten havaintojen perusteella tiivistyskorjaukset on suoritettu suunnitelmien mukaan, mutta laajennusosan käytävän 1175 sekä tuulikaapin 1169 ja luokkatilan 1167 kantavien seinien liitosrakenteita ei ole tiivistyskorjauslaajuuteen kokonaisuudessaan sisällytetty. Tiivistyskorjaamattomalta osalta alapohjan ja jäykistävien seinien liitoksista havaittiin ilmayhteys maaperästä sisäilmaan.

4.2.4 Johtopäätökset

Rakennuksen C-osan alapohjarakenteet on toteutettu rakennetyypin AP-1 mukaisesti alapuolelta EPS-lämmöneristetyllä maanvaraisella betonilaatalla. Laajennusosalla alapohjarakenne on alkuperäiskuntoinen ja alkuperäisellä osalla alapohjarakenne on muutettu vuonna 2005 maatäyttöä myöten kerroksellisesta rakenteesta AP-1 mukaiseksi rakenteeksi. Alapohjarakenne on edelleen yleisesti käytetty ja melko vähäriskinen. Laajennusosalla alapohjan maatäyttö on kuitenkin kapillaarisesti kosteutta siirtävää hienojakoista maa-ainesta. Rakenteen kosteussisältö oli laajennusosalla

lievästi koholla, mikä vaatii seurantatoimenpiteitä, mutta ei korjaustoimenpiteitä. Alkuperäisellä osalla maatayttö on kapillaarikatkokiviainesta, joka osaltaan estää kapillaarisen kosteuden nousun maaperästä alapohjarakenteeseen. Alkuperäisellä osalla alapohjarakenteen kosteuspitoisuudet olivat tavanomaisella tasolla.

Alapohjarakenteen tiiviys sisäilman suuntaan vaihtelee. Alapohjan ja kantavien pystyrakenteiden liitoksia on tiivistyskorjattu, ja tiivistyskorjatuilla alueilla tiiviys on lähtökohtaisesti hyvä, lukuun ottamatta paikallisia alueita, joissa tiivisteaineen havaittiin olevan puutteellisesti asennettu. Tiivistyskorjauslaajuuteen ei ole sisällytetty kaikkia laajennusosan alapohjaliitoksia. Tiivistyskorjaamattomilta alueilta havaittiin maaperästä ilmayhteys sisätiloihin. Ilmavuotoja voi tapahtua erityisesti, kun sisätilat ovat alipaineisia. Laajennusosan kapillaarisesti kosteutta siirtävän alustätön sekä rakenneliittymien ilmavuotojen vuoksi laajennusosan alapohjarakennetta voidaan pitää lievästi sisäilman laatuun vaikuttavana riskitekijänä. Alkuperäisellä osalla alapohjarakenteiden vaikutus sisäilman laatuun on vähäinen.

4.2.5 Toimenpide-ehdotukset

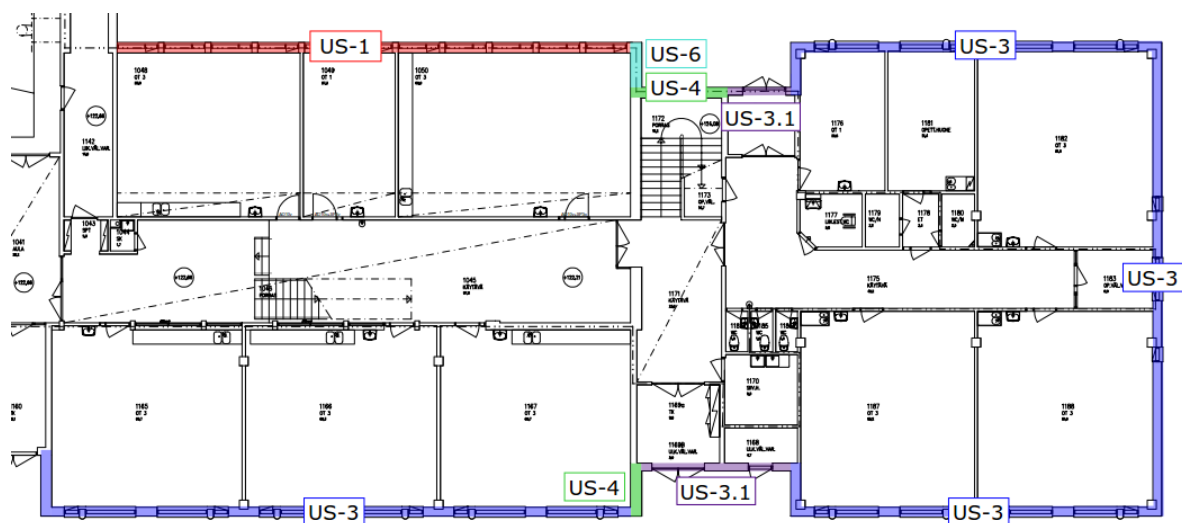
4.2.5.1 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

- Käytävän 1175, tuulikaapin 1169 ja luokkatilan 1167 alapohjan ja kantavien pystyrakenteiden liitosten tiivistyskorjaus niiltä osin, kun niitä ei vielä ole toteutettu. Tiivistyskorjaukseen tulee sisällyttää merkkiainekokein tehtävät laadunvarmistustoimenpiteet korjaustyön aikana sekä säännöllisin väliajoin korjaustyön jälkeen.
- Laajennusosan alapohjien kosteustasapainon seuranta kolmen ja viiden vuoden kuluttua. Mittaukset ovat suositeltavaa ajoittaa syksyyn, koska rakenteellinen lämpötila on tällöin alhainen ja ulkopuolinen kosteuskuormitus on suurimmillaan. Jatkotoimenpiteet määritellään seurantamittausten perusteella.

4.3 Ulkoseinät, ikkunat ja ovet

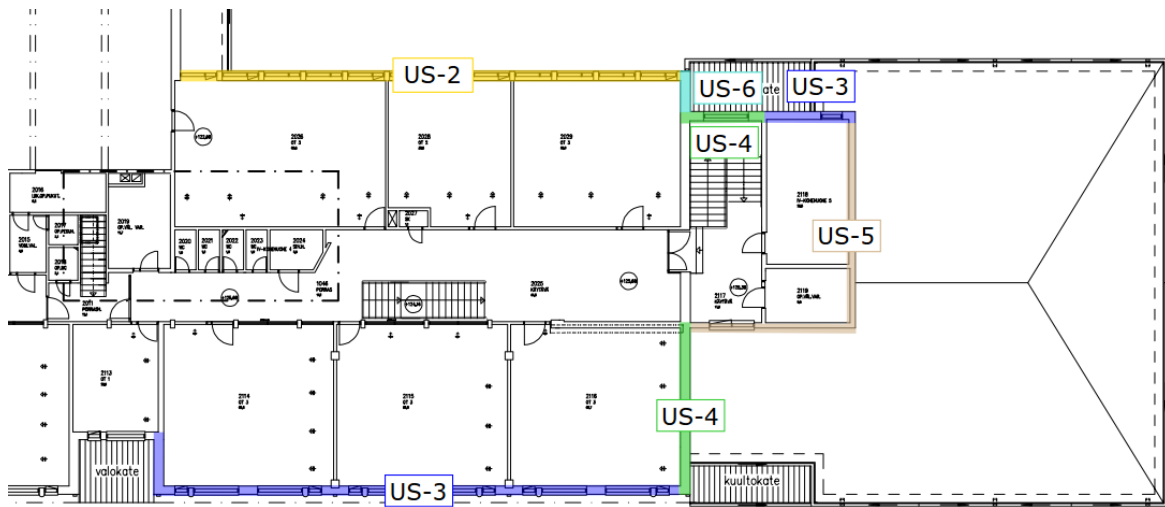
4.3.1 Rakenne

Rakennus koostuu kuudesta erilaisesta ulkoseinärakennetyypistä. Alla on esitetty rakennetyyppien sijainnit sekä rakenneteknisten tutkimusten perusteella todetut rakennetyypit.



HUOM! US-3.1 vastaava kuin US-3, mutta sisäänkäyntien kohdalla sisäpuoli levyverhoiltu

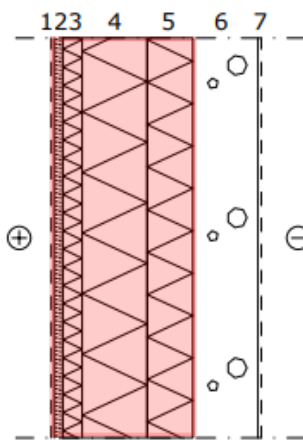
Kuva 24. C-osan ensimmäisen kerroksen pohjapiirustus, jossa on esitetty ulkoseinärakenteiden sijainnit.



Kuva 25. C-osan toisen kerroksen pohjapiirustus, jossa on esitetty ulkoseinärakenteiden sijainnit.

Rakennetyyppi US-1

Alkuperäisen osan 1. krs ulkoseinärakenne, rakenneavauksista todettu rakenne (sisältä ulospäin)

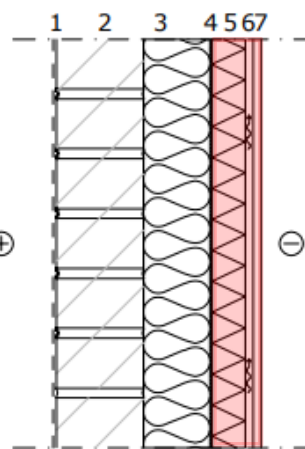


Vuonna 2014 uusittu osa esitetty punaisella.

- | | | |
|-----------|--------|-----------------------|
| 1. | -- mm | Maali |
| 2. | 13 mm | Kipsilevy |
| 3. | 30 mm | XPS-eriste |
| 4. | 100 mm | Puurunko + XPS-eriste |
| 5. | 70 mm | XPS-eriste |
| 6. | -- mm | Betoni (sokkeli) |
| 7. | -- mm | Maali |

Rakennetyyppi US-2

Alkuperäisen osan 2. krs ulkoseinärakenne, rakenneavauksista todettu rakenne (sisältä ulospäin)

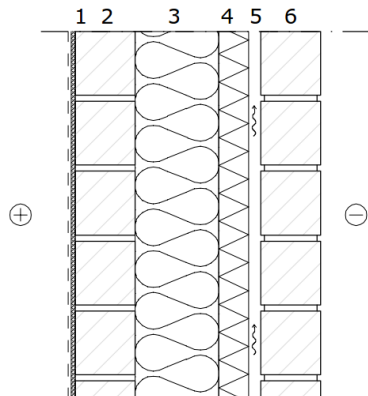


Vuonna 1991 uusittu osa esitetty punaisella.

- | | | |
|-----------|--------|--|
| 1. | 15 mm | Maali ja rappaus |
| 2. | 130 mm | Tiili |
| 3. | 100 mm | Puurunko + mineraalivilla |
| 4. | 3 mm | Puukuitulevy |
| 5. | 50 mm | Tuulensuojamineraalivilla |
| 6. | 12 mm | Puurunko / ilmapäli |
| 7. | 8 mm | Kivisirotepintainen julkisivulevyverho |

Rakennetyyppi US-3

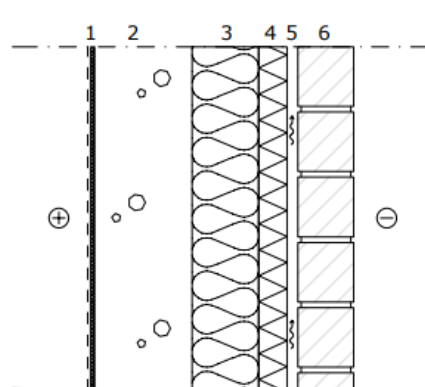
Laajennusosan kuorimuurattu ulkoseinä, rakenneavauksista todettu rakenne (sisältä ulospäin)



- | | | |
|-----------|------------|--|
| 1. | 3 mm | Maali + ruiskutasoite |
| 2. | 85 mm | Kahitiili /
US-3.1 kohdalla levyverhous |
| 3. | 130 mm | Mineraalivilla |
| 4. | 50 mm | Tuulensuojamineraalivilla |
| 5. | 20...30 mm | Ilmaväli |
| 6. | 85 mm | Kahitiili |

Rakennetyyppi US-4

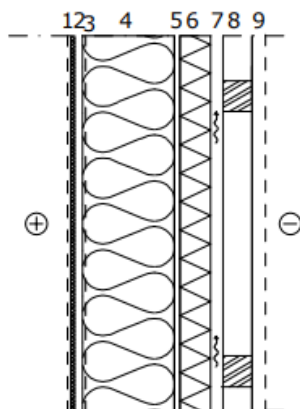
Laajennusosan jäykistävät ulkoseinät, rakenneavauksista todettu rakenne (sisältä ulospäin)



- | | | |
|-----------|--------------|---------------------------|
| 1. | 3...5 mm | Maali + ruiskutasoite |
| 2. | 175...190 mm | Betoni |
| 3. | 120...130 mm | Mineraalivilla |
| 4. | 50 mm | Tuulensuojamineraalivilla |
| 5. | 30 mm | Ilmaväli |
| 6. | 85 mm | Kahitiili |

Rakennetyyppi US-5

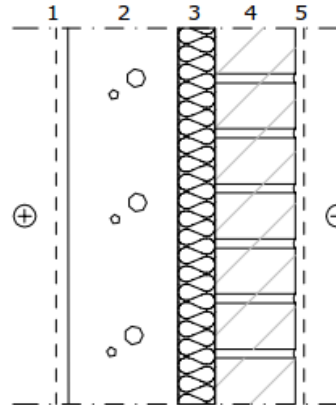
Laajennusosan peltiverhoiltu ulkoseinä, rakenneavauksista todettu rakenne (sisältä ulospäin)



- | | | |
|-----------|--------|-------------------------------|
| 1. | 2 mm | Maali + tasoite |
| 2. | 13 mm | Kuitusementtilevy |
| 3. | -- mm | Höyrynsulkumuovi |
| 4. | 150 mm | Metallirunko + mineraalivilla |
| 5. | 9 mm | Kuitusementtilevy |
| 6. | 50 mm | Tuulensuojamineraalivilla |
| 7. | 20 mm | Ilmaväli / Pystykoolaus |
| 8. | -- mm | Vaakakoolaus |
| 9. | -- mm | Poimupeltiverhous |

Rakennetyyppi US-6

Alkuperäisen osan päädyn ulkoseinä, rakenneavauksista todettu rakenne (sisältä ulospäin)



- | | | |
|-----------|--------|------------------|
| 1. | 20 mm | Maali ja rappaus |
| 2. | 180 mm | Betoni |
| 3. | 60 mm | Mineraalivilla |
| 4. | 130 mm | Tiili |
| 5. | -- mm | Rappaus ja maali |

4.3.2 Havainnot asiakirjoista, lähtötiedot

- Alkuperäisen osan 1. kerroksen ulkoseinien alaosat on uusittu vuonna 2014 siten, että ulkoseinän vanha sisäpinnan tiilimuuraus sekä lämmöneristeet on purettu ja korvattu XPS-eristeellä sekä sisäverhouslevyllä. Samassa yhteydessä alapohjan ja ulkoseinän liitos on tiivistyskorjattu.
- Ulkoseinän liitoksia alapohjaan, pilareihin sekä ikkuna- ja oviliittyimiin on tiivistyskorjattu vuonna 2014.
- Laajennusosan rakentamisen yhteydessä vuonna 1991 alkuperäisen osan ulkoseinien asbestijulkisivulevyt on purettu, seinän ulkopintaan on asennettu 50 mm tuulensuojamineraalivilla, puurunko sekä kivisirotepintainen julkisivuverhouslevy.

4.3.3 Havainnot ja mittaustulokset, kenttätutkimus

4.3.3.1 Alkuperäisen osan ulkoseinät, US-1 ja US-2

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Ensimmäisen kerroksen ulkoseinät (US-1)

Alkuperäisen osan ensimmäisen kerroksen ulkoseinien kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti ja rakenneavauksin. Rakennuksen länsisivulla (takapihan puoli) ulkoseinärakenne on rakennuksen molemmissa kerroksissa toteutettu alun perin US-2 mukaisena rakenteena. Ensimmäisen kerroksen ulkoseiniin on kuitenkin kohdistettu vuonna 2014 uusivia korjaustoimenpiteitä, minkä vuoksi rakenne on tältä esitetty omana rakennetyypinään ja kokonaisuutenaan. Korjattuun ulkoseinäosaan tehtiin yhteensä 3 kpl rakenneavauksia, joiden avulla tarkastettiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Pintamateriaalien aistinvaraiset havainnot on esitetty luvussa 4.5 *Väliseinät ja pintarakenteet*.

Rakenneavausten perusteella ulkoseinän alaosa (sokkelirakenne) on toteutettu XPS-eristeellä eristettynä ja levyverhoiltuna rakenteena. Rakenne on toteutettu vuoden 2014 muutossuunnitelmien mukaisesti eli ikkunoiden alapuoliset runkorakenteet, mineraalivillaeristeet ja tiilimuuraus on purettu ja korvattu paremmin kosteutta kestäväillä rakennusmateriaaleilla. Ulkoseinän puurunko ulottuu noin 150 mm valmiin lattiapinnan alapuolelle eli lähelle maanpinnan tasoa. Seinärakenne on toisin sanoen toteutettu niin kutsutulla valesokkelirakenteella. Seinän alaosan uusimisen yhteydessä betonisen sokkelirakenteen ja puurungon väliin on asennettu Ardex 8+9 vedeneristys muutossuunnitelmien mukaisesti. Seinärungon alaohjauspuuta poistettiin rakenneavausten yhteydessä alaohjauspuun kunnon selvittämiseksi. Vaurioitumista tarkasteltiin aistinvaraisesti, kosteusmittauksin ja mikrobinäyttein. Rakenneavausten yhteydessä seinän alaosissa ei havaittu kosteusjälkiä tai muuta vaurioon viittaavia tekijöitä. Rakenneavausten kohdilla alaohjauspuun kosteuspitoisuudet vaihtelivat piikkimittauksissa välillä 8,9...11,3 p-%. Mittausten perusteella alaohjauspuun kosteus-pitoisuudet ovat tavanomaisella tasolla. On kuitenkin otettava huomioon, että tutkimukset tehtiin talviaikaan, jolloin rakenteisiin kohdistuva kosteusrasitus on vähäisintä.

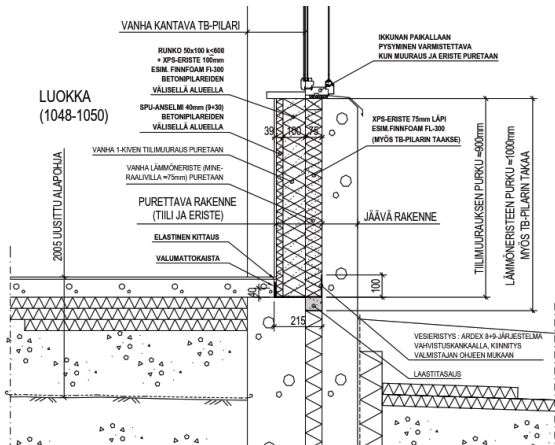
Ulkoseinän yläosat ikkunoiden kohdilla eli ikkunanauharakenteet on toteutettu alaosasta poikkeavalla mineraalivillalla eristetyllä rankarakenteella. Ikkunanauharakenteessa on julkisivuverhouksen ja tuulensuojamineraalivillan välissä tuuletusrako ja sisäpinnassa kipsilevyn taustalla höyrynsulkumuovi. Tuuletusraon yläosaan on kuitenkin asennettu erillinen vaakakoolaus, joka osaltaan heikentää ulkoseinän tuulettuvuutta. Höyrynsulkumuovin asennustavassa havaittiin ajalle tyypilliseen tapaan tiiviyspuutteita. Ikkunanauharakenteissa ei aistinvaraisesti kuitenkaan havaittu viitteitä vaurioista. Ikkunoista tehdyt havainnot on esitetty luvussa 4.3.3.5 *Ikkuna, ovet ja niiden liitosrakenteet*.



Kuva 26. Yleiskuva julkisivultaan levyverhoiluista ulkoseinästä. Rakennetyyppi US-1 käsittää 1. kerroksen ulkoseinän alaosan.



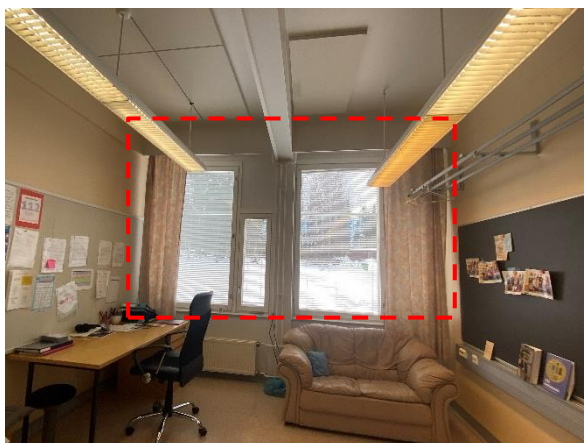
Kuva 27. Yleiskuva uusitusta ulkoseinän alaosasta US-1.



Kuva 28. Rakenneleikkaus seinän alaosa (A-Insinöörit 9.5.2014) rakennevauksen RA-US 8 kohdalta.



Kuva 29. Rakennevaus RA-US 8. Seinän alaosa on toteutettu muutossuunnitelmien mukaan ja liitos on tiivistyskorjattu.



Kuva 30. Yleiskuva luokkatilasta 1049. Alkuperäisen osan ensimmäisen kerroksen ikkunanauharakenteet on toteutettu sisäosistaan levyverhoiluina.



Kuva 31. Rakenneavaus RA-US 3. Ikkunanauharakenteen yläosaan on asennettu vaakakoolaus siten, että se osaltaan heikentää ulkoseinän tuulettuvuutta (punainen nuoli). Rakenteessa ei havaittu viitteitä vaurioista.

Toisen kerroksen ulkoseinä (US-2)

Alkuperäisen osan toisen kerroksen ulkoseinien kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti ja rakenneavauksin. Toisen kerroksen ulkoseinään tehtiin yhteensä 3 kpl rakenneavauksia, joiden avulla tarkastettiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Pintamateriaalien aistinvaraiset havainnot on esitetty luvussa 4.5 *Väliseinät ja pintarakenteet*.

Rakenneavausten perusteella ulkoseinän ikkunan alapuolinen osa on toteutettu sisäkuoreltaan tiiliverhoiltuna rakenteena, jossa on eristeenä mineraalivilla. Ulkoseinärakenne pääsee tuulettumaan julkisivuverhouksen ja tuulensuojamineraalivillan välissä olevasta ilmaraosta. Ikkunan ja ulkoseinän liitoksessa on tiiliverhouksen takana puukuitulevy, jossa havaittiin kosteusjälkiä. Muulta osin ulkoseinärakenteessa ei aistinvaraisesti havaittu viitteitä vaurioista.

Ulkoseinän yläosat ikkunoiden kohdilla eli ikkunanauharakenteet on toteutettu alaosasta poikkeavalla sisäpinnaltaan levyverhoillulla ja mineraalivillalla eristetyllä rankarakenteella. Ikkunanauharakenteeseen tehdyn rakenneavauksen (RA-US 6) perusteella seinän yläosat on toteutettu ilman erillistä höyrystä. Ulkoseinärakenteessa on julkisivuverhouksen ja tuulensuojamineraalivillan välissä ilmarako. Ilmaraon yläosaan on asennettu erillinen vaakakoolaus, joka osaltaan kuitenkin heikentää ulkoseinän tuulettuvuutta. Ikkunanauharakenteen ja pilarin liitoksessa havaittiin vanhoja pellavarive-eristejämiä. Ulkoseinän mineraalivillaeristeessä havaittiin voimakkaan ilmavuodon aiheuttamaa tummentumaa, mutta kosteusjälkiä tai muita viitteitä vaurioista ulkoseinissä ei tutkimushetkellä havaittu. Ikkunoista tehdyt havainnot on esitetty luvussa 4.3.3.4 *Ikkuna, ovet ja niiden liitosrakenteet*.



Kuva 32. Yleiskuva julkisivultaan levyverhoillusta ulkoseinästä. Rakennetyyppi US-2 käsittää 2. kerroksen ulkoseinän alaosan.



Kuva 33. Rakenneavaus US-5 ikkunan alapuolelle. Ulkoseinän ja ikkunan liitoksessa on erillinen puukuitulevy, jonka pinnassa havaittiin kosteusjälkiä (punainen nuoli).



Kuva 34. Toisen kerroksen alkuperäisen osan ikkunauharakenteet on toteutettu sisäosistaan levyverhoiltuina. Kuva luokkatilasta 2028.



Kuva 35. Rakenneavaus RA-US 6 ikkunauharakenteeseen. Seinärakenne on toteutettu ilman höyrynsulkua.

Rakennusmateriaalien mikrobinalyysit

Alkuperäisen osan 1. kerroksen ulkoseinästä otettiin yhteensä 7 kpl materiaalinäytteitä mikrobianaalyysejä varten. Alla olevassa taulukossa on esitetty suoraviljelyllä tehtyjen mikrobianaalyyseiden tulokset. Poikkeavat tulokset on **lihavoitu**. Laboratorion analysivastaus on kokonaisuudessaan tämän tutkimusraportin liitteenä.

Taulukko 7. Alkuperäisen osan ulkoseinien materiaalinäytteiden mikrobianaalyyseiden tulokset.

Näyttenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
Ensimmäisen kerroksen ulkoseinä			
MN 1 , RA-US 2, tila 1050, seinän alaosa	US-1	Alaohjauspuu ap.	Mikrobikasvustoa
MN 2 , RA-US 3, tila 1050,	US-1	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa

Näyttenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
seinän levyverhoiltu yläosa MN 13 , RA-US 1, tila 1048, seinän alaosa	US-1	Alaohjauspuu ap.	Mikrobikasvustoa
Toisen kerroksen ulkoseinä			
MN 4 , RA-US 7, tila 2029, seinän alaosa	US-2	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 14 , RA-US 5, tila 2028, seinän alaosa	US-2	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 15 , RA-US 6, tila 2028, seinän levyverhoiltu yläosa, ulko- seinän ja pilarin liitos	US-2	Pellavarive	Ei mikrobikasvustoa
MN 16 , RA-US 6, tila 2028, seinän levyverhoiltu yläosa	US-2	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa

Ensimmäisen kerroksen alkuperäisen osan ulkoseinän alaosan alaohjauspuusta otetuissa näytteissä havaittiin mikrobikasvustoa. Alaohjauspuiden alapinnassa havaittiin paljon homeita ja indikaattori-mikrobeita. Ulkoseinien ylemissä osissa ei havaittu viitteitä mikrobikasvustosta.

Rakennusmateriaalien PAH-analyysit

Alkuperäisen osan toisen kerroksen ulkoseinässä havaitusta tervapaperista otettiin näyte PAH-analyysiin. PAH-analyysin tulos on esitetty seuraavassa taulukossa. Analyysivastaukset ovat kokonaisuudessaan raportin liitteenä.

Taulukko 8. Alkuperäisen osan toisen kerroksen ulkoseinän tervapaperin PAH-analyysin tulos.

Näyttenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus (PAH16) [mg/kg]
PAH 2 (AHA 3), RA-US 7, Opetustila 2029, 2. krs	US-2	Tervapaperi	<16

Ulkoseinän US-2 tervapaperi ei sisällä vaarallista määrää PAH-yhdisteitä. Näytteen PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus ei ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoa (200 mg/kg).

Ilmavuototarkastelut

Alkuperäisen osan ulkoseinien tiiviyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti, merkkiainekokein ja lämpökuvauksella. Lämpökuvauksen tutkimustulokset on esitetty omana raporttinaan (*Lämpökuvausraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*). Alle on koottu keskeisimmät C-osan lämpökuvauksen ilma-
vuotohavainnot. Merkkiainetutkimuksessa tehdyt havainnot on esitetty kootusti alla olevassa taulukossa.

Lämpökuvauksessa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa ulkoseinäliitosten tiiveydestä tehtiin seuraavia havaintoja:

- Ulkoseinien liitoksia on eriasteisesti tiivistyskorjattu. Osittain ulkoseinäliitosten tiivistysten alle on asennettu erillinen vahvikekangas, mutta esimerkiksi ikkunaliitokset on pääosin tiivistetty ainoastaan tiivistysmassan avulla. Ulkoseinän yläosan ja välipohjan, ulkoseinän ja yläpohjan sekä ikkunanauharakenteiden liitoksia ei ole tiivistyskorjattu.
- Aistinvaraisesti arvioituna tiivistyskorjausten tiiviystaso vaihtelee. Paikoin tiivistyskorjausten vahvikekankaat olivat revenneet, mikä heikentää liitosten tiiveyttä.
- Lämpökuvauksessa havaittiin laaja-alaisia ilmavuotoja
 - ulkoseinien yläosien liitoksista väli- ja yläpohjiin.
 - ikkunaliitoksista. Ikkunaliitosten osalta ilmavuotoja havaittiin sekä kivirakenteisten ulkoseinien liitoksista ikkunoihin että levyrakenteisten ikkunanauharakenteiden liitoksista. Ikkunoissa havaittiin lisäksi tiivistevuotoja sekä karmivuotoja. Ikkunanauharakenteet on toteutettu osittain ilman höyrynsulkua, minkä vuoksi niiden tiiveys vaihtelee. Niillä osin, kuin ikkunanauharakenteet on toteutettu höyrynsulullisina, havaittiin niiden asennuksessa puutteita.
 - Lämpökuvauksessa havaittiin lisäksi yksittäisiä ilmavuotoreittejä kantavien runkorakenteiden (elementtirakenteisten pilarien ja palkkien) välisistä liittymistä sekä ulkoseinien läpivientien kohdilta.
 - Opetustilan 1048 ja liikuntavälinevaraston 1142 ulkoseinien liitoksessa havaittiin rako, josta havaittiin merkittävää ilmavuotoa lämpökuvauksessa.

Taulukko 9. Alkuperäisen osan ulkoseinien merkkiainekokeiden tulokset

Mittauspiste ja tila	Rakennetyyppi	Kaasun-syöttöpiste	Paineero	Havainnot
MAK-US 4 2029 Opetustila, laajennusosa, 2. krs	US-2	Mineraalivillaeriste	-10,2 Pa	Vähäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja ikkunan liitoksesta (seinän viistetty osa betonia, siksi ilmavuodot vähäisiä). Pistemäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja välipohjan liitoksesta tilan nurkka-alueella.



Kuva 36. Opetustilan 1048 ja liikuntavälinevaraston 1142 ulkoseinien liitoksessa on laaja-alainen rako.



Kuva 37. Lähikuva raosta.



Kuva 38. Merkkiainekoe US 4. Merkkiainekokeessa havaittiin vähäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja ikkunan liitoksesta sekä pistemäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja välipohjan liitoksesta tilan nurkka-alueella.

Eriasteisten tiivistyskorjausten vuoksi myös liitosrakenteiden tiiveys vaihtelee. Ilmavuototarkasteleista voidaan yhteenvetona todeta, että ne liitokset, jotka on tiivistyskorjattu vahvikekangasta käyttäen (ensimmäisen kerroksen ulkoseinän ja alapohjan liitos sekä toisen kerroksen ulkoseinän ja välipohjan liitos) ovat lähtökohtaisesti melko tiiviitä. Kuitenkin yksittäisillä kohdilla vahvikekan-kaissa havaittiin repeämiä, minkä vuoksi liitokset eivät näillä kohdilla ole tiiviitä. Sen sijaan ne liitosrakenteet, jotka on tiivistyskorjattu ainoastaan tiivistysmassalla (suurin osa ikkunaliitoksista) tai jätetty kokonaan tiivistyskorjaamatta (ulkoseinien liitokset yläpohjiin, ikkunanauharakenteet sekä alkuperäisen osan ja liikuntavälinevaraston välinen liitos) ovat epätiivitä. Edellä mainituista liitoksista havaittiin vaihtelevasti merkittäviä, vähäisiä ja pistemäisiä ilmavuotoja.

4.3.3.2 Kuorimuuratut ulkoseinät, US-3, US-4 ja US-6

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Julkisivultaan kuorimuurattujen ulkoseinien kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti ja rakenneavauk-sin. Kuorimuurattuihin ulkoseiniin tehtiin yhteensä 14 kpl rakenneavauksia, joiden avulla tarkastet-tiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Pintamateriaalien aistinvaraiset havainnot on esitetty luvussa 4.5 *Väliseinät ja pintarakenteet*.

Laajennusosan ulkoseinät (US-3 ja US-4) on rakenneavausten perusteella toteutettu julkisi-vultaan puhtaaksimuuratulla rakenteella, jossa lämmöneristeenä on mineraalivilla. Sisäkuorena on jäykistävässä seinässä betoni (US-4) ja muualla kahitiili (US-3). Sisäänkäyntien kohdalla sisäpuoli on toteutettu levyverhouksella (US-3.1) Rakenneavausten perusteella ulkoseinärakenteissa on tuu-lensuojana erillinen mineraalivillaeriste sekä julkisivumuurauksen ja tuulensuojavillan välissä on ilmarako. Rakenneavauksista tehtyjen havaintojen perusteella ulkoseinärakenteet on toteutettu pääosin vanhojen suunnitelmien mukaisesti. Ulkoseinän tuuletusraossa havaittiin erinäisiä määriä laastipurseita, mutta aistinvaraisesti ilmavälissä tuntui ilmavirtausta. Julkisivumuurauksen alaosista on jätetty kolmas tiilisauma auki, joka mahdollistuu ilmavirran kulkemisen tuuletusraossa. Alaosan tuuletusrakojen lisäksi ulkoseinät tuulettuvat avointen räystäiden kautta. Ulkoseinän sisäpuolisissa tiilimuurauksissa havaittiin yksittäisiä halkeamia, jotka ulottuvat rakenneavausten perusteella muu-ratun rakenteen läpi.

Sokkelirakenne on laajennusosan seinien kohdalla toteutettu betonirakenteisena, jossa kahden be-tonikuoren välissä on EPS-lämmöneriste. Rakenneavausten perusteella ulkoseinän ja sokkelin lii-toksessa ei havaittu erillistä kosteuseristystä, vaan ulkoseinän puurungon alaohjauspuun ja sokke-lin betonikuoren välissä on ohut uretaanivaahdotus. Osassa rakennusavauskohdista alaohjauspuu

oli suoraan betonirakennetta vasten. Rakenneausten perusteella ulkoseinän mineraalivillaeriste sekä tuulensuojamineraalivilla jatkuvat osassa rakennusta valmiin lattiapinnan tasolle, mutta maanpinnan alapuolella sokkelirakenne on kaikkialla EPS-lämmöneristeinen.

Laajennusosan julkisivultaan kuorimuurattujen ulkoseinien (US-3 ja US-4) kohdalla ulkoseinän yläosat eli ikkunanauharakenteet on toteutettu kahdella eri tavalla. Kaksikerroksisella osalla ikkunanauharakenteet on toteutettu vastaavanlaisella kivirakenteella kuin seinien alaosat, mutta yksikerroksisella osalla ikkunanauharakenteet on toteutettu sisäpinnaltaan levyverhoiltuna ja mineraalivillalla eristettynä rankarakenteena. Ikkunanauharakenteiden kohdilla ei havaittu erillistä tuuletusra-koa julkisivumuurausten ja tuulensuojamineraalivillaeristeen välissä, joten näillä kohdilla ulkoseinän tuulettuvuutta voidaan pitää heikkona. Heikon tuulettuvuuden vuoksi tuulensuojamineraalivillan ulkopinnassa havaittiin kosteusjälkiä, koska kosteus ei pääse tehokkaasti kuivumaan rakenteesta. Lisäksi ikkunarakenteiden mineraalivillaeristeissä havaittiin ilmapuodoista johtuvaa tummentumaa. Myös sisäpinnan höyrinsulkumuovin asennustavassa havaittiin ajalle tyypilliseen tapaan tiiviyspuutteita muovin liittymä- ja limityskohdissa. Ikkunoiden väliset pilasterirakenteet on toteutettu ikkunanauharakenteiden tavoin tuulettumattomina rakenteina. Myös pilastereiden kohdilla havaittiin tuulensuojamineraalivillan ulkopinnassa kosteusjälkiä, mineraalivillassa ilmapuodoista aiheutunutta tummentumaa sekä höyrinsulun liitoksissa tiiviyspuutteita.

Ikkunoista tehdyt havainnot on esitetty luvussa 4.3.3.5 *Ikkuna, ovet ja niiden liitosrakenteet*. Ikkunoiden yläpuoliset osat on julkisivulta toteutettu erillisten ulokkeellisten tiilimurausten avulla. Muuratuissa ikkunoiden yläosissa havaittiin värimuutoksia, jotka viittaavat ulokkeisiin kertyvään kosteuteen. Riskinä on, että muurausten päälle kertyvä vesi kulkeutuu liitosrakenteesta ulkoseinärakenteeseen. Ulokerakenteet siis toimivat paikallisina ulkoseinän riskikohtina.



Kuva 39. Yleiskuva laajennusosan ulkoseinistä. Ulkoseinät on toteutettu julkisivuiltaan puhtaaksimuurattuina rakenteina. Ikkunoiden yläosat on toteutettu erillisillä muuratuilla ulokerakenteilla.



Kuva 40. Julkisivun alareunasta on jätetty joka kolmas pystymuuraussauma auki ulkoseinän tuulettuvuuden varmistamiseksi.



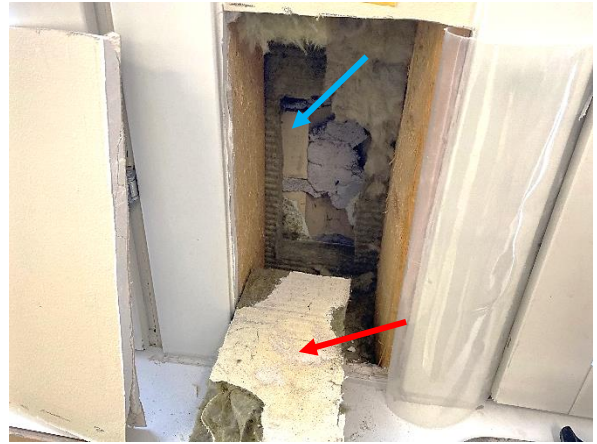
Kuva 41. Rakenneavaus RA-US 8. Laajennusosalla ulkoseinien sisäkuori on pääosin kalkkihiekkatiiltä. Ikkunan ja ulkoseinän liitoksessa on höyrynsulkumuovi.



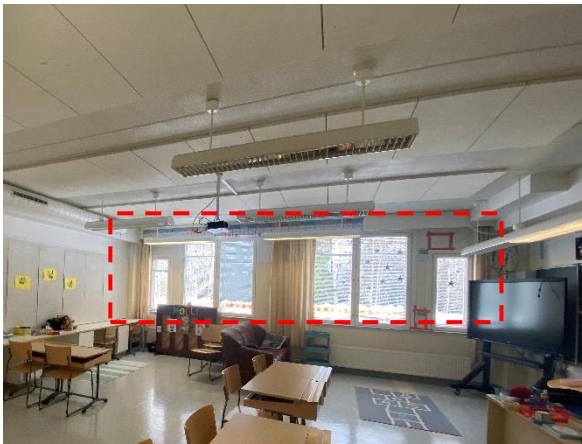
Kuva 42. Rakenneavaus RA-US 9 jäykistävään seinään. Jäykistävien ulkoseinien kohdilla sisäkuori on betonia.



Kuva 43. Ikkunoiden väliset rakenteet on toteutettu erillisten tiilipilastereiden avulla.



Kuva 44. Rakenneavaus RA-US 15 tiilipilasterin kohdalle yksikerroksiseen osaan. Yksikerroksisella osalla tiilipilasterin ja tuulensuojamineraalivillan välissä ei ole tuuletusrakoa (sininen nuoli). Tuulensuojavillan ulkopinnassa on tästä johtuen kosteusjälkiä (punainen nuoli).



Kuva 45. Laajennusosan yksikerroksisen osan ikkunanauharakenteet on toteutettu sisäosistaan levyverhoiluin. Kuva luokkatilasta 1187.



Kuva 46. Rakenneavaus RA-US 16 yksikerroksisen osan ikkunanauharakenteeseen. Ikkunanauharakenteet on toteutettu yksikerroksisella osalla tuulettumattomina.

Alkuperäisen osan jäykistävä päätyseinä (US-6) on rakenneavausten perusteella toteutettu tuulettumattomana rakenteena, jossa kuorimuurauksen ja betonisen sisäkuoren välissä on mineraalivillaaeriste. Ulkoseinärakenteessa ei havaittu tuulta pitävää kerrosta. Ulkoseinän tuulettumattomuuden vuoksi rakenteeseen pääsevä kosteus ei pääse tehokkaasti kuivumaan rakenteesta. Julkisivu on kuitenkin suojattu viistosateelta erillisellä julkisivurappauksella, mutta julkisivurappauksessa havaittiin lohkeamia ja halkeamia, minkä vuoksi rappaus ei ole vesitiivis.

Sokkelirakenne on päätyseinän kohdalla toteutettu korkki- ja tojalevyeristeisenä betonirakenteena. Sokkelirakenne on ulkoseinän tavoin toteutettu tuulettumattomana. Sokkeliin tehdystä rakenneavauksesta havaittiin voimakasta mikrobiperäistä hajua. Väliseiniin tehtyjen rakenneavausten perusteella alkuperäisen osan ja laajennusosan välinen seinärakenne on jätetty kauttaaltaan ulkoseinää vastaavaksi rakenteeksi laajennusosan rakentamisen yhteydessä. Näin ollen todennäköistä on, että myös sokkelirakenne on jätetty ennalleen nykyisen väliseinän kohdalle. Väliseinän osalta tehdyn havainnot on esitetty luvussa 4.5 *Väliseinät ja pintarakenteet*.



Kuva 47. Alkuperäisen osan jäykistävä päätyseinä (US-6) on toteutettu muista kuorimuuratuista ulkoseinistä poikkeavalla, tuulettumattomalla rakenteella.



Kuva 48. Sokkelirakenne on päätyseinän kohdalla toteutettu tuulettumattomana korkki- ja toja-levyeristeisenä rakenteena.

Rakennusmateriaalien mikrobinalyysit

Kuorimuuratuista ulkoseinistä otettiin yhteensä 14 kpl materiaalinäytteitä mikrobianalyysia varten. Alla olevassa taulukossa on esitetty suoraviljelyllä tehtyjen mikrobianalyysien tulokset. Poikkeavat tulokset on **lihavoitu**. Laboratorion analyysivastaus on kokonaisuudessaan tämän tutkimusraportin liitteenä.

Taulukko 10. Kuorimuurattujen ulkoseinien US-3 ja US-4 materiaalinäytteiden mikrobianalyysien tulokset.

Näytenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
MN 3 , RA-US 4, porrashuone 1172, seinän keskiosa	US-4	Mineraalivilla	Viite mikrobikasvustosta
MN 5 , RA-US 11, tila 1167, seinän alaosa	US-3	Mineraalivilla sp.	Ei mikrobikasvustoa
MN 6 , RA-US 11, tila 1167, seinän alaosa	US-3	Alaohjauspuu ap.	Ei mikrobikasvustoa
MN 7 , RA-US 12, tila 1166, seinän keskiosa	US-3	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 8 , RA-US 17, tila 1182, seinän alaosa	US-3	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 9 , RA-US 18, tila 1188, seinän alaosa	US-3	Mineraalivilla sp.	Ei mikrobikasvustoa
MN 10 , RA-US 19, tila 1176, seinän alaosa	US-3	Mineraalivilla sp.	Ei mikrobikasvustoa
MN 11 , RA-US 21, tila 1050, seinän alaosa / sokkeli	US-6	Korkki	Mikrobikasvustoa
MN 12 , RA-US 21, tila 1050, seinän alaosa / sokkeli	US-6	Tojalevy	Viite mikrobikasvustosta
MN 17 , RA-US 8, tila 2116, seinän alaosa	US-3	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 18 , RA-US 9, tila 2116, seinän keskiosa	US-4	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 20 , RA-US 14, tila 1165, seinän yläosa	US-3	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 21 , RA-US 15, tila 1187, seinän keskiosa kaareva pilasteri	US-3	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 22 , RA-US 16, tila 1187, seinän yläosa	US-3	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa

Mikrobianalyysien perusteella kuorimuuratuissa ulkoseinissä havaittiin yksittäisiä kohdissa poikkeavaa mikrobikasvustosta. Mikrobikasvustoa havaittiin porrashuoneen 1172 ulkoseinässä sekä porrashuoneen seinään liittyvän alkuperäisen osan päädyn jäykistävän ulkoseinän sokkelirakenteessa.

Ilmavuototarkastelut

Ulkoseinien tiiviyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti, merkkiainekokein ja lämpökuvauksella. Lämpökuvauksen tutkimustulokset on esitetty omana raporttinaan (*Lämpökuvausraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*). Alle on koottu keskeisimmät C-osan lämpökuvauksen ilmavuotohavainnot. Merkkiainetutkimuksessa tehdyt havainnot on esitetty kootusti alla olevassa taulukossa.

Lämpökuvauksessa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa ulkoseinäliitosten tiiveydestä tehtiin seuraavia havaintoja:

- Ulkoseinien liitoksia on tiivistyskorjattu eriasteisesti. Osittain ulkoseinäliitosten tiivistysten alle on asennettu erillinen vahvikekangas, mutta esimerkiksi ikkunaliitokset on pääosin tiivistetty ainoastaan tiivistysmassan avulla. Ulkoseinän yläosan ja välipohjan, ulkoseinän ja yläpohjan sekä ikkunanauharakenteiden liitoksia ei ole tiivistyskorjattu.
- Aistinvaraisesti tiivistyskorjausten tiiveys vaihtelee. Osittain tiivistyskorjausten vahvikekankaat olivat revenneet, mikä heikentää liitosten tiiveyttä.
- Lämpökuvauksessa havaittiin laaja-alaisia ilmavuotoja
 - ulkoseinien yläosien liitoksista väli- ja yläpohjiin.
 - ikkunaliitoksista. Ikkunaliitosten osalta ilmavuotoja havaittiin sekä kivirakenteisten ulkoseinien liitoksista ikkunoihin että levyrakenteisten ikkunanauharakenteiden liitoksista. Ikkunoissa havaittiin lisäksi tiivistevuotoja sekä karmivuotoja.
 - porrashuoneessa 1172 ulkoseinien ja väliseinän liitoksesta kahden eri aikaan rakennetun osan kohdalla (US-6, US-4 ja VS-1 välinen liitos). Aistinvaraisesti liitoksessa havaittiin laaja-alainen rako.
 - Lämpökuvauksessa havaittiin ulko-ovien kohdilla tiivistevuotoja. Ulko-ovien ja karmirakenteiden teräsosat toimivat rakenteellisina kylmäsiltoina.
 - Lämpökuvauksessa havaittiin lisäksi yksittäisiä ilmavuotoreittejä kantavien runkorakenteiden (elementtirakenteisten pilarien ja palkkien) välisistä liittymistä sekä ulkoseinien läpivientien kohdilta.
 - Aistinvaraisesti ulkoseinien sisäkuorissa havaittiin yksittäisiä halkeamia, jotka ulottuvat sisäkuoren läpi siten, että ulkoseinän eristetilasta on halkeaman kautta yhteys sisäilmaan.

Taulukko 11. Kuorimuurattujen ulkoseinien merkkiainekokeiden tulokset

Mittauspiste ja tila	Rakennetyyppi	Kaasun-syöttöpiste	Paineero	Havainnot
MAK-US 1 1167 Opetustila, laajenusosa, 1.krs	US-3	Mineraalivillaeriste	-11,3 Pa	Merkittävää ilmavuotoa ulkoseinän ja ikkunan liitoksesta. Lisäksi merkittävää ilmavuotoa ulkoseinän yläosassa olevan tekniikkakotelon liitoksesta, liitoksessa metallinen lista. Vähäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja väliseinän liitoksessa olevasta halkeamasta sekä ulkoseinässä olevien halkeamien kohdalta.
MAK-US 2 1182 Opetustila, laajenusosa, 1.krs	US-3	Mineraalivillaeriste	-16,0 Pa	Merkittävää ilmavuotoa ulkoseinän ja alapohjan liitoksesta sekä sähkökourun takaa. Vähäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja välipohjan liitoksesta metallisen listan takaa. Pistemäistä ilmavuotoa valkokankaan kiinnityskiskon ja taulun kiinnikkeiden kohdilta.
MAK-US 3	US-3	Mineraalivillaeriste	-10,0 Pa	Merkittävää ilmavuotoa ulkoseinän, ikkunan ja ikkunapenkin liitoksesta (liitoksessa

Mittauspiste ja tila	Rakennetyyppi	Kaasun- syöttö- piste	Paine- ero	Havainnot
2116 Opetus- tila, laajen- nusosa, 2. krs				ainoastaan tiivistysmassa, mutta ei liitos- nauhaa). Lisäksi merkittävää ilmavuotoa patterin kannakkeiden kohdilta. Vähäistä ilmavuotoa ulkoseinän yläosassa olevan tekniikkakotelon liitoksesta, liitok- sessa metallinen lista.
MAK-US 4 2029 Opetus- tila, laajen- nusosa, 2. krs	US-2	Mineraali- villaeriste	-10,2 Pa	Vähäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja ikku- nan liitoksesta (seinän viistetty osa beto- nia, siksi ilmavuodot vähäisiä. Pistemäistä ilmavuotoa ulkoseinän ja vä- lipohjan liitoksesta tilan nurkka-alueella.



Kuva 49. Porrashuoneen jäykistävän ulkoseinän (US-6), päätyseinän (US-4) ja liittyvän väliseinän (VS-1) liitoksesta on rako.



Kuva 50. Raosta havaittiin voimakasta ja merkittävää ilmavuotoa aistinvaraisesti sekä lämpökuvauksessa.



Kuva 51. Rakenneavaus RA-US 12. Ikkunan alapuolen halkeama ulottuu koko tiilimuurauksen läpi.



Kuva 52. Merkkiainekoe US 1. Merkkiainekokeessa havaitut merkittävät ilmavuodot on esitetty punaisella ja vähäiset ilmavuodot keltaisella.



Kuva 53. Merkkiainekoe US 2. Merkkiainekokeessa havaitut merkittävät ilmapuodot on esitetty punaisella, vähäiset ilmapuodot keltaisella ja pistemäiset ilmapuodot vihreällä.



Kuva 54. Merkkiainekoe US 2. Lähikuvaa ulkoseinän yläosan ja välipohjan liitoksesta, josta havaittiin vähäistä ilmapuotoa metallisen listan takaa. Liitosta ei ole tiivistyskorjattu.



Kuva 55. Merkkiainekoe US 3. Merkkiainekokeessa havaitut merkittävät ilmapuodot on esitetty punaisella. Lisäksi merkkiainekokeessa havaittiin vähäistä ilmapuotoa ulkoseinän yläosassa olevan tekniikkakotelon liitoksesta, ks. viereinen kuva.



Kuva 56. Merkkiainekoe US 3. Merkkiainekokeessa havaittiin vähäistä ilmapuotoa ulkoseinän yläosassa olevan tekniikkakotelon liitoksesta.

Eriasteisten tiivistyskorjausten vuoksi myös liitosrakenteiden tiiveys vaihtelee. Ilmapuototarkasteiluista voidaan yhteenvedona todeta, että ne liitokset, jotka on tiivistyskorjattu vahvikekangasta käyttäen (alapohja- ja pilariliitokset) ovat lähtökohtaisesti tiiviitä. Kuitenkin yksittäisillä kohdilla vahvikekankaissa havaittiin repeämiä, jotka vaikuttavat paikallisesti liitosten tiivyyteen. Sen sijaan ne liitosrakenteet, jotka on tiivistyskorjattu ainoastaan tiivistysmassalla (suurin osa ikkunaliitoksista) tai jätetty kokonaan tiivistyskorjaamatta (ulkoseinien yläosien liitokset väli- ja yläpohjiin, ikkunauhalliitokset, ulkoseinien sisäkuorten halkeamat, ripustusten kiinnitykset) ovat epätiiviyttä. Edellä mainittujen liitosten kautta havaittiin vaihtelevasti merkittäviä, vähäisiä ja pistemäisiä ilmapuotoja ulkoseinän eristetilasta sisäilmaan.

4.3.3.3 Peltiverhoiltu ulkoseinä, US-5

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Julkisivultaan peltiverhoillun ulkoseinän kuntoa arvioitiin aistinvaraisesti ja rakenneavauksen avulla. Rakenneavauksen avulla tarkastettiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Peltiverhoillun ulkoseinän sisäpinta on ylitasoitettu ja maalattu. Aistinvaraisen tarkastelun perusteella ulkoseinän sisäpinta ovat hyväkuntoinen, eikä siinä havaittu tavanomaisesta kulumisesta poikkeavaa vaurioitumista.

Rakenneavausten perusteella julkisivultaan peltiverhoiltu ulkoseinä on toteutettu metallirunkoisena, jossa on käytetty lämmöneristeenä mineraalivillaa. Ulkoseinä on toteutettu tuulettavana, ja rakenne pääsee tuulettumaan julkisivun peltiverhouksen poimujen välistä. Rakenteessa on erillinen tuulensuojamineraalivillaeriste. Ulkoseinärakenteessa on käytetty metallirungon ja tuulensuojamineraalivillan välissä sekä sisäverhouslevynä kimallepintaista kuitusementtilevyä. Kimallepintainen kuitusementtilevy ei kokemuseräisen tiedon perusteella sisällä asbestia, joten levyä ei otettu erillistä näytettä asbestianalyysia varten. Rakenneavaus tehtiin C-osan sisäänkäynnin vesikatteen ja peltiverhoillun ulkoseinän liitokseen. Rakenteessa ei aistinvaraisesti havaittu vaurioon viittaavia tekijöitä tai vesivuotojälkiä.



Kuva 57. Porrashuoneen yläosan seinärakenne on toteutettu peltiverhoiltuna US-5 mukaisena rakenteena.



Kuva 58. Rakenneavaus US-10 sisäänkäynnin vesikatteen ja ulkoseinän liitokseen. Ulkoseinä on toteutettu metallirunkoisena ja mineraalivillaeristettynä. Rakenteessa ei havaittu viitteitä vaurioista.

Rakennusmateriaalien mikrobinalyysit

Peltiverhoillusta ulkoseinästä otettiin materiaalinäyte mikrobianalyysia varten. Alla olevassa taulukossa on esitetty suoraviljelyllä tehdyn mikrobianalyysin tulos. Laboratorion analyysivastaus on kokonaisuudessaan tämän tutkimusraportin liitteenä.

Taulukko 12. Peltiverhoillun ulkoseinän US-6 materiaalinäytteen mikrobianalyysin tulos.

Näytenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
MN 19, RA-US 10, käytävä 2117, seinän keskiosaa, ulkoseinän ja vesikaton liitos	US-6	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa

Peltiverhoillusta ulkoseinän mineraalivillaeristeestä otetussa näytteessä ei havaittu poikkeavaa mikrobikasvustoa.

4.3.3.4 Ikkunat, ovet ja niiden liitosrakenteet

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

C-osan ikkunat ovat pääosin sisään aukeavia 3-kertaisia MSE-tyyppin puuikkunoita. Ikkunarakenteiden kuntoa ja liitosrakenteita tutkittiin aistinvaraisesti sekä rakenneavauksin. C-osan ulko-ovet ovat pääosin lasitettuja ja maalattuja teräsovia. Ulkoiluvälinevarastojen ovet ovat maalattuja puupaneeli-ovia. Kaikki C-osan ikkunat ovat vuodelta 1991. Laajennusosan ikkunat ovat alkuperäisiä ja alkuperäisen osan ikkunat on uusittu laajennusosan rakentamisen yhteydessä.

Kokonaisuudessaan ikkunoiden kunto on välttävä. Ikkunoiden ulkopuolisissa puuosissa havaittiin eriasteisia halkeamia, maalipinnan vaurioita sekä nurkka-alueilla alkavaa lahovauriota. Lahovaurioita havaittiin lisäksi ikkunoiden ulkopuolisissa peitelistoissa. Ikkunoiden sisäpuolisissa puuosissa havaittiin halkeamia ja maalipinnan vaurioita erityisesti ikkunoiden nurkka-alueilla, mutta lahovaurioita sisäpuolisissa puuosissa ei havaittu. Ikkunoiden teräksiset vesipellitykset ovat likaantuneet, mutta maalipinnat ovat pääosin ehjät. Vesipellitysten kallistukset ovat hyvät, mutta niiden ulottuma ulkoseinälle on vähäinen. Vesipellitysten liitosten tiiveys vaihtelee. Erityisesti kuorimuurattujen julkisivujen kohdilla vesipellitysten ja ulkoseinien liitoksia ei ole erikseen tiivistetty ja osittain vesipellitys lepää julkisivumuurauksen päälle ilman erillistä kiinnitystä.

Rakennuksen ulko-ovien maalipinnat ovat paikoin kuluneet ja puuosat naarmuuntuneet, mutta toiminnallisesti ulko-ovissa ei havaittu merkittäviä puutteita.

Ikkunakarmeihin tehtyjen rakenneavausten perusteella ikkunakarmin ja ulkoseinän liitokset on tiivistetty polyuretaanivaahdolla. Alkuperäisen osan ikkunoiden vanhat pellavarive-eristeet on poistettu ikkunoiden uusimisen yhteydessä. Ikkunat tukeutuvat apukarmin avulla ulkoseinän puurunkoon. Alkuperäisen osan ikkunoiden apukarmit ovat todennäköisesti alkuperäisiä ja ne on käsitelty kyllästysaineella, minkä takia rakenneavauksista havaittiin voimakasta tervan hajua. Alkuperäisellä osalla ikkunan ja alapuolisen korjaamattoman ulkoseinän liitoksessa on erillinen puukuitulevy. Apukarmien pinnoilla sekä alapuolisten ulkoseinien puukuitulevyissä havaittiin kosteusjälkiä. Kosteusjälkiä havaittiin lisäksi ikkunoiden välisissä ikkunauharakenteissa sekä pilastereiden kohdilla. Ikkunauha- ja pilasterirakenteita on käsitelty tarkemmin ulkoseinien rakennetyyppien yhteydessä luvussa 4.3.3.



Kuva 59. Ikkuna peltiverhoillun ulkoseinän (US-5) kohdalla eteläjulkisivulla. Ikkunoiden kunto on välttävä.



Kuva 60. Toisen kerroksen ikkuna länsijulkisivulla. Sisäpuolisissa puuosissa havaittiin halkeamia erityisesti ikkunoiden nurkka-alueilla.



Kuva 61. Ensimmäisen kerroksen ikkuna länsijulkisivulla. Sisäpuolisissa puuosissa havaittiin paikallisia halkeamia.



Kuva 62. Ensimmäisen kerroksen ikkuna länsijulkisivulla. Ikkunoiden ulkopuolisissa puuosissa havaittiin eriasteisia vaurioita erityisesti ikkunoiden nurkka-alueilla sekä ulkopuolisissa peitelistoissa.



Kuva 63. Ikkuna itäjulkisivulla. Vesipellitukset ovat likaantuneet, mutta rakenteellisesti hyväkuntoiset. Vesipellitusten ulottuma seinälle on vähäinen.



Kuva 64. Ikkunoiden vesipellitysten liitokset ovat kuorimuurattujen julkisivujen kohdilla epätiivitä.

4.3.4 Johtopäätökset

4.3.4.1 Alkuperäisen osan ulkoseinät, US-1 ja US-2

C-osan alkuperäisen osan ulkoseinärakenteisiin on tehty korjaustoimenpiteitä siten, että ulkoseinän alaosa eli sokkelirakenne on ensimmäisessä kerroksessa toteutettu XPS-eristeellä eristettynä rankarakenteella ja toisessa kerroksessa ulkoseinä on toteutettu sisäkuoreltaan tiilimuurattuna rankarakenteena. Julkisivuverhouksena on alkuperäisellä osalla kivisirotepintainen levyverhous. Ikkunauharakenteet on toteutettu koko alkuperäisellä osalla sisäpinnaltaan levyverhoillulla ja mineraalivillaeristeisellä rankarakenteella.

Alkuperäisen osan ulkoseiniä voidaan kokonaisuudessaan pitää lievästi riskialttiina. Ensimmäisen kerroksen ulkoseinän alaosat on toteutettu riskialttiilla niin kutsutulla piilosokkelirakenteella, jota on kuitenkin vuonna 2014 uusittu siten, että ulkoseinän alaosaan kohdistuvaa kosteusrasitusta on

pienennetty sekä sisäpuolisista että ulkopuolisista korjauksin. Ulkoseinän puurungon alaosan korko- asema on korjauksissa kuitenkin jätetty ennalleen, minkä vuoksi puurungon uusittuun alaohjaus- puuhun on päässyt muodostumaan poikkeavaa mikrobikasvustoa. Ulkoseinä on toisen kerroksen ikkunoiden alapuolisilla kohdilla toteutettu tuulettuva rakenteena, joten näillä osin ulkoseinien mikrobi- ja kosteusvaurioriski on seinärakenteen alaosaan pienempi, eikä ikkunan alapuolisessa rakenteessa havaittu poikkeavaa mikrobikasvustoa. Ikkunoiden alapuolisissa osissa havaittiin kuitenkin vesipellitusten tiiviydsputteista johtuvia kosteusjälkiä. Ikkunanauharakenteiden tuulettavuus sen sijaan on heikkoa, mutta mikrobivaurioitumisen riski ei tutkimusten perusteella ole näillä osin toteutunut.

Ilmavuototarkastelujen perusteella alkuperäisen osan ulkoseinien tiiviyds vaihtelee niihin tehtyjen eriateisten tiivistyskorjausten vuoksi. Yhteenvetona voidaan todeta, että ne liitokset, jotka on tiivistyskorjattu vahvikekangasta käyttäen (ensimmäisen kerroksen ulkoseinän ja alapohjan liitos sekä toisen kerroksen ulkoseinän ja välipohjan liitos) ovat lähtökohtaisesti melko tiiviitä. Sen sijaan ne liitosrakenteet, jotka on tiivistyskorjattu ainoastaan tiivistysmassalla (suurin osa ikkunaliitoksista) tai jätetty kokonaan tiivistyskorjaamatta (ulkoseinien liitokset väli- ja yläpohjiin, ikkunanauharakenteet sekä alkuperäisen osan ja liikuntavälinevaraston välinen liitos) ovat epätiiviyds. Epätiiviydskohtien kautta alaohjauspuun mikrobiperäisillä epäpuhtauksilla on paikallisesti pääsy sisäilmaan erityisesti silloin, kun tilat ovat alipaineisia. Paikallisten mikrobivaurioiden ja ilmavuotojen vuoksi ulkoseinärakenteen kunnolla on paikallisesti sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

4.3.4.2 Kuorimuuratut ulkoseinät, US-3, US-4 ja US-6

Rakennuksen C-osan laajennusosalla ulkoseinät (US-3 ja US-4) toteutettu tuulettuvina, julkisivultaan kuorimuurattuna rakenteena, joissa sisäkuori vaihtelee betonirakenteen ja tiilimuurauksen välillä. Sisäänkäyntien kohdalla sisäpuoli on levyverhoiltu. Alkuperäisen osan päätyseinä (US-6) on toteutettu tuulettumattomana, kuorimuurattuna rakenteena.

Laajennusosalla ulkoseinärakenteet (US-3 ja US-4) ovat kosteus- ja mikrobivaurioitumisen suhteen lievästi riskialttiita puhtaaksimuurattujen julkisivujen vuoksi. Puhtaaksimuurattujen julkisivujen vuoksi ulkoseinissä ei ole erillistä viistosateen pidättävää kerrosta. Ulkoseinien tuulettavuus on kuitenkin lähtökohtaisesti hyvä, joten julkisivun läpäisevä sade pääsee kuivumaan rakenteesta. Paikallisina riskipaikkoina toimivat kuitenkin pilastereiden kohdat, ikkunoiden yläpuoliset ulokera- kenteet sekä ikkunanauharakenteet, sillä niiden kohdilla ulkoseinärakenteen tuulettavuus on heikkoa. Sokkelirakenne on toteutettu vähäriskisellä ja edelleen käytetyllä, EPS-lämmöneristeisellä rakenteella. Julkisivun vedenpitävyyden ja paikallisiin tuulettavuusputteisiin liittyvistä riskeistä huolimatta laajennusosan ulkoseinissä havaittiin ainoastaan porrashuoneen 1172 ulkoseinässä poikkeavaa mikrobikasvustoa, joten kosteus- ja mikrobivaurioitumisen riski on toteutunut paikallisesti.

Alkuperäisen osan päätyseinä (US-6) on kosteus- ja mikrobivaurioitumisen suhteen lievästi riskialtis ulkoseinän tuulettumattomuuden sekä sokkelirakenteessa käytetyn herkästi mikrobivaurioituvien eristemateriaalien vuoksi. Ulkoseinän tuulettumattomuuden vuoksi rakenteeseen päätyvän kosteuden poistuminen on hidasta, mikä altistaa rakenteen kosteus- ja mikrobivaurioille. Julkisivussa on kuitenkin päätyseinän kohdalla viistosateelta suojaava rappaus, joka ei kuitenkaan ole halkeamien takia täysin vesitiivis. Laajennusosan rakentamisen yhteydessä päätyseinä on osittain jäänyt kahden rakennusvaiheen väliseksi väliseinäksi (VS-1), mutta rakenne on säilytetty kokonaisuudessaan ulkoseinän mukaisena rakenteena. Päätyseinän ulkoseinä- ja väliseinäosissa havaittiin poikkeavaa mikrobikasvustoa seinän eristetilassa sekä sokkelirakenteen tojalevy- ja korkkieristeissä, joten mikrobivaurioitumisen riski on rakenteessa toteutunut.

Ilmavuototarkastelujen perusteella kuorimuurattujen ulkoseinien tiiviyds vaihtelee niihin tehtyjen eriateisten tiivistyskorjausten vuoksi. Yhteenvetona voidaan todeta, että ne liitokset, jotka on tiivistyskorjattu vahvikekangasta käyttäen (alapohja- ja pilariliitokset) ovat lähtökohtaisesti tiiviitä. Sen sijaan ne liitosrakenteet, jotka on tiivistyskorjattu ainoastaan tiivistysmassalla (suurin osa ikkunaliitoksista) tai jätetty kokonaan tiivistyskorjaamatta (ulkoseinien yläosien liitokset väli- ja yläpohjiin, ikkunanauhaliitokset, ulkoseinien sisäkuorten halkeamat, ripustusten kiinnitykset) ovat

epätiivitä. Epätiiviskohtien kautta ulkoseinien mikrobiperäisillä epäpuhtauksilla on paikallisesti pääsy sisäilmaan erityisesti silloin, kun tilat ovat alipaineisia. Mikrobivauriot keskittyvät kuorimuurattujen ulkoseinien osalta pääosin porrashuoneen 1172 sekä viereisten opetustilojen 1050 ja 2029 rakenteisiin, joten ulkoseinärakenteen kunnolla on paikallisesti sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

4.3.4.3 Peltiverhoiltu ulkoseinä, US-5

Rakennuksen toisen kerroksen porrashuoneen ja IV-konehuoneen kohdalla ulkoseinät on toteutettu tuulettavana ja julkisivultaan peltiverhoillulla metallirankarakenteella. Ulkoseinärakenne on kosteus- ja mikrobivaurioitumisen näkökulmasta melko vähäriskinen. Seinärakenteessa ei havaittu viitteitä vaurioista.

4.3.4.4 Ikkunat, ovet ja niiden liitosrakenteet

C-osan ikkunat ovat puuikkunoita vuodelta 1991. Kokonaisuudessaan ikkunoiden kunto on välttävä. Ikkunoiden ulkopuolisissa puuosissa ja peitelistoissa havaittiin eriasteisia halkeamia, maalipinnan vaurioita sekä ikkunoiden nurkka-alueilla alkavaa lahovauriota. Maalipinnoitevauriot ja halkeamat mahdollistavat puuosien lahovaurioiden etenemisen ja lisääntymisen myös tulevaisuudessa. Sisäpuolelta ikkunat ovat parempikuntoisia. Ikkunoiden vesipellityksissä ja niiden liitoksissa havaittiin laaja-alaisia tiiviydspuutteita. Ulko-ovissa havaittiin maalipinnan haalistumista ja naarmuuntumista, mutta ei varsinaisia rakenteellisia vaurioita. Alkuperäisen osan ikkunoihin on jätetty alkuperäiset ja voimakkaan hajuiset, kyllästysaineella käsitellyt apukarmit.

Ilmavuototarkastelun yhteydessä ikkunoiden liitosrakenteiden ilmatiiviydessä havaittiin merkittäviä puutteita, jotka johtuvat suurimmaksi osaksi aikakaudelle tyypillisestä ulkoseinän höyrynsulkumuovin epätiiviydestä asennustavasta sekä ikkunoiden osalta ainoastaan tiivistemassalla toteutetuista tiivistyskorjauksesta. Lisäksi ikkunoiden väliset ikkunanauha- ja pilasterirakenteet on toteutettu osittain ilman höyrynsulkua sekä paikoitellen kokonaan tuulettumattomina. Ikkunanauha- ja pilasterirakenteisiin sekä ikkunoiden alapuolisiin puukuitulevyihin on aiheutunut tuulettuvuuspuutteiden sekä vesipellityspuutteiden vuoksi paikallisia kuivuneita kosteusjälkiä. Ulkoseinissä paikallisesti havaittuja mikrobiperäisiä epäpuhtauksia sekä hajuhaittaa voi kulkeutua epätiiviydestä ikkunoiden liitosrakenteista ilmavirtausten mukana sisäilmaan, kun tilat ovat alipaineisia sisäilmaan nähden.

4.3.5 Toimenpide-ehdotukset

4.3.5.1 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

Alkuperäisen osan ulkoseinät, US-1 ja US-2

- Alkuperäisen osan ulkoseinän US-1 ja liikuntavälinevaraston 1142 ulkoseinän liitoksessa olevan raon tiivistys sisä- ja ulkopuolelta.

Tuulettumaton kuorimuurattu rakenne US-6 sekä liittyvä porrashuoneen 1172 ulkoseinä US-4

- Rakennetta on pinta-alallisesti niin vähän, että toimenpiteenä suositellaan pitkäikäistä tiivistyskorjausta.
 - Rakenneliittymä vaakarakenteisiin tiivistetään sisäpuolelta vedeneristemassalla sekä vahvikekankaalla. Myös ulkoseinien US-6 ja US-4 liitos tiivistetään vastaavalla tavalla.
 - Ne kohdat, jossa betonirakenteeseen on tehty rakenteen läpäiseviä porauksia tai suuria kiinnityksiä, tiivistyskorjataan sisäpuolelta paikallisesti.

Ikkunat, ovet ja niiden liitosrakenteet

- Vesipellitysten tiiviyden parantaminen.
- Sisäpuolelta ikkunan ja karmin liitoksen tiiviyden parantaminen esimerkiksi elastisella massalla.

4.3.5.2 Perusparannuksen yhteydessä tehtävät toimenpiteet

Alkuperäisen osan ulkoseinät, US-1 ja US-2

- Ulkoseinän US-1 puurunkorakenteen lähtökorkoasemaa nostetaan niin, että rakenne on minimissään 300 mm maanpinnantasoa ylempänä. Nosto voidaan tehdä esimerkiksi kevytsora-harkkoa tai valmistuoteosana saatavaa teräsosaa käyttäen.
- Ulkoseinien US-1 ja US-2 tuulettuvuuden parantaminen. Tuulettuvuuden parantaminen vaatii julkisivulevytysten poistamista työn ajaksi ja taustalla olevan puukoolauksen uusimista / purkamista. Samassa yhteydessä varmistetaan, että ulkoseinien mineraalivillaeristeissä ole kosteusjälkiä tai muita viitteitä vaurioista. Esiin tulleet vauriot korjataan samassa yhteydessä.
- Ulkoseinien US-1 ja US-2 ikkunauharakenteiden mineraalivillaeristeiden vaihtaminen polyuretaanieristeeseen. Samalla varmistetaan ikkunaliitosten ilmatiiveys. Vaihtoehtoisesti rakenteisiin voidaan lisätä höyrynsulkumuovi, jolloin mineraalivillaeristeitä ei tarvitse uusia.

Kuorimuuratut ulkoseinät, US-3 ja US-4

- Yksikerroksisen osan sisäpinnaltaan levyverhoiltujen seinärakenteiden korjaaminen seuraavasti:
 - Levyrakenteet ja lämmöneristeet puretaan sisäkautta pois
 - Rankarakenteen kunto tarkistetaan avauksen yhteydessä. Kosteusvaurioituneet rankarakenteet uusitaan.
 - Levyverhouksen taustaosa muutetaan tuulettuvaksi esimerkiksi niin, että alin, poikittainen ranka vaihdetaan tuulettuvaksi alumiiniprofiiliksi.
 - Sisäpuolelle rakennetta asennetaan polyuretaanilämmöneriste. Polyuretaanieriste jätetään tuuletusraon verran irti ulkoverhouslevystä.
 - Sisäpinta levyverhoillaan ja maalataan.

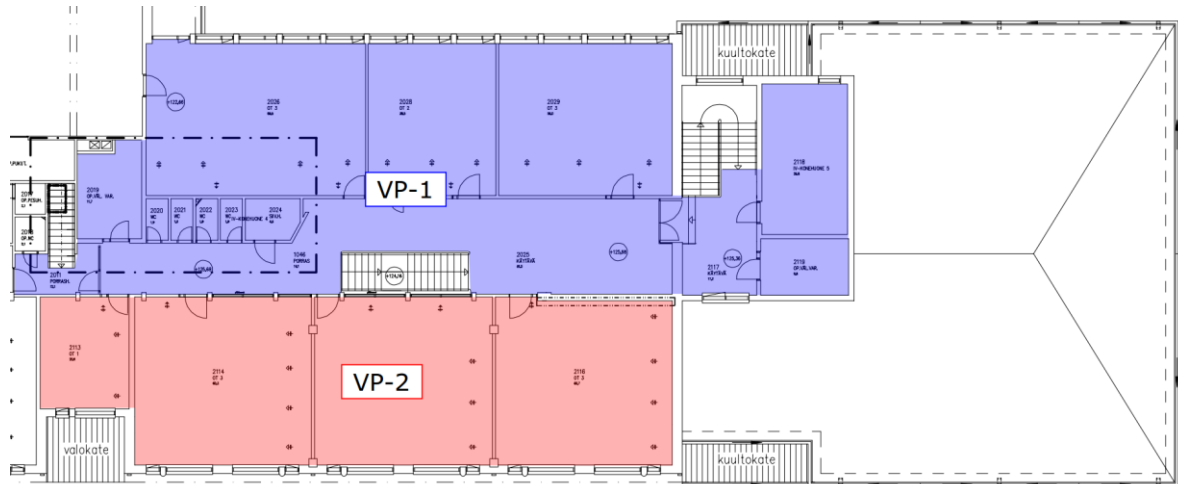
Ikkunat, ovet ja niiden liitosrakenteet

- Ikkunarakenteiden nykyinen käyttöikä on suositeltavaa käyttää loppuun. Keskimäärin käyttöikä on jäljellä 6–8 vuotta. Tämän jälkeiselle ajalle suositellaan seuraavaa:
 - Kaikki vuonna 1991-asennetut puuikkunat uusitaan. Samassa yhteydessä suositellaan uusittavan puupaneloidut ulko-ovet.
 - Uusimisessa tulee alkuperäisosan osalta huomioida vanhat tervalta tuoksuvat apukarmit. Ne tulee uusimistyön yhteydessä poistaa ja liitospinnat tulee tarvittaessa käsitellä haitta-ainekapselointiin soveltuvalla tuotteella, kuten epoksilla.
 - Kokonaisuutena ikkunarakenteiden uusimisessa tulee huomioida, että karmin ja ulkoseinän välisen liittymäkohdan vesitiiveyteen kiinnitetään riittävästi huomiota. Käytännössä tämä tarkoittaa joko erillisen tiivistysmassan tai liimatun tiivistenauhan käyttöä karmi-ulkoseinä rajapinnassa.
- Rakennuksen ulko-ovia ei ole rakenteellisen kunnan puolesta tarpeen uusia siinä yhteydessä, kun puuikkunat uusitaan. Niiden kunto on kokonaisuutena todettu hyväksi. Peruskorjauksessa ulko-oville suositellaan huoltomaalaus- ja kunnostuskorjauksia, joiden yhteydessä myös tiivisteet uusitaan.

4.4 Välipohja

4.4.1 Rakenne

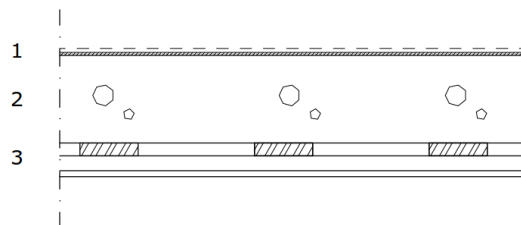
Rakennuksessa on käytetty kahta välipohjatyyppeä. Alla on esitetty rakennetyyppien sijainnit, sekä rakenneteknisten tutkimusten perusteella todetut rakennetyypit.



Kuva 65. Rakennuksen toisen kerroksen pohjapiirustus, jossa on esitetty välipohjarakenteiden sijainnit.

Rakennetyyppi VP-1

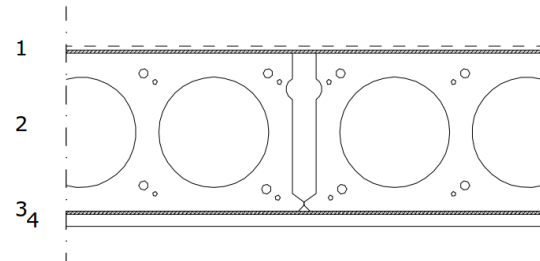
Betonivälipohja,
rakenneavauksista todettu rakenne



- | | | |
|-----------|--------------------|---|
| 1. | 7 mm | Muovimatto + tasoite |
| 2. | 150 mm /
240 mm | Luokkatiloissa 150 mm ylälaattapalkisto, käytävillä 240 mm ylälaattapalkisto, porrashuoneessa 240 mm massiivibetonilaatta |
| 3. | -- mm | Luokkatiloissa ristiinkoolaus ja akustiikkalevytys / Käytävällä ripustettu alakatto |

Rakennetyyppi VP-2

Ontelolaattavälipohja,
rakenneavauksista todettu rakenne



- | | | |
|-----------|--------|---------------------------|
| 1. | 2 mm | Muovimatto + tasoite |
| 2. | 240 mm | Ontelolaatta |
| 3. | -- mm | Tasoite |
| 4. | -- mm | Akustiikkalevytys / Maali |

4.4.2 Havainnot ja mittaustulokset, kenttätutkimus

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Rakennuksen välipohjia tarkasteltiin aistinvaraisesti sekä rakenneavauksin. Pintamateriaalien ja ripustettujen alakattojen aistinvaraiset havainnot on esitetty luvussa 4.6 *Väliseinät ja pintarakenteet*. Välipohjiin tehtiin yhteensä 5 kpl rakenneavauksia, joiden avulla tarkastettiin toteutetut rakennetyypit ja arviointiin välipohjien kosteusteknistä toimivuutta.

Rakenneavausten perusteella C-osan välipohjat on alkuperäisellä osalla toteutettu betonisella ylälaattapalkistolla, jonka vahvuus on luokkatiloissa noin 150 mm ja käytävällä noin 240 mm. Laajennusosan porrashuoneen välipohja on toteutettu 240 mm vahvalla massiivibetonirakenteella ja luokkatilojen välipohja 240 mm vahvalla ontelolaattarakenteella. Välipohjien alapinnoilla on käytävien kohdilla ripustetut alakattorakenteet ja luokkatiloissa maali- ja akustiikkalevytyt.

Välipohjissa ei havaittu herkästi kosteusvaurioituvia materiaaleja eikä viitteitä vaurioista. Alkuperäisen osan käytävän välipohjassa havaittiin vanhoja, todennäköisesti asbestipitoisia putkieristeitä sekä nykyisen muovimaton alla vanha, asbestipitoinen musta liima.



Kuva 66. Rakenneavaus VP-2 alkuperäiseen osaan. Välipohja on betonirakenteinen. Alapinnassa on vaihdellen puukoolaus ja akustiikkalevytys sekä ripustettu alakatto.



Kuva 67. Rakenneavaus VP-3 laajennusosaan. Välipohja on ontelolaattarakenteinen. Alapinnassa on vaihdellen maali ja akustiikkalevytys.

Rakennusmateriaalien asbestianalyysit

Välipohjarakenteen VP-1 nykyisen muovimattopäällysteen alapuolella havaittiin käytävällä 2025 vanha musta liima, josta otettiin näyte asbestianalyysiin. Asbestianalyysin tulos on esitetty seuraavassa taulukossa. Analyysivastaus on kokonaisuudessaan raportin liitteenä.

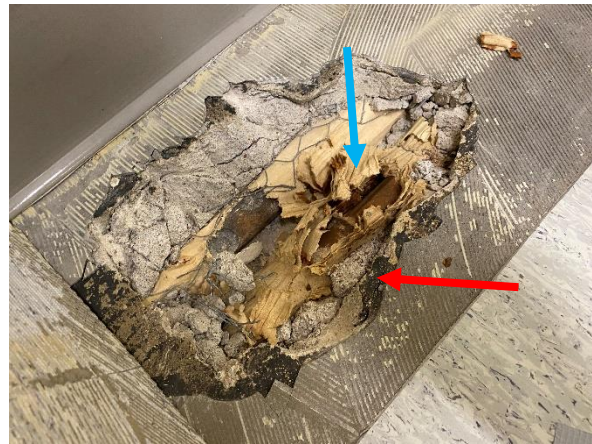
Taulukko 13. Välipohjan VP-1 materiaalinäytteen asbestianalyysin tulos.

Näytenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
ASB 1 (AHA 1), RA-VP 5 Käytävä 2025	VP-1	Musta liima + tasoite	Musta liima sisältää asbestia (krysotiili)

Laboratorioanalyysin mukaan käytävän 2025 nykyisen muovimaton alapuolella oleva musta liima sisältää asbestia. Välipohjan tasoite ei sisällä asbestia. Mustan liiman kokonaislaajuutta ei kartoitettu tutkimuksen yhteydessä, vaan näyte on otettu yksittäisestä rakenneavauksesta. Lisäksi rakenneavauksesta havaitut vanhat putkieristeet sisältävät todennäköisesti asbestia.



Kuva 68. Käytävän rakenneevauksen RA-VP 5 kohdalla oleva musta liima sisältää asbestia (punainen nuoli).



Kuva 69. Rakenneevauksen RA-VP 5 kohdalla oleva musta liima sisältää asbestia (punainen nuoli). Myös putkieristeet ovat todennäköisesti asbestipitoisia (sininen nuoli).

Pintakosteuskartoitus ja kosteusmittaukset

Betonirakenteisten välipohjien VP-1 ja VP-2 kosteusteknistä toimivuutta tutkittiin pintakosteuskartoituksella. Välipohjassa ei havaittu kohonneita pintakosteusarvoja.

4.4.3 Johtopäätökset

Rakennuksen välipohjat on toteutettu vähäriskisinä betonisina ylälaattapalkisto-, massiivibetoni- ja ontelolaattarakenteina. Välipohjissa ei ole käytetty orgaanista materiaalia, joten niiden kosteus- ja mikrobivaurioitumisen riski on vähäinen, eikä tutkimushetkellä välipohjissa havaittu vaurioita. Tutkimusten yhteydessä käytävällä, nykyisen muovimaton alapuolella havaittiin asbestipitoinen musta liima, joka tulee ottaa huomioon seuraavan pintamateriaaleihin kohdistuvien muutostöiden yhteydessä.

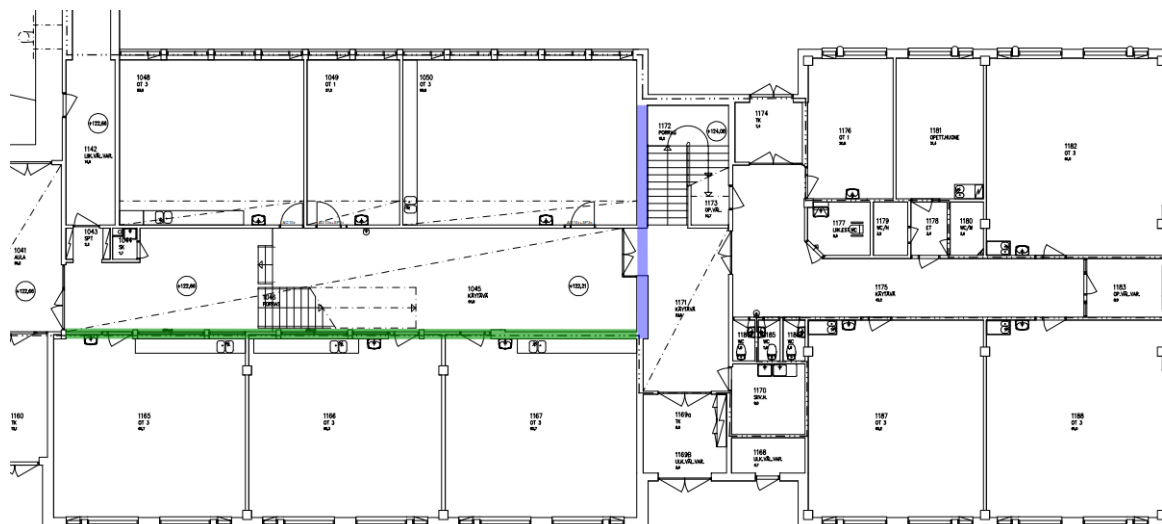
4.4.4 Toimenpide-ehdotukset

Välipohjille ei tässä yhteydessä esitetä korjaustoimenpiteitä. Seuraavien pintarakenteisiin kohdistuvien korjaustoimenpiteiden yhteydessä tulee ottaa huomioon käytävällä nykyisen muovimaton alapuolella oleva asbestipitoinen musta liima sekä rakenteiden sisässä vanhoja, todennäköisesti asbestipitoisia putkieristeitä.

4.5 Väliseinät ja pintarakenteet

4.5.1 Rakenne

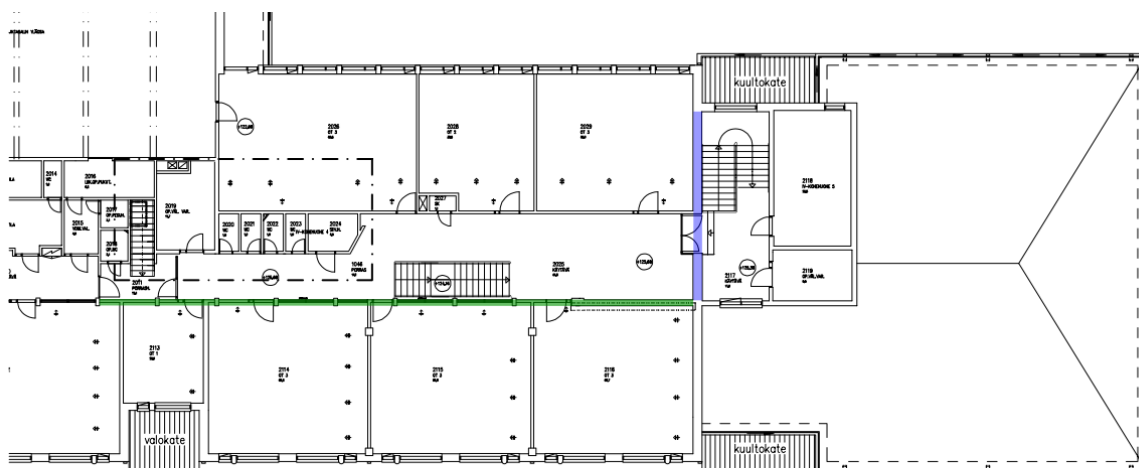
Lähtötietomateriaalien perusteella C-osan väliseinät ovat pääosin betoni- ja tiilirakenteisia. Väliseinärakenteiden rakenneavaukset toteutettiin ainoastaan alkuperäisen osan ja laajennusosan väliseen porrashuoneen väliseinärakenteeseen (vanha ulkoseinä). Alla olevissa pohjapiirustuksissa on esitetty niiden väliseinien sijainnit, jotka ovat olleet alun perin ulkoseinärakenteita. Lisäksi alla on esitetty tutkitun porrashuoneen väliseinän rakennetyyppi.



- = VS-1 (jäykistävä väliseinä, vanha ulkoseinä)
- = Tiilirakenteinen väliseinä (vanha ulkoseinä)

Mualla väliseinät betoni- ja tiilirakenteisia

Kuva 70. C-osan ensimmäisen kerroksen pohjapiirustus, jossa on esitetty nykyisten väliseinien, mutta alkuperäisten ulkoseinien sijainnit.



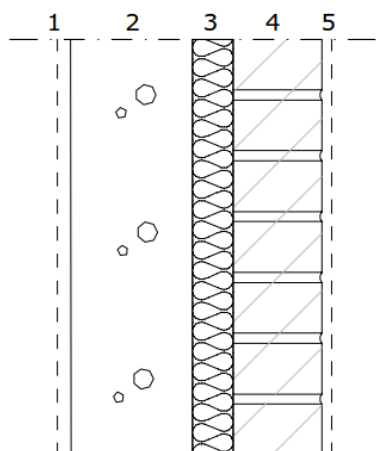
- = VS-1 (jäykistävä väliseinä, vanha ulkoseinä)
- = Tiilirakenteinen väliseinä (vanha ulkoseinä)

Mualla väliseinät betoni- ja tiilirakenteisia

Kuva 71. C-osan toisen kerroksen pohjapiirustus, jossa on esitetty nykyisten väliseinien, mutta alkuperäisten ulkoseinien sijainnit.

Rakennetyyppi VS-1

Porrashuoneen väliseinä (vanha ulkoseinä),
rakenneavauksista todettu rakenne



- | | | |
|----|--------------|------------------|
| 1. | 20 mm | Maali ja rappaus |
| 2. | 160...180 mm | Betoni |
| 3. | 60...80 mm | Mineraalivilla |
| 4. | 130 mm | Tiiliverhous |
| 5. | 15...20 mm | Rappaus ja maali |

4.5.2 Havainnot asiakirjoista, lähtötiedot

Vuoden 2014 muutossuunnitelmien (A-Insinöörit, 9.5.2014) mukaan alkuperäisen osan ja laajennusosan välisestä poikittaisesta seinästä (vanha ulkoseinä) on purettu lämmöneriste, ulkokuori sekä sokkelirakennetta siten, että väliseinäarakenteeksi on jäänyt 130 mm paksu tiiliseinä rakenne. Väliseinälinja on esitetty väliseinien paikannuspiirustuksissa (kuvat 64 ja 65) vihreällä värillä.

4.5.3 Havainnot ja mittaustulokset, kenttätutkimus

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Väliseinät

Väliseinien kuntoa tarkasteltiin rakenneavausten avulla alkuperäisen ja laajennusosan välisen seinän eli alkuperäisen ulkoseinän osalta, muulta osin väliseinien kuntoa arvioitiin aistinvaraisesti. Alkuperäisen osan ja laajennuksen väliseen seinään (VS-1) tehtiin yhteensä 2 kpl rakenneavauksia, joiden avulla tarkastettiin toteutettu rakennetyyppi ja arvioitiin väliseinän kuntoa. Tällä kohdalla vanha ulkoseinä on jätetty sellaisenaan väliseinäarakenteeksi. Ulkoseinien rakenneavausten yhteydessä väliseinälinjan nurkassa olevalla ulkoseinäosuudella havaittiin korkki- ja tojalevyeristeinen sokkelirakenne, joka on todennäköisesti jätetty myös väliseinän kohdalla paikoilleen laajennusosan rakentamisen yhteydessä. Nykyinen väliseinä rakenne on toteutettu liittyvän ulkoseinän US-6 tavoin kivrakenteisena, jossa kuorimuurauksen ja jäykistävän betonimuurin välissä on mineraalivillaeriste. Mineraalivillaeristeestä otettiin näytteet mikrobianalyysiin, koska kyseinen seinärakenne on aiemmin toiminut ulkoseinä. Rakenneavausten perusteella nykyisen väliseinän ja liittyvän ulkoseinän US-6 eristetilat ovat ilmayhteydessä toisiinsa.



Kuva 72. Alkuperäisen osan ja laajennusosan välistä seinää eli porrashuoneen 1172 ja luokkatilojen 1050 ja 2029 välistä seinää tutkittiin rakenneavauksin.



Kuva 73. Rakenneavaus VS-1 alkuperäisen osan ja laajennusosan väliseen seinään. Seinärakenne on alkuperäisen ulkoseinärakenteen US-6 mukainen. Ulko- ja väliseinän eristetilat ovat ilmayhteydessä toisiinsa.

Pintarakenteet

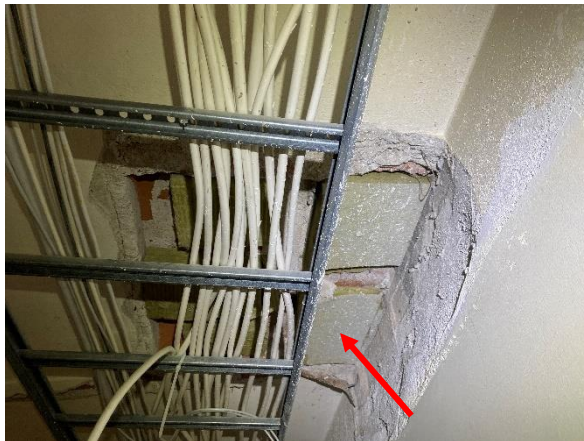
Tilojen pintarakenteet ovat pääosin vuosilta 2005 ja 2014. Rakennuksen tilapintojen kuntoa arvioitiin aistinvaraisen tarkastelun perusteella. Lattiapinnoilla on kuivissa tiloissa pääosin muovimatto ja muovilaatta sekä märkätiloissa muovimatto. Seinäpinnat ovat kuivissa tiloissa pääosin maalipinnalla, ja märkätiloissa seinäpinnoilla on keraaminen laatoitus. Vesikalusteet ovat pääosin vuodelta 1991. Vesikalusteissa ei havaittu merkittäviä toimintapuuutteita. Rakennuksen seinä- ja lattiapinnat ovat pääosin hyväkuntoisia, eikä niissä havaittu tavanomaisesta kulumisesta poikkeavaa vaurioitumista.

Luokkatilojen alakatoissa on käytetty pääosin reunapinoitettuja sekä rei'itettyjä akustiikkalevyjä. IV-kanavien kohdilla on erilliset kotelorakenteet ja käytävillä on ripustetut, säleikköpinta-iset alakattorakenteet. Käytävien ripustettuja alakattorakenteita sekä luokkatilojen kotelorakenteita avattiin satunnaisotannalla. Luokkatilojen kotelorakenteissa havaittiin vähäisesti pölykertymää, mutta niissä ei havaittu irrallisia mineraalivillakuituja. Luokkatilan 1166 kotelorakenteessa havaittiin pinnoittamattoman patteriputken alapuolella kuivuneita vesivuotojälkiä. Käytävien ripustetuissa alakatoissa havaittiin yksittäisiä pinnoittamattomia mineraalivillalevyjä, joista voi irrota kuituja sisäilmaan. Lisäksi käytävien alakattorakenteiden yläpuolella on runsaasti LVI-putki- ja kanava-asennuksia, joiden ympärillä on eristeenä pinnoittamatonta mineraalivillaa.

Aistinvaraisesti siivouksen taso on hyvä, eikä tilapinnoilla havaittu merkittävästi huonepölyä.



Kuva 74. Luokkatilan 1166 kotelorakenne (RA-US 13). Kotelon pinnoilla on pientä pölykertymää, mutta muulta osin kotelo on siisti.



Kuva 76. Käytävällä 2025 alakatossa havaittiin mineraalivillaeristeitä.

Kuva 75. Luokkatilan 1166 kotelorakenteessa patteriputken vaakaosan eristämättömän osan kohdalla havaittiin kuivuneita vesivuotojälkiä.



Kuva 77. Alakattorakenne käytävän 2025 kohdalla. Reuna-alueella on mineraalivillaeristettä, josta voi irrota mineraalivillakuituja sisäilmaan.

Rakennusmateriaalien mikrobinalyysit

Väliseinistä otettiin yhteensä 2 kpl materiaalinäytteitä mikrobianalyysia varten. Alla olevassa taulukossa on esitetty suoraviljelyllä tehtyjen mikrobianalyysien tulokset. Poikkeavat tulokset on **lihavoitu**. Laboratorion analyysivastaus on kokonaisuudessaan tämän tutkimusraportin liitteenä.

Taulukko 14. Väliseinien materiaalinäytteiden mikrobianalyysien tulokset.

Näytenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
MN 23, RA-VS 1, käytävä 2117, seinän keskiosa	VS-1	Mineraalivilla	Ei mikrobikasvustoa
MN 24, RA-VS 2, porrashuone 1172, seinän keskiosa	VS-1	Mineraalivilla	Mikrobikasvustoa

Porrashuoneen 1172 alkuperäisen osan ja laajennusosan välisessä seinässä eli alkuperäisessä ulkoseinässä havaittiin toisessa otetussa näytteessä mikrobikasvustoa. Materiaalinäyte on otettu läheltä ulkoseinälinjaa, jossa väliseinän ja ulkoseinän eristetilat ovat yhteydessä toisiinsa.

Ilmavuototarkastelut

Alkuperäisen osan ja laajennusosan välisen seinän VS-1 ilmatiivyyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti, merkkiainekokein ja lämpökuvauksella. Lämpökuvauksen tutkimustulokset on esitetty omana raporttinaan (*Lämpökuvausraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*). Alle on koottu keskeisimmät C-osan lämpökuvauksen ilmavuotohavainnot. Merkkiainetutkimuksessa tehdyt havainnot on esitetty kootusti seuraavassa taulukossa.

Lämpökuvauksessa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa väliseinäliitosten VS-1 ilmatiiveydestä tehtiin seuraavia havaintoja:

- o Rakennevauksesta tehtyjen aistinvaraisten havaintojen perusteella väliseinän eristetilä on ilmayhteydessä liittyvän ulkoseinärakenteen (US-6) eristetilan kanssa.

Taulukko 15. Väliseinän VS-1 merkkiainekokeiden tulokset

Mittauspiste ja tila	Rakenne-tyyppi	Kaasun-syöttö-piste	Paine-ero	Havainnot
MAK-VS 1 2029 Opetus-tila, 2. krs	VS-1	Mineraali-villaeriste	-9,6 Pa	Vähäistä ilmavuotoa sähkökaapelikourun kiinnikkeiden kohdilta sekä välipohjan ja väliseinän liitoksesta.



Kuva 78. Merkkiainekoe VS 1. Merkkiainekokeessa havaittiin vähäistä ilmavuotoa sähkökaapelikourun kiinnikkeiden kohdilta sekä välipohjan ja väliseinän liitoksesta.

Ilmavuototarkastelun perusteella jäykistävän vanhan ulkoseinän, mutta nykyisen väliseinän VS-1 eristetila on yhteydessä liittyvän ulkoseinän eristetilan kanssa. Eristetilasta on sisäilmaan yhteys ainoastaan vähäisissä määrin välipohjaliitoksen sekä sisäkuoren lävistävien kiinnikeläpivientien kohdilta.

4.5.4 Johtopäätökset

Väliseinät

Rakennuksen C-osan väliseinät on toteutettu pääosin betoni- ja tiilirakenteisina. Laajennusosan rakentamisen yhteydessä päätyseinä on jäänyt kahden rakennusvaiheen väliseksi väliseinäksi (VS-1), mutta rakenne on säilytetty kokonaisuudessaan ulkoseinän mukaisena rakenteena. Päätyseinän ulkoseinä- ja väliseinäosissa havaittiin poikkeavaa mikrobikasvustoa seinän eristetilassa sekä sokkelirakenteen tojalevy- ja korkkieristeissä, joten mikrobivaurioitumisen riski on rakenteessa toteutunut. Ilmavuototarkastelussa väliseinän eristetilasta havaittiin liitosrakenteiden kautta vähäistä ilmavuotoa sisäilmaan. Epätiiviskohtien kautta ulkoseinien mikrobiperäisillä epäpuhtauksilla on paikallisesti pääsy sisäilmaan, kun tilat ovat alipaineisia. Väliseinälinja sijaitsee ainoastaan porrashuoneen 1172 sekä viereisten luokkatilojen 1050 ja 2019 kohdilla, joten kokonaisuuden näkökulmasta väliseinän olosuhteilla on paikallinen sisäilman laatua heikentävä vaikutus.

Pintarakenteet

Rakennuksen seinä- ja lattiapintarakenteiden ikä vaihtelee, mutta pintarakenteet ovat 2000-luvulta ja niillä on vielä teknistä käyttöikää jäljellä. Rakennuksen seinä- ja lattiapinnoilla ei havaittu tavanomaisesta kulumisesta poikkeavaa vaurioitumista. Myöskään vesikalusteissa ei havaittu toimintaputteita. Vesikalusteet ovat 1990-luvun alkupuolelta, joten myös niillä on vielä teknistä käyttöikää jäljellä. Käyttöpinoilla ei tutkimushetkellä havaittu tavanomaisesta kulumisesta poikkeavaa vauri-

oitumista, mutta luokkatilan 1166 kotelorakenteessa havaittiin paikallisia patteriputkesta aiheutuneita vesivuotojälkiä. Alakattorakenteissa havaittiin paikallisia mineraalivillakuitulähteitä. Alakatoissa havaittiin käytävien kohdilla irrallista mineraalivillaa, josta voi irrota teollisia mineraalivillakuituja sisäilmaan.

4.5.5 Toimenpide-ehdotukset

4.5.5.1 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

Väliseinä VS-1

Toimenpiteet muuratun tiilen puolelta (porrashuone)

- Muuratun tiilen puolelta tiivistyskorjaus tehdään koko seinärakenteeseen seuraavasti:
 - Rakenteen sisäpinnasta poistetaan maali.
 - Rakenneliittymät vaakarakenteisiin ja rakenteen läpäisevät oviliittymät tiivistyskorjataan erillistä vahvikenauhaa ja vedeneristemassaa käyttäen.
 - Muu seinäosa tiivistyskorjataan joustavaa vedeneristemassaa käyttäen
 - Tiivistyskorjausmassa suojataan erillisellä kuituvahvistetulla tasoitteella. Pintarakenne maalataan.

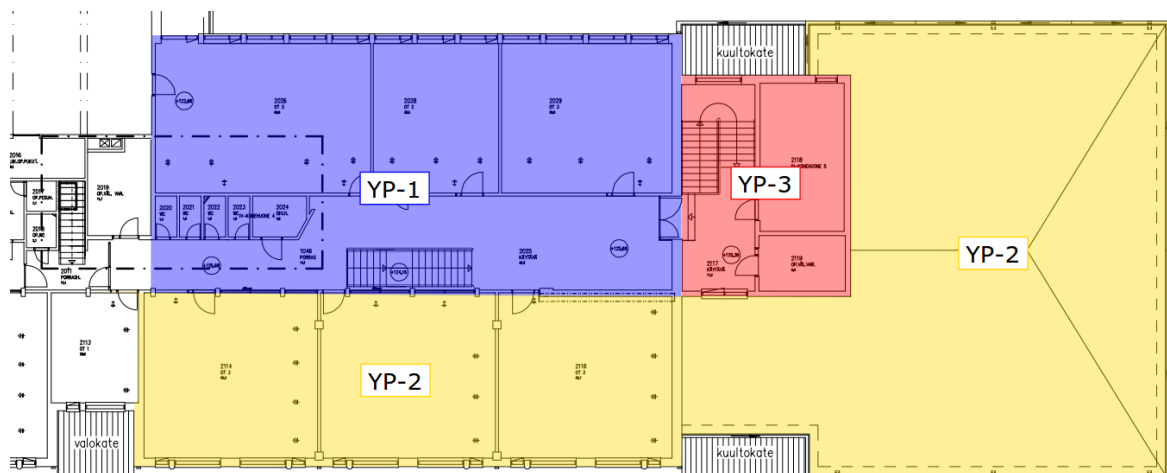
Toimenpiteet betonirakenteen puolelta (luokkahuoneet)

- Betonirakenteen puolelta suositellaan seuraavia toimenpiteitä:
 - Ne kohdat, jossa betonirakenteeseen on tehty rakenteen läpäiseviä porauksia tai suuria kiinnityksiä, tiivistyskorjataan paikallisesti

4.6 Yläpohjat ja vesikatot

4.6.1 Rakenne

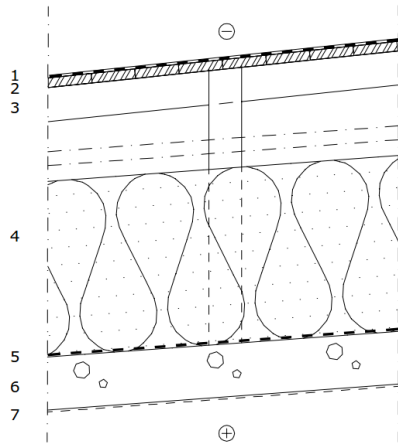
Rakennus koostuu kolmesta erilaisesta yläpohjarakennetyypistä. Alla on esitetty rakennetyyppien sijainnit sekä rakenneteknisten tutkimusten perusteella todetut rakennetyypit.



Kuva 79. C-osan toisen kerroksen pohjapiirustus, johon on esitetty yläpohjarakenteiden sijainnit.

Rakennetyyppi YP-1

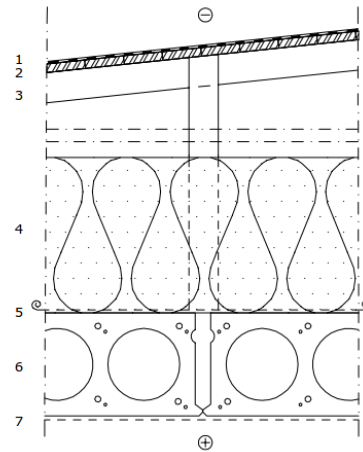
Ylälaattapalkisto, alkuperäinen osa,
rakenneavauksista todettu rakenne



- | | | |
|----|--------|-------------------------------------|
| 1. | -- mm | Bitumikermikate |
| 2. | 23 mm | Ponttilaudoitus |
| 3. | -- mm | Kattokannattajat + ilmatila |
| 4. | 600 mm | Puhallusvilla |
| 5. | -- mm | Bitumikermi |
| 6. | 120 mm | Betonilaatta
(ylälaattapalkisto) |
| 7. | 5 mm | Maali ja tasoite |

Rakennetyyppi YP-2

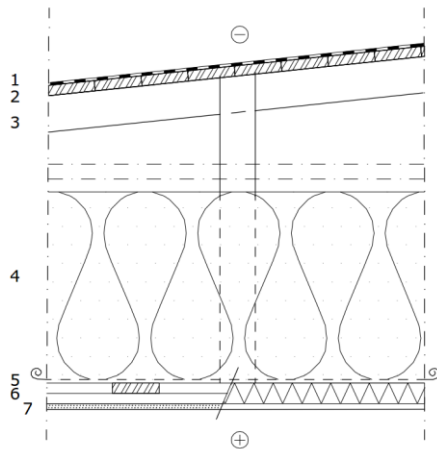
Ontelolaattayläpohja, laajennus,
rakenneavauksista todettu rakenne



- | | | |
|----|-----------|-----------------------------|
| 1. | -- mm | Bitumikermikate |
| 2. | 23 mm | Ponttilaudoitus |
| 3. | -- mm | Kattokannattajat + ilmatila |
| 4. | 400 mm | Puhallusvilla |
| 5. | -- mm | Höyrynsulkumuovi |
| 6. | n. 200 mm | Ontelolaatta |
| 7. | -- mm | Maali |

Rakennetyyppi YP-3

Puurakenteinen yläpohjarakenne, porrashuone,
rakenneavauksista todettu rakenne



1. -- mm Bitumikermikate
2. 23 mm Ponttilaudoitus
3. -- mm Kattokannattajat + ilmatila
4. 500 mm Puhallusvilla + puiset runkorakenteet
5. -- mm Höyrynsulkumuovi
6. 50 mm Porrashuoneessa koolaus / IV-konehuoneen kohdalla mineraalivilla
7. -- mm Porrashuoneessa alakattolevytys / IV-konehuoneen kohdalla sinkitty peltilevy

4.6.2 Havainnot ja mittaustulokset, kenttätutkimus

4.6.2.1 Vesikatto ja räystäät yleisesti

Rakennuksen C-osalla vesikatteena on bitumikermikate. Vesikate on yleisilmeeltään siisti ja on kuntoon tyydyttävä. Vesikatetta on aistinvaraisten havaintojen perusteella paikkailtu yksittäisiltä kohdilta. Vesikatolla havaittiin vähäisissä määrin sammalkasvustoa.

Vesikatteelle on jälkiasennuksina lisätty läpivientejä, kuten alipainetuulettimia ja viemärin tuuletusputkia, jotka on asennettu pinta-asennuksena bitumikermin päälle. Läpivientikappaleet ovat irtoilleet alustastaan, minkä seurauksena liitoksia on tiivistetty erinäisillä tiivistysmassoilla. Massaukset ovat kuitenkin haurastuneet lämmön ja UV-säteilyn vaikutuksesta sekä halkeilleet, minkä vuoksi liitokset eivät ole tiiviitä. Läpiviennit toimivat merkittävinä vesivuotojen riskipaikkoina. Tutkimus-
hetkellä yläpohjatiloissa ei kuitenkaan havaittu aktiivisia vesivuotoja.

Vesikaton vedenpoisto on järjestetty sadevesikourujen ja syöksytorvien avulla rakennuksen vierustalla oleviin sadevesikaivoihin. Sadevesikouruissa havaittiin erinäisissä määrin likakertymää. Sadevesijärjestelmä on suurimmalta osin varustettu sulanapitokaapelein. Porrashuoneen kohdalta sadevesikourusta kuitenkin puuttuu sulanapitokaapeli, minkä vuoksi sadevesikouruun pääsee talviaikaan kerääntymään lunta ja jäätä. Kouru on lumen ja jään painon seurauksena painunut ja sulamisvedet pääsevät ohjautumaan hallitsemattomasti katolle.

Yläpohjatilat pääsevät tuulettumaan räystäiden sekä vesikatolla olevien alipainetuulettimien kautta. Yläpohjatiloiissa havaittujen jälkien perusteella tuuletus ei ole katon pinta-alaan nähden täysin riittävää. Tuulettuvuuspuutteista aiheutuneita jälkiä havaittiin erityisesti yläpohjan ja siihen liittyvän korkeampien osien, kuten porrashuoneiden liitosalueilla. Räystäät on toteutettu avoimena siten, että räystäärakenteissa ei ole suunnitelmassa esitettyjä erillisiä vastapellityksiä, eikä myöskään pieneläinverkoja.



Kuva 80. Vesikate on yleisilmeeltään siisti. Liittyvien korkeampien osien kohdilla yläpohjan tuulettuvuus on heikompi kuin muualla.



Kuva 81. Vesikatetta on paikkailtu yksittäisiltä kohdilta.



Kuva 82. Vesikaton läpivientejä on myöhemmin uusittu ja ne on asennettu bitumikermikatteen päälle.



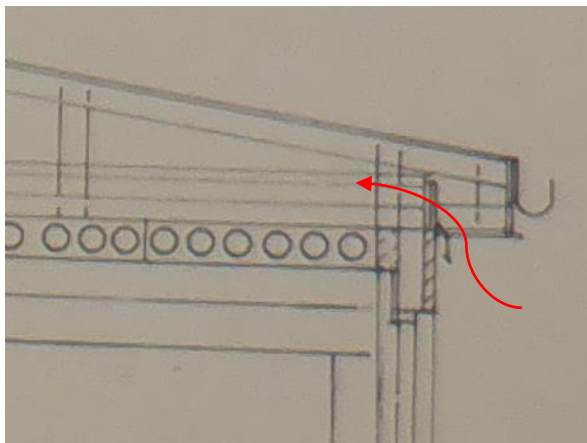
Kuva 83. Läpivientien liitokset eivät ole tiiviitä.



Kuva 84. Läpivientejä on paikkailtu erinäisillä massoilla, mutta paikkaukset ovat monin paikoin repeilleet ja haurastuneet.



Kuva 85. Yläpohjatila tuulettuu leveän räystäärakenteen kautta. Räystäät on toteutettu ilman pieneläinverkkoja.



Kuva 86. Leikkaus laajennusosan räystäärakenteesta (Hans Danielsson Oy, 1991). Räystäs pääsee tuuletumaan, mutta vesikaton aluslaudoituksesta paikoin havaittujen jälkien vuoksi tuuletusta ei voida pitää täysin riittävänä.



Kuva 87. Korkeamman osan eli porrashuoneen räystäärakenne. Tällä kohdalla ei ole sulanapitokaapeleita, minkä vuoksi räystäskouruun kerääntyy talviaikaan lunta ja jäätä. Lumen ja jään painosta sadevesikouru on vääntynyt.

4.6.2.2 Betonirakenteiset yläpohjat, YP-1 ja YP-2

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

Yläpohjarakenteen kuntoa tarkasteltiin aistinvaraisesti yläpohjatilasta sekä rakenneavauksin.

Alkuperäisen osan yläpohja, YP-1

Alkuperäisen osan yläpohja on toteutettu betonirakenteisella ylälaattapalkistolla. Ylälaattapalkiston yläpinnassa on höyrynsulkukermi ja puhallusvilla. Puhallusvillan eristevahvuus on noin 600 mm. Yläpohjan lämmöneristeen ja puurakenteiden havaittiin alkuperäisellä osalla olevan hyväkuntoisia. Yläpohjarakenne on tutkimusten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella toteutettu suunnitelmien mukaisena rakenteena. Lähtötietojen mukaan yläpohjan vesikate, kattotuolit, lämmöneristeen ja alakatto on uusittu peruskorjauksen yhteydessä vuonna 1991, mutta aistinvaraisten havaintojen perusteella yläpohjan puhallusvilla sekä vesikatteen aluslaudoitus on uusittu myös vuoden 2014 korjausten yhteydessä. Rakennustyöselityksen mukaan alkuperäisellä osalla on aiemmin ollut pulpettikatto, mutta laajennusosan rakentamisen yhteydessä kattomuoto on muutettu harjakatoksi.



Kuva 88. Yleiskuvaa yläpohjatilasta alkuperäisen osan kohdalta. Yläpohjan puhallusvilla ja vesikaton aluslaudoitukset on uusittu ja ne ovat hyväkuntoisia.



Kuva 89. Rakenneavaus RA-YP 4. Kantavan betonilaatan yläpinnassa on höyrynsulkukermi.

Laajennusosan yläpohja, YP-2

Laajennusosan yläpohja on toteutettu ontelolaattarakenteella, jonka yläpinnassa on höyrynsulkumuovi ja puhallusvilla. Puhallusvillan eristevahvuus on noin 400 mm. Aistinvaraisten havaintojen perusteella yläpohjarakenteet, lämmöneriste ja vesikaton alusrakenteet ovat alkuperäisiä eli vuodelta 1991. Yläpohjarakenne on tutkimusten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella toteutettu suunnitelmien mukaisena rakenteena. Vesikatteen aluslaudoituksessa havaittiin paikoittain tuulettuvuuspuutteisiin viittaavia jälkiä. Yläpohjatila pääsee tuulettumaan avonaisten räystäiden ja alipainetuulettimien kautta, mutta yläpohjatila on pinta-alaltaan suuri, minkä takia keskialueella tuulettuvuus on heikompaa. Heikosta tuulettumisesta aiheutuneet jäljet ovat tyypillistä sellaisissa yläpohjan puurakenteissa, jotka ovat käsittelemätöntä puutavaraa. Jäljet ei näin ollen yksinään vaadi korjaustoimenpiteitä.

Laajennusosan yläpohja sijaitsee alkuperäistä osaa ylempänä, minkä vuoksi liitoksessa on porrastusta. Liitoskohtaan on asennettu pystyyn lämmöneriste, mutta lämpökuvauksessa liitoksesta havaittiin merkittävässä määrin ilmavuotoja. Oletettavaa on, että laajennusosan yläpohjan höyrynsulkumuovin ja alkuperäisen osan höyrynsulkukermin liitos ei ole tällä kohdalla tiivis, eikä lämmöneristemäärä ole liitoksessa riittävää.



Kuva 90. Yleiskuva laajennusosan yläpohjatilasta. Yläpohjan puhallusvilla on todennäköisesti alkuperäinen.



Kuva 91. Yläpohjatila alkuperäisen osan ja laajennusosan liitoksesta. Laajennusosalla rakenteen yläpinta on korkeammalla kuin alkuperäisen osalla.



Kuva 92. Laajennusosan vesikatteen aluslaudoitus on alkuperäinen ja siinä on havaittavissa erityisesti keski-alueella jälkiä, jotka viittaavat yläpohjatilan heikkoon tuulettuvuuteen.



Kuva 93. Rakennearaus RA-YP 2. Ontelolaa-
tan yläpinnassa on höyrynsulku-
muovi.

Rakennusmateriaalien asbestianalyysit

Yläpohjan YP-1 höyrynsulkukermistä otettiin näyte asbestianalyysiin. Asbestianalyysin tulos on esitetty seuraavassa taulukossa. Analyysivastaukset ovat kokonaisuudessaan raportin liitteenä.

Taulukko 16. Yläpohjan höyrynsulkukermin asbestianalyysin tulos.

Näytenumero ja näytteenotto- kohta	Rakenne- tyyppi	Materiaali	Tuloksen tulkinta
ASB 2 (AHA 4), RA-YP 4, alkuperäinen osa	YP-1	Höyrynsulkukermi	Ei sisällä asbestia

Alkuperäisen osan yläpohjan höyrynsulkukermi ei sisällä asbestia.

Rakennusmateriaalien PAH-analyysit

Yläpohjan YP-1 höyrynsulkukermistä otettiin näyte PAH-analyysiin. PAH-analyysin tulos on esitetty seuraavassa taulukossa. Analyysivastaukset ovat kokonaisuudessaan raportin liitteenä.

Taulukko 17. Yläpohjan höyrynsulkukermin PAH-analyysin tulos.

Näytenumero ja näytteenotto-kohta	Rakennetyyppi	Materiaali	PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus (PAH16) [mg/kg]
PAH 3 (AHA 4), RA-YP 4, alkuperäinen osa	YP-1	Höyrynsulkukermi	<16

Alkuperäisen osan yläpohjan höyrynsulkukermi ei sisällä vaarallista määrää PAH-yhdisteitä. Näytteen PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus ei ylitä vaarallisen jätteen raja-arvoa (200 mg/kg).

Ilmavuototarkastelut

Betonirakenteisten yläpohjien YP-1 ja YP-2 tiiviyyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti ja lämpökuvauksella. Lämpökuvauksen tutkimustulokset on esitetty omana raporttinaan (*Lämpökuvausraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*). Alle on koottu keskeisimmät lämpökuvauksen ilmavuotohavainnot C-osan osalta. Lämpökuvauksessa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa yläpohjaliitosten tiiveydestä tehtiin seuraavia havaintoja:

- Lämpökuvauksessa alkuperäisen osan ja laajennusosan liitoksesta havaittiin laaja-alaista ilmavuotoa sekä eristepuutteita.
- Lämpökuvauksessa yläpohjan liitoksista ulko- ja väliseiniin havaittiin laaja-alaisia ilmavuotoja.
- Lämpökuvauksessa havaittiin paikallisia ilmavuotoa yläpohjien läpivientien kohdilta.
- Aistinvaraisesti käytävän 1175 ripustetussa alakatossa havaittiin alue, jossa betonirakenteista yläpohjaa on lovettu siten, että rakenteeseen muodostuu kylmäsilta yläpohjatilan ja sisäilman välille. Alue erottui lämpökuvauksessa paikallisesti ympäröiviä rakenteita viileämpänä.

4.6.2.3 Puurakenteinen yläpohja, YP-3

Yleiset havainnot ja rakenneavaukset

C-osan porrashuoneen ja IV-konehuoneen yläpohja on toteutettu puurakenteisena ja puhallusvillalla lämmöneristettynä rakenteena. Aistinvaraisten havaintojen perusteella yläpohjarakenteet, lämmöneriste ja vesikaton alusrakenteet ovat alkuperäisiä eli vuodelta 1991. Vesikatteen aluslaudoituksessa havaittiin paikoittain tuulettuvuuspuutteisiin viittaavia jälkiä. Yläpohjatila pääsee tuulettumaan avonaisten räystäiden kautta, mutta tuuletus ei ole havaintojen perusteella riittävää. Yläpohjarakenne on tutkimusten yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella toteutettu suunnitelmien mukaisena rakenteena.

Puurakenteisen yläpohjan alapinnassa on höyrynsulku ja koolaus, johon on kiinnitetty käytävällä alakattolevytys ja IV-konehuoneessa 2118 sinkitty poimulevy. IV-konehuoneessa alakatto on suojattu mineraalivillalla pinnoitetulla peltilevyllä, josta voi irrota mineraalivillakuituja sisäilmaan. IV-konehuone ei kuitenkaan ole suorassa yhteydessä käyttötiloihin, joten sisäilmayhteys käyttötiloihin on epätodennäköinen.



Kuva 94. Yleiskuva puurakenteisesta yläpohjatilasta. Vesikatteen aluslaudoituksessa on yläpohjan heikkoon tuulettumiseen viittaavia jälkiä.



Kuva 95. Rakennearvaus RA-YP 6.

Ilmavuototarkastelut

Puurakenteisen yläpohjan YP-3 tiiviyyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti ja lämpökuvauksella. Lämpökuvauksen tutkimustulokset on esitetty omalla raporttinaan (*Lämpökuvausraportti, Ramboll Finland Oy, 20.3.2023*). Alle on koottu keskeisimmät lämpökuvauksen ilmavuotohavainnot C-osan osalta. Lämpökuvauksessa ja aistinvaraisissa tarkasteluissa yläpohjaliitosten tiiveydestä tehtiin seuraavia havaintoja:

- Lämpökuvauksessa alkuperäisen osan ja laajennusosan liitoksesta havaittiin laaja-alaista ilmavuotoa sekä eristepuutteita.
- Lämpökuvauksessa yläpohjan liitoksista ulko- ja väliseiniin havaittiin laaja-alaisia ilmavuotoja.
- Lämpökuvauksessa havaittiin paikallisia ilmavuotoa yläpohjien läpivientien kohdilta.
- IV-konehuoneen 2118 katossa havaittiin höyrynsulkumuovin läpäiseviä putkiläpivientejä, joiden kohdalla höyrynsulkumuovia ei ole asennettu tiiviisti, eikä läpivientien kohdilla ole käytetty erillistä läpivientikappaletta.



Kuva 96. Avoin läpivienti IV-konehuoneen 2118 katossa.

4.6.3 Johtopäätökset

4.6.3.1 Vesikatto ja räystäät

Vesikatteena on C-osalla bitumikermikate, jonka kunto on tyydyttävä. Yläpohjatilasta tarkasteltuna vesikatteessa ei havaittu aktiivisia vesivuotoja, mutta merkittävänä vesivuodon riskipaikkoina toimivat kuitenkin jälkiasennuksena kermikatteen päälle asennetut läpiviennit, joiden kiinnityskohtat eivät ole tiiviitä. Lisäksi avointen räystäsrakenteiden kautta on lumen, viistosateen sekä pieneläinten on mahdollista päästä yläpohjatilaa. Tutkimushetkellä viitteitä näistä ei kuitenkaan havaittu. Yksittäisillä kohdilla havaittiin myös sulanapitokaapeleiden puutteita, minkä takia lumi on painanut räystäskouruja siten, että vesi ohjautuu hallitsemattomasti vesikatolle.

4.6.3.2 Betonirakenteiset yläpohjat, YP-1 ja YP-2

Rakennuksen yläpohjat ovat pääosin ylälaatta- ja ontelolaattarakenteisia, joissa betonirakenteen yläpinnassa on puhallusvillaeriste ja vesikatteena bitumikermikate. Alkuperäisellä osalla on alun perin ollut pulpettikatto, mutta kattomuoto on laajennusosan rakentamisen yhteydessä muutettu harjakatoksi. Alkuperäisellä osalla rakenteen yläpinnassa on höyrynsulkuna bitumikermin ja laajennusosan höyrynsulkumuovi.

Yläpohjarakenne on itsessään kosteus- ja mikrobivaurioitumisen näkökulmasta vähäriskinen, sillä rakenteessa ei ole käytetty herkästi mikrobivaurioituvia materiaaleja. Alkuperäisen osan puhallusvilla sekä vesikatteen alusrakenteita on 2000-luvulla uusittu, mutta laajennusosalla ne ovat alkuperäisiä. Laajennusosalla vesikatteen alusrakenteissa oli keskialueella havaittavissa tuulettuvuuspuutteisiin viittaavia jälkiä. Tällaisia jälkiä voidaan kuitenkin pitää tyypillisinä tämän tyyppiselle yläpohjarakenteelle, eikä näin ollen yksinään vaadi käyttöä turvaavia korjaustoimenpiteitä. Alkuperäisen osan uusituissa yläpohjarakenteissa ei havaittu viitteitä vaurioista.

Ilmavuototarkastelun yhteydessä yläpohjan ilmatiiviydessä havaittiin puutteita. Tiiviyspuutteita havaittiin erityisesti alkuperäisen osan ja laajennusosan liitoksesta, yläpohjan liitoksista ulko- ja väliseiniin sekä yläpohjan läpivientien kohdilta. Epätiiviyskohtien kautta mahdollisilla epäpuhtauksilla on pääsy sisäilmaan erityisesti silloin, kun tilat ovat alipaineisia. Yläpohjatilassa ei tutkimushetkellä kuitenkaan havaittu sellaisia vaurioita, jotka merkittävästi heikentäisivät sisäilman laatua.

4.6.3.3 Puurakenteinen yläpohja, YP-3

Porrashuoneen ja IV-konehuoneen kohdalla yläpohja on puurakenteinen ja puhallusvillaeristeinen ja vesikatteena on bitumikermikate. Vesikatteen alusrakenteissa oli havaittavissa tuulettuvuuspuutteisiin viittaavia jälkiä. Tällaisia jälkiä voidaan kuitenkin pitää tyypillisinä tämän tyyppiselle yläpohjarakenteelle, eivätkä ne edellytä yksinään korjaustoimenpiteitä.

Ilmavuototarkastelun yhteydessä yläpohjan ilmatiiviydessä havaittiin puutteita. Tiiviyspuutteita havaittiin erityisesti yläpohjan liitoksista ulko- ja väliseiniin sekä yläpohjan läpivientien kohdilta. Epätiiviyskohtien kautta mahdollisilla epäpuhtauksilla on pääsy sisäilmaan erityisesti silloin, kun tilat ovat alipaineisia. Yläpohjatilassa ei tutkimushetkellä kuitenkaan havaittu sellaisia vaurioita, jotka merkittävästi heikentäisivät sisäilman laatua.

4.6.4 Toimenpide-ehdotukset

4.6.4.1 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

Vesikatto

- Pinta-asennuksena asennettujen läpivientien, kuten alipainetuulettimien ja tuuletusputkien uusiminen siten, että läpivienti asennetaan asianmukaisesti pinta- ja aluskermin väliin. Bitumikermikatetta uusitaan tältä alueelta paikallisesti.
- Yksittäisen vioittuneen räystäskourun uusiminen.
- Koko sadevesijärjestelmän varustaminen sulanapitokaapelein.
- Alipainetuulettimien lisääminen vesikatolle erityisesti rakennuksen keskialueelle.

4.6.4.2 Perusparannuksen yhteydessä tehtävät toimenpiteet

Vesikatto

- Vastapellitysten ja pieneläinverkkojen lisääminen räystäsrakenteisiin.

Yläpohjat YP-1, YP-2 ja YP-3

- Yläpohjan alapinnan ilmatiiveyttä parannetaan erityisesti pystyrakenteiden ja yläpohjan liittymän kohdilta. Tämän lisäksi kaikki läpivientikohdat tulisi tiivistää. Tavoiteltavana tiiveystasona tulisi pitää luokkaa 2, pistemäiset ilmavuodot sallitaan.

5. SISÄILMAN OLOSUHDE- JA EPÄPUHTAUSMITTAUSTEN TULOKSET

Noudatetaan:

- Asumisterveysasetus (545/2015)
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (osa I, III ja IV, 8/2016)
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista (1047/2017)
- Suomen rakentamismääräyskokoelman D-osa (LVI ja energiatalous)
- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016
- IVKT 2016, Suomen LVI-liitto
- LVV-kuntotutkimusopas 2013, Suomen LVI-liitto
- Työterveyslaitoksen viitearvot
- Työterveyslaitoksen laboratorio näytteenotto- ja käsittelyohje
- Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos 2017
- Sisäilmastoluokitukset 2018, Rakennustietosäätiö

Rakennuksen sisäilman olosuhteita (paine-ero, lämpötila, kosteus ja hiilidioksidi) sekä epäpuhtauksia (mineraalivillakuidut) mitattiin tutkimusten yhteydessä seuraavasti:

Taulukko 18. Toteutetut olosuhde- ja epäpuhtausmittaukset sekä niiden ajankohdat.

Mittauksen tyyppi	Mittauspisteet (kpl)	Ajankohta (pvm)	Kesto (vrk)
<i>Olosuhdemittaukset</i>			
Paine-ero sisäilman ja ulkoilman välillä	4 kpl		
Sisäilman lämpötila, kosteus ja hiilidioksidipitoisuus	4 kpl	25.5.2023-7.6.2023	14
Ulkoilman lämpötila ja kosteus	1 kpl		
<i>Epäpuhtausmittaukset</i>			
Mineraalivillakuitupitoisuudet tasopintojen pölylaskeumasta	10 kpl (yht. 3 tilaa, joissa 3-4 mittauspistettä/tila)	25.5.2023-7.6.2023	14

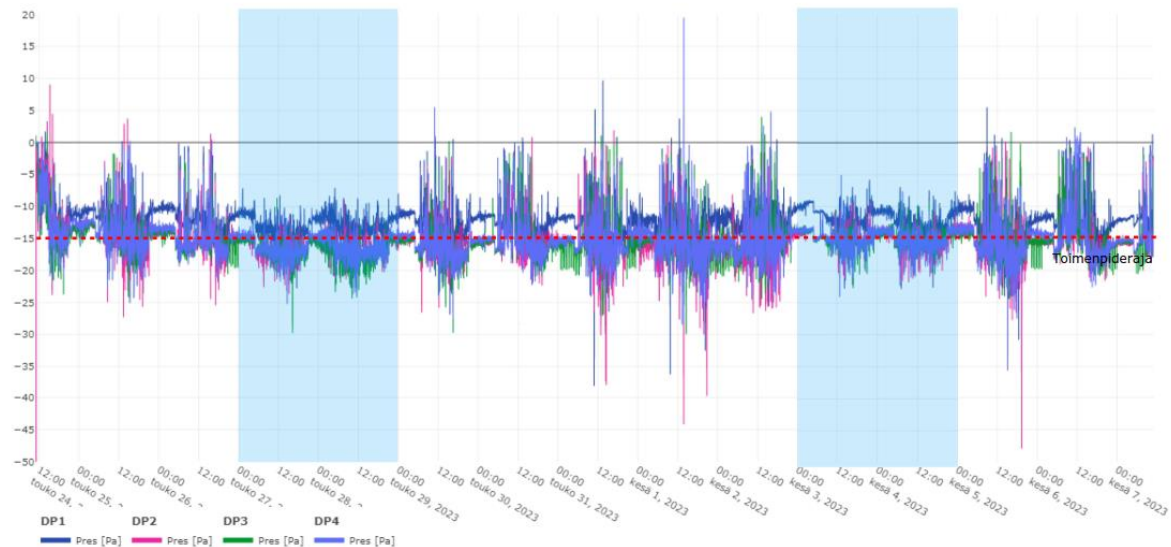
Olosuhde- ja epäpuhtausmittausten tulokset ovat kokonaisuudessaan tämän raportin liitteenä. Seuraaviin lukuihin on koottu yhteenvedot mittaustuloksista.

5.1 Paine-ero

Paine-eroa sisä- ja ulkoilman välillä tutkittiin neljästä eri tilasta: toisen kerroksen opetustilasta 2028 sekä ensimmäisen kerroksen opetustiloista 1050, 1167 ja 1187. Eri tilojen välillä ei havaittu merkittäviä poikkeavuuksia painesuhteissa, vaan painesuhteet vaihtelevat kaikissa tiloissa samantyyppisellä syklillä ilmanvaihtokoneiden aikaohjausten mukaisesti. Painesuhteissa on havaittavissa hetkittäisesti suurempaa vaihtelua, jotka ajoittuvat tuulisille päville. Tilaajalta saadun tiedon mukaan rakennuksen ilmanvaihtoa on puhdistettu ja säädetty juuri ennen mittausajankohtaa.

Paine-eromittausten perusteella sisätilat ovat pääosin merkittävästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero sijoittuu pääsääntöisesti noin -10...-20 Pa välille, mutta tilojen käytön aikana painesuhteissa esiintyy suurempaa vaihtelua esimerkiksi ikkunoiden ja ovien avaamisesta aiheutuvien paineiskujen muodossa. Käyttöajan ulkopuolella painesuhte tasaantuu hieman

lähemmäksi tasapainotilaa, mutta käytönaikana alipaine voimistuu. Painesuhteissa tapahtuu käytönaikana kaikissa tiloissa toistuvia Asumisterveysasetuksen mukaisia toimenpiderajan (-15 Pa) ylityksiä. Alla olevissa kuvissa on esitetty koontina painesuhdekuvaajat. Tilakohtaiset painesuhdekuvaajat on esitetty tämän tutkimusraportin liitteenä.



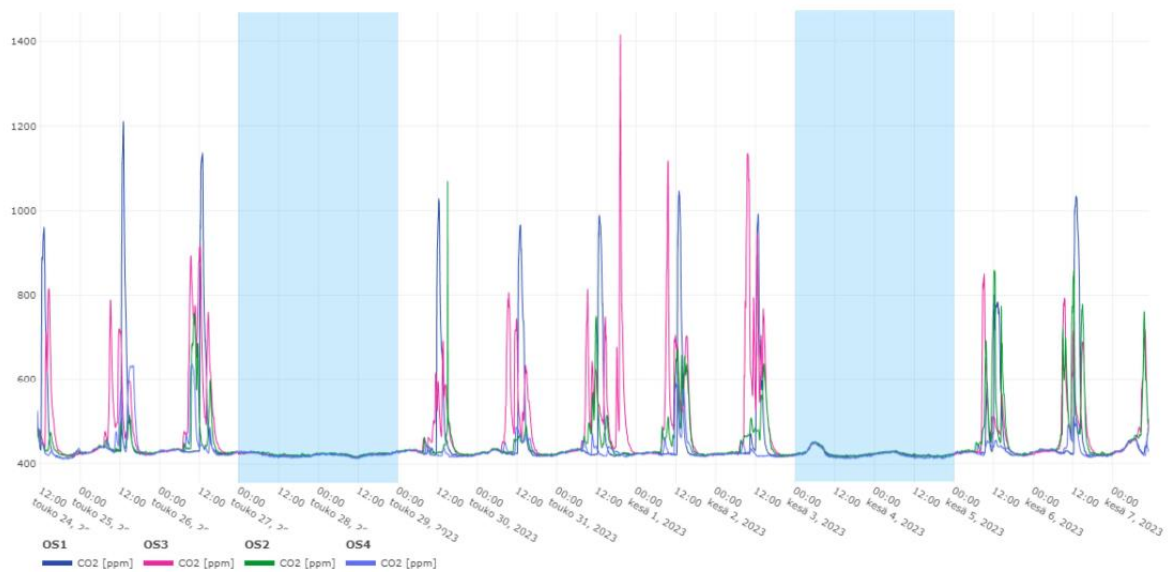
Kuva 97. Koonti tilojen paine-eroseurantamittauksista DP-1 (opetustila 2028) ja DP-2 (opetustila 1050), DP-3 (opetustila 1167) ja DP-4 (opetustila 1187). Sinisillä pystyviivoilla on havainnollistettu viikonloput. Sisätilat ovat merkittävästi alipaineisia erityisesti käytönaikana.

5.2 Sisäilman hiilidioksidipitoisuus

Sisäilman hiilidioksidipitoisuutta seurattiin neljästä eri tilasta: toisen kerroksen opetustilasta 2028 sekä ensimmäisen kerroksen opetustiloista 1050, 1167 ja 1187. Asumisterveysasetuksen 545/2015 toimenpideraja-arvoja noudattaen, hiilidioksidipitoisuus saa korkeintaan olla 1150 ppm suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuutena voidaan käyttää arvoa 400 ppm, jolloin toimenpideraja-arvon katsotaan ylittyvän, kun kokonaishiilidioksidipitoisuus nousee tasolle 1550 ppm tai sen yli.

Mittaustulosten perusteella tilojen hiilidioksidipitoisuudet pysyivät mittausajanjaksolla toimenpideraja-arvon 1550 ppm alapuolella. Hiilidioksidipitoisuudet vaihtelivat mittausjaksolla 410...1415 ppm välillä. Tilojen hiilidioksidipitoisuudet nousevat jyrkästi käytön aikana, mikä viittaa tilojen ilmanvaihdon epätasaiseen huuhteluun. Kuitenkin, koska hiilidioksidipitoisuudet eivät nouse toimenpideraja-arvon yläpuolelle, on tilan ilmanvaihto mittauksen perusteella nykyiseen henkilökuormitustapaan ja -määrään nähden pääsääntöisesti riittävää.

Alla olevassa kuvassa on esitetty koonti mitattujen tilojen hiilidioksidikuvaajista. Tilakohtaiset kuvaajat ovat tämän tutkimusraportin liitteenä.



Kuva 98. Koonti tilojen hiilidioksidimittaus tuloksista OS-1 (opetustila 2028) ja OS-2 (opetustila 1050), OS-3 (opetustila 1167) ja OS-4 (opetustila 1187). Viikonloput on havainnollistettu sinisellä. Hiilidioksidipitoisuudet nousevat voimakkaasti käytön aikana.

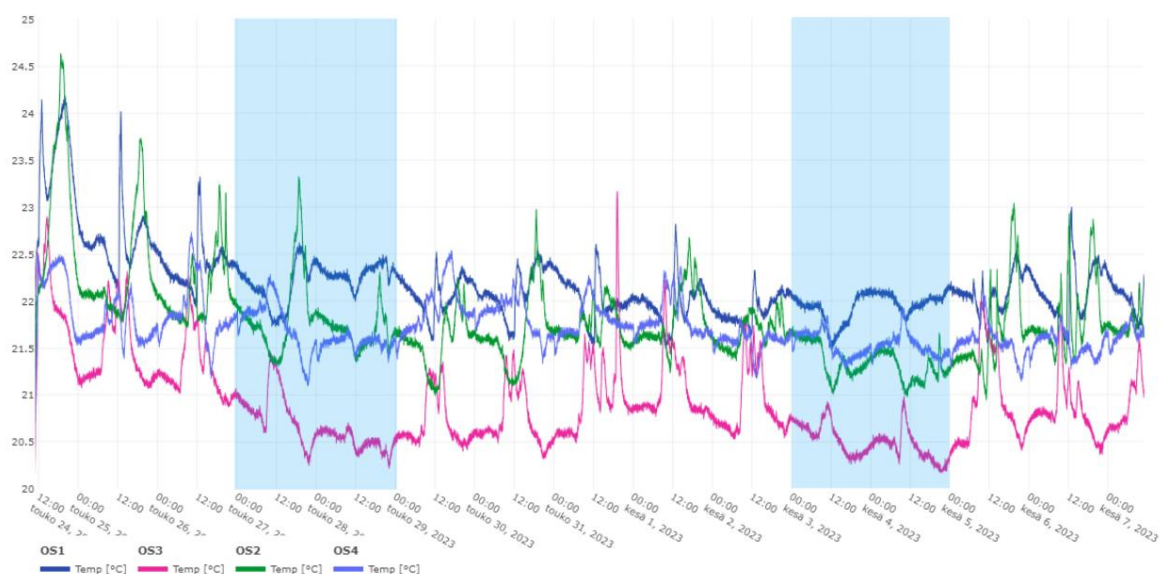
5.3 Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

Sisäilman lämpötilat

Sisäilman lämpötilaa ja suhteellista ilmankosteutta seurattiin vastaavista tiloista, kuin hiilidioksiditasoja. Rakennus oli mittausjakson aikana lämmityskauden ulkopuolella, jolloin Asumisterveysasetuksen yläraja-arvona pidetään lämpötilan osalta +32 °C ja alarajana +20 °C (lasten päivähoitopaikat ja oppilaitokset). Mittausjaksolla ulkolämpötila vaihteli keskimäärin +7...+32 °C välillä. Muutamana päivänä lämpötila laskee alle +10 asteen, jolloin rakennuksen voidaan katsoa olevan lämmityskaudella. Suurin osa mittausjaksosta ajoittuu kuitenkin lämpimälle ajanjaksolle, joten sisälämpötiloja verrataan edellä esitettyihin lämmityskauden ulkopuolisiin raja-arvoihin.

Sisäilman lämpötilat vaihtelivat mittausjaksolla +20...+25 °C välillä. Lämpötilat pysyivät koko mittausajanjakson Asumisterveysasetuksen raja-arvojen sisäpuolella. Sisäilman lämpötiloja voidaan siis pitää suositusten mukaisina.

Alla olevissa kuvissa on esitetty koontina opetustilojen lämpötilakuvaajat.



Kuva 99. Koonti lämpötilamittaustuloksista OS-1 (opetustila 2028) ja OS-2 (opetustila 1050), OS-3 (opetustila 1167) ja OS-4 (opetustila 1187). Viikonloput on havainnollistettu sinisellä. Lämpötilat pysyvät suosituksen mukaisina.

Sisäilman kosteuspitoisuudet

Tilojen sisäilman kosteuspitoisuudet vaihtelivat mittausjakson aikana keskimäärin 16...47 % välillä. Mittausjaksolla ulkoilman kosteuspitoisuus vaihteli 20...93 % välillä. Tilojen kosteuspitoisuus noudattaa lähtökohtaisesti ulkoilman kosteuspitoisuuskäyrää, eikä kosteuspitoisuudessa tapahdu merkittäviä poikkeamia.

Tutkimusten perusteella tilojen sisäilman kosteuslisä on hyvin vähäistä (alle $0,4 \text{ g/m}^3$). Tämä on tyypillistä tiloissa, joissa pääasiallinen kosteustuotto syntyy henkilökuormituksesta, eikä toiminnoista. Opetustiloissa ilmanvaihtoa voidaan pitää kosteuslisän näkökulmasta riittävänä.

5.4 Teolliset mineraalivillakuidut

Aistinvarainen kuitulähdekartoitus

Aistinvaraisesti tilapinnoilla havaittu kuitulähteitä on käsitelty luvussa 4.5 *Väliseinät ja pintaraken- teet*. Ilmanvaihtojärjestelmien kuitulähteitä on käsitelty luvussa 6 *Ilmavaihdon kuntotutkimus*.

Kuitumääritys 14 vrk pölykertymästä tasopinnoilta

Teollisten mineraalivillakuitujen esiintymistä tiloissa selvitettiin opetustilojen tasopinnoilta otettujen pölylaskeumanäytteiden avulla. Näytteenotot toteutettiin näytekokonaisuuksittain siten, että jokaisesta tutkittavasta tilasta otettiin useampia näytteitä.

Seuraavassa taulukossa on esitetty pölylaskeumanäytteiden tulokset. Tuloksen tulkinta -sarakeessa on esitetty näytekokonaisuuksien keskiarvotulosten sijoittuminen Asumisterveysasetuksen 545/2015 toimenpiderajaan nähden. Raja-arvon katsotaan ylittyvän, mikäli kuitujen pitoisuus on yli $0,2 \text{ kuitua /cm}^2$. Pölylaskeumanäytteiden kuituanalyysien analyysivastaus on tämän raportin liitteenä. Näytteenottopisteet on esitetty raportin liitteenä olevassa tutkimuspaikkapiirroksessa.

Taulukko 19. Pölylaskeumanäytteiden kuituanalyysien tulokset.

Näyte	Näytteenotto- paikka (tila ja kerros)	Kertymä- aika (vrk)	Tulos (kuituja, kpl/cm ²)	Keskiarvo	Tuloksen tulkinta
K-1.1	Opetustila 2028, 2. krs	14	<0,07	0,07	Keskiarvo alittaa toimenpiderajan, yksittäinen tulos ylittää toimenpide- rajan
K-1.2			<0,07		
K-1.3			0,21		
K-2.1	Opetustila 1050, 1. krs	14	<0,07	0,05	Keskiarvo alittaa toimenpiderajan
K-2.2			0,14		
K-2.3			<0,07		
K-3.1	Opetustila 1187, 1. krs	14	0,07	0,04	Keskiarvo alittaa toimenpiderajan
K-3.2			0,07		
K-3.3			<0,07		
K-3.4			<0,07		

Analyysivastastauksen perusteella luokkatilan kuitupitoisuus on lievästi koholla yksittäisessä näytteessä (K-1.3), mutta näytekokonaisuuksien kuitupitoisuuksien keskiarvot eivät missään mitatussa tilassa ylitä toimenpiderajaa. Luokkatiloissa kuitumääriä voidaan tutkimusten perusteella pitää tavanomaisina. Laboratorioanalyysin tulos on linjassa aistinvaraisesti tehtyjen havaintojen kanssa.

5.5 Johtopäätökset

Suoritettujen paine-eromittausten perusteella sisätilat ovat merkittävästi alipaineisia ulkoilmaan nähden. Erityisesti käytön aikana alipaine voimistuu ja ylittää toistuvasti Asumisterveysasetuksen toimenpiderajan (-15 Pa). Lisäksi liitosrakenteisiin on tehty laaja-alaisia tiivistyskorjauksia, mutta ilmavuotoja havaittiin niiltä osin, kun tiivistyskorjauksia ei ole toteutettu tai tiivistyskorjaukset on toteutettu pelkällä liimatiivistemassalla (suurin osa ikkunaliitoksista, ulkoseinien yläosien liitokset väli- ja yläpohjiin, ikkunauhalliitokset, ulkoseinien sisäkuorten halkeamat, ripustusten kiinnitykset). Rakenneliitoksissa havaittiin paikallisia mikrobivaurioita pääosin alkuperäisellä osalla sekä porrashuoneessa. Tilojen ollessa merkittävästi alipaineisia, voi rakenteista ilmavirtausten mukana paikallisesti kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan.

Sisäilman lämpötilamittausten perusteella lämpötilat ovat Asumisterveysasetuksen raja-arvojen mukaisia. Sisäilman suhteellinen kosteuspitoisuus pysyy vuodenaikaan nähden tavanomaisella tasolla. Tilojen sisäilman kosteuslisä on vähäistä, eikä sillä ole rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta heikentävää vaikutusta. Myöskään hiilidioksidimittausten perusteella Asumisterveysasetuksessa säädetyt hiilidioksidin enimmäispitoisuutta koskevat raja-arvot eivät ylity, mutta hiilidioksidipitoisuudet nousevat voimakkaasti käytön aikana. Tämä viittaa tilojen ilmanvaihdon epätasaiseen huuhteluvaikutukseen. Mittausten perusteella ilmanvaihto on pääsääntöisesti riittävää nykyiseen henkilökuormitustapaan ja -määrään nähden.

Mineraalivillakuitujen pölylaskeumanäytteiden perusteella luokkatiloissa ei havaittu poikkeavia määriä mineraalivillakuituja. Myöskään aistinvaraisesti kuitukartoituksen perusteella luokkatiloissa ei esiinny irrallisia mineraalivillakuitulähteitä. Ilmanvaihtojärjestelmissä ja Käytävien alakattorakenteissa mineraalivillakuitulähteitä sen sijaan havaittiin.

5.6 Toimenpide-ehdotukset

5.6.1 Kiireelliset / välittömät toimenpiteet

Olosuhteisiin liittyvät toimenpiteet

- Painesuhteet tulisi säätää siten, että painesuhde on lähellä tasapainotilaa säätämällä tulo- ja poistupuolen kierrosnopeutta. Mikäli mahdollista, tulisi ilmanvaihdon toimintanopeutta ohjaava hiilidioksidiohjaus ainakin väliaikaisesti kytkeä pois käytöstä painesuhteiden tasaukseksi.

5.6.2 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

Kuitulähteisiin liittyvät toimenpiteet

- Irrallisten mineraalivillakuitulähteiden poistaminen tai kapseloiminen ilmanvaihtojärjestelmistä sekä käytävien alakattorakenteista. Työ edellyttää käytävien alakattojärjestelmien väliaikaista purkamista, jotta kaikki kuitulähteet saadaan poistettua tai kapseloitua.

6. ILMANVAIHDON KUNTOTUTKIMUS

6.1 Ilmanvaihtokoneet

6.1.1 Havainnot

6.1.1.1 Ilmankäsittelykoneet

TK 5.1 (Opetustilat osa B, C)

KOJA HELI 2000 vm. 1991, LTO-ristivirtakenno

Tulokone

- Koneen runko on alkuperäinen
- Raitisilmakammiossa on siitepölyä ja muuta likaa
- Raitisilmapelti ei sulkeudu, kun kone sammutetaan huoltokytkimellä
- Raitisilmasuodattimen luokka on F7, suodattimissa on siitepölyä
- Raitisilmasuodattimien tiivisteet ovat osin rikkoontuneet
- Raitisilman suodatinvahdissa ei ole manometrinestettä
- Kammion pohjassa on kosteusjälkiä ennen LTO-kennoa
- LTO-kennossa on pölyä ja kolhiintumia
- LTO-kennossa ja tarkastusluukkujen välisissä tiivisteissä on puutteita
- Tuloilmapuhallin on uusittu 2014
- Äänenvaimentimissa on pölykertymää
- Äänenvaimentimille ei ole huoltoluukua
- Puhaltimen ohjausta on päivitetty taajuusmuuttajalla, päivitysvuosi ei ole tiedossa
- Lämmityspatterissa on pölykertymää
- Raitisilman ottoaukkoon on asennettu lumisuoja

Poistokone

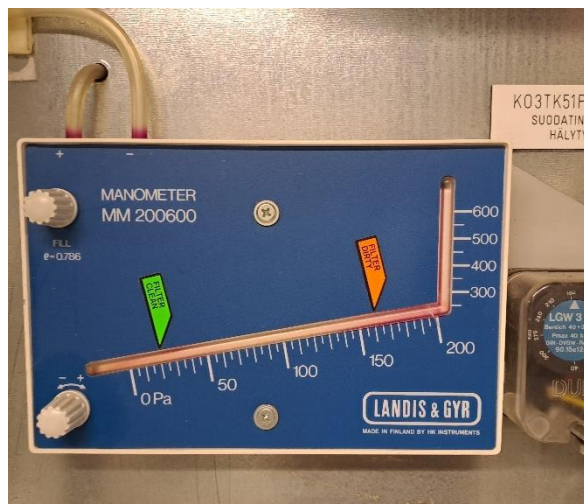
- Koneen runko on alkuperäinen
- Äänenvaimentimissa on pölykertymää
- Äänenvaimentimille ei ole huoltoluukua
- Poistosuodattimet ovat puhtaat
- Tuloilmapuhallin on uusittu 2014
- Puhaltimen ohjausta on päivitetty taajuusmuuttajalla ja hiilidioksidianturilla, päivitysvuosi ei ole tiedossa
- LTO-kennossa on pölyä ja kolhiintumia
- LTO-kennon ja tarkastusluukkujen välisissä tiivisteissä on puutteita
- LTO-kammiossa paine-eroanturin reikä tiivistämättä, reiästä pääsee villakuitua koneeseen

Alkuperäisosien tekninen käyttöikä (rasitusluokassa 1, 10-15 vuotta) on päättynyt

Ilmanvaihtokoneen kuntoluokka on tyydyttävä (Kevyt huoltokorjaus 1-5 vuoden kuluessa tai peruskorjaus 6-10 vuoden kuluessa)



Kuva 100. Yleiskuva TK5.1 ilmapölykäsittelyko-
neesta.



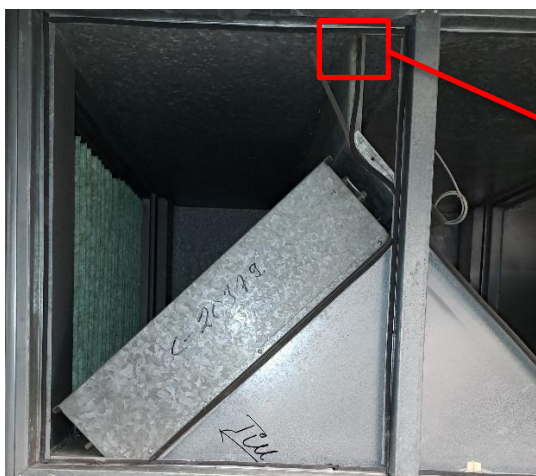
Kuva 101. Suodatinvaiheissa ei ole mano-
metrinestettä.



Kuva 102. Raitisilmapeltilä ei sulkeutunut huol-
tokytimestä.



Kuva 103. Raitisilmasuodattimen kehyksen
tiivisteet ovat osin rikkoontuneet.



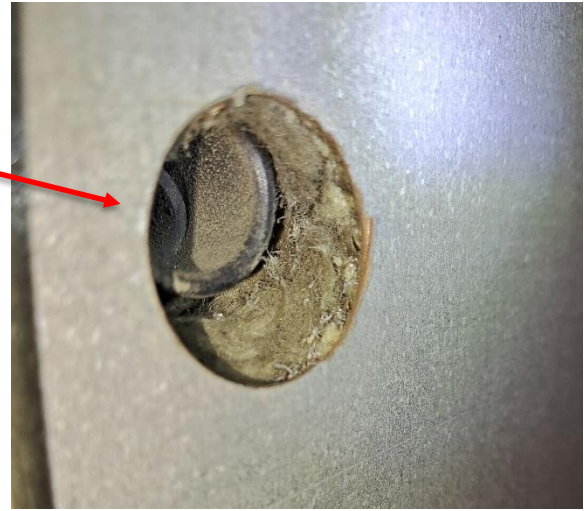
Kuva 104. LTO-kuution tiivistyksissä havait-
tiin puutteita.



Kuva 105. Lähikuva tiivistyspuutteesta.



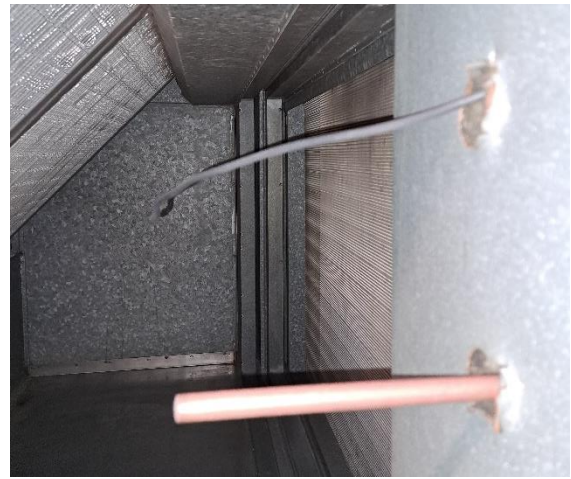
Kuva 106. Poistoilmapielit eivät sulkeutuneet huoltokytkimestä.



Kuva 107. Paine-eroanturin reiästä pääsee villakuitua poistokoneelle.



Kuva 108. LTO-kuution tiiviste on osin irronnut.



Kuva 109. Lämmityspatterissa on pölyä.

TK 6.1 (Opetustilat, osa C, pohjoispääty) KOJA HELI 2000 vm. 1991, LTO-ristivirtakenno

Tulokone

- Koneen runko on alkuperäinen
- Huoltokytkin on uusittu, uusimisajankohta ei ole tiedossa
- Raitisilma- ja LTO-ohituspelti sulkeutuvat, kun kone sammutetaan huoltokytkimellä
- Raitisilmapiellin lamellista puuttuu tiiviste ja siinä on pintakorroosiota
- Raitisilmasuodattimen luokka on F7, suodattimissa on siitepölyä, vaihdettu 10.5.2023
- Raitisilmasuodatinkammion tarkastusluukun tiivisteet ovat osin rikkoontuneet
- Raitisilman suodatinkammiossa on tiivistämätön reikä, likaa ja siitepölyä
- Raitisilman suodatinvahdissa ei ole manometrinestettä
- Ohivirtauspellin tiiviste on osin irti
- Kammion pohjassa on kosteusjälkiä ennen LTO-kennoa
- LTO-kennossa on pölyä ja kolhiintumia
- LTO-kennon ja tarkastusluukkujen väliset tiivisteet ovat osin rikki
- LTO-kammiossa kasvustoa.
- Puhallinkammiossa on kosteusjälkiä
- Puhallinkammion tarkastusluukkujen tiivisteet ovat osin rikki

- Puhallin on uusittu vuonna 2014, puhaltimessa on pölyä
- Puhaltimen ohjausta on päivitetty taajuusmuuntajalla
- Puhaltimen värinänvaimennuskumeissa on halkeamia
- Äänenvaimentimissa on pölykertymää
- Äänenvaimentimille ei ole huoltoluukkuja
- Lämmityspatterissa on kolhiintumia
- Lämmityspatterin lämpöjohdon lämpömittari on rikki
- Lämmityspatterissa on tulppaamattomia mittausreikiä
- Raitisilman ottoaukkoon on asennettu lumisuoja

Poistokone

- Koneen runko on alkuperäinen
- Huoltokytkin uusittu, uusimisajankohta ei ole tiedossa
- Poistoilmapelti sulkeutuu, kun kone sammutetaan huoltokytkimellä
- LTO-kammiossa on likaa ja kosteusjälkiä
- Äänenvaimentimissa on pölykertymää ja kosteusjälkiä
- Äänenvaimenninkammiossa on likaa, kammiossa ei ole huoltoluukkuja
- Poistosuodattimien luokka on G4, suodattimissa on hyönteisiä, suodattimet on vaihdettu 10.5.2023 huoltomerkintöjen mukaisesti
- Puhallin on uusittu vuonna 2014 EC-puhaltimeksi, puhaltimessa on pölykerrostumaa
- Puhaltimen ohjausta on päivitetty hiilidioksidianturilla, päivitysvuosi ei ole tiedossa
- Puhaltimen värinänvaimennuskumeissa on halkeamia
- LTO-kennossa pölyä ja kolhiintumia

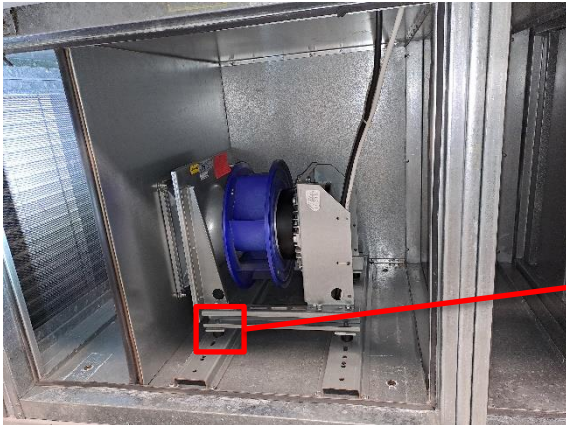
Alkuperäisosien tekninen käyttöikä (rasitusluokassa 1, 10-15 vuotta) on saavutettu. Ilmanvaihtokoneen kuntoluokka on heikko (uusiminen suositeltavaa 1-5 vuoden kuluessa)



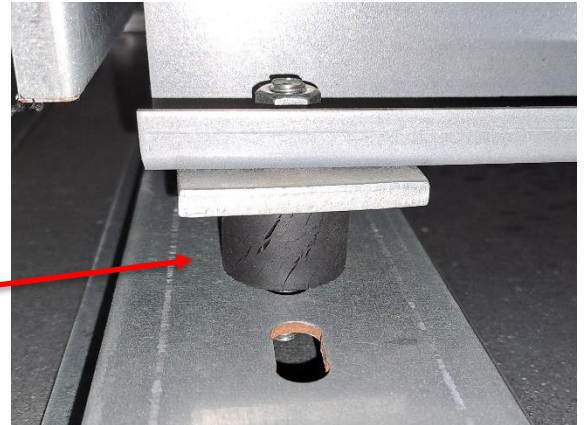
Kuva 110. Yleiskuva ilmapuhaltimesta.



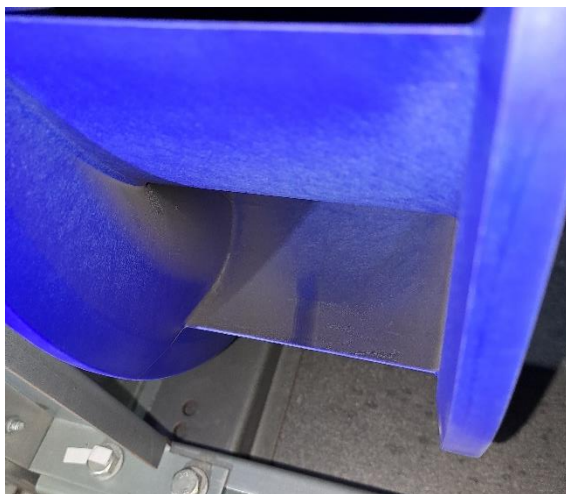
Kuva 111. Suodatinvahdistusta puuttuu manometrimesteet.



Kuva 112. Yleiskuva tulopuhaltimesta.



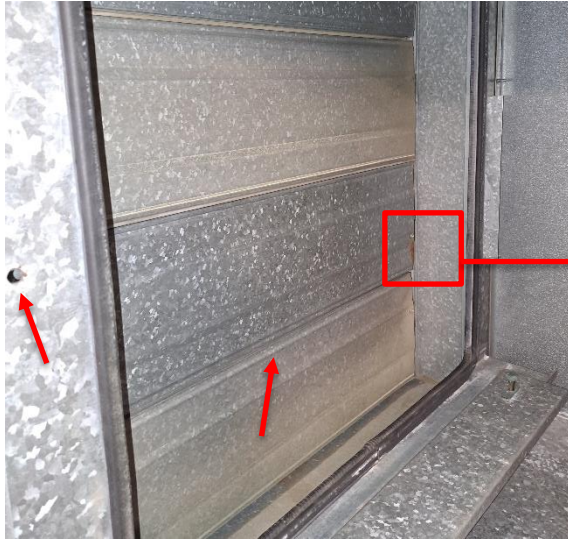
Kuva 113. Puhaltimen vaimennuskumissa halkeamia.



Kuva 114. Tulopuhaltimen siivekkeissä on pölyä.



Kuva 115. LTO-kennossa on likaa.



Kuva 116. Raitisilmapellin lamellista puuttuu tiiviste, rungossa on reikä.



Kuva 117. Lamellissa on pintakorroosiota.



Kuva 118. Tulokoneen LTO-kammio ennen lämmityspatteria.



Kuva 119. Kammion nurkassa kasvustoa.

6.1.1.1 Erillispoistot

PK 5.2 (WC-tilat osat B, C) Fläkt STER-2-102-2-2-0, vuosimalli 2017

- Puhallin on varustettu EC-moottorilla
- Puhaltimessa on pölykertymää
- Ohjaus täydellä teholla, puhallin näkyy automaatiojärjestelmässä, mutta ei ole säädettävissä automaation kautta.

Alkuperäisosien tekninen käyttöikä (rasitusluokassa 1, 10-15 vuotta) täyttyy 9 vuoden kuluessa.

Ilmanvaihtokoneen kuntoluokka on hyvä (Kevyt huoltokorjaus 6-10 vuoden kuluessa)



Kuva 120. Yleiskuva puhaltimesta.



Kuva 121. Siipipyörä on pölyinen.

PK 6.2 (WC-tilat osa C, pohjoispääty) KOJA HI FEK 35-3/6, vuosimalli 1992

- Puhaltimessa on pölyä ja likakertymää
- Puhaltimen tunnuskilpi puuttuu
- Vaimennuskumeissa on halkeamia
- Puhaltimen siipipyörässä on lommo
- Ohjaus täydellä teholla, puhallin näkyy automaatiojärjestelmässä, mutta ei ole säädettävissä automaation kautta.

Alkuperäisosien tekninen käyttöikä (rasitusluokassa 1, 10-15 vuotta) on saavutettu.

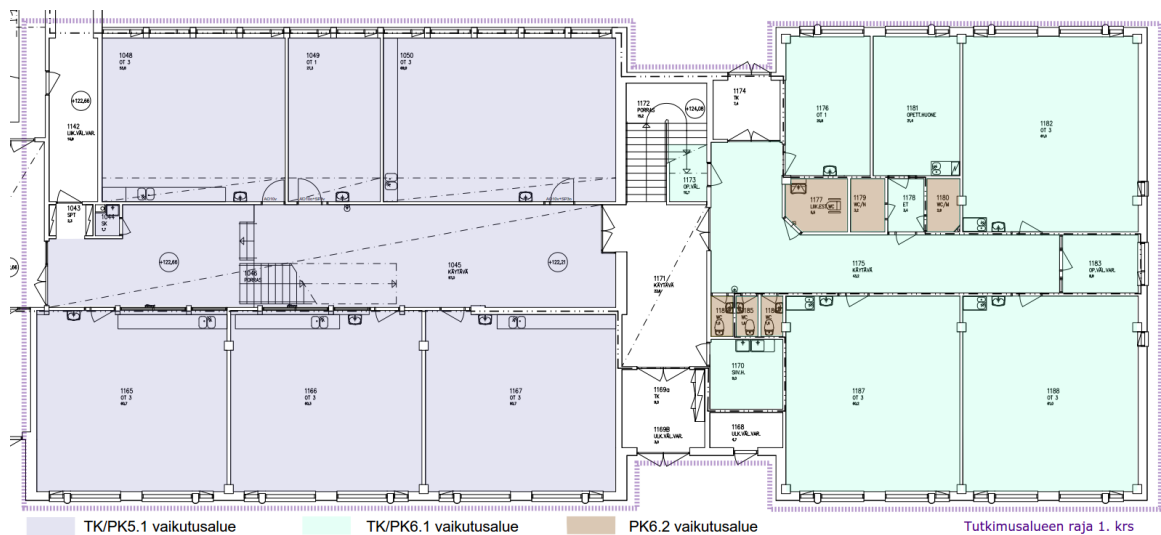
Ilmanvaihtokoneen kuntoluokka on heikko (uusiminen suositeltavaa 1-5 vuoden kuluessa)



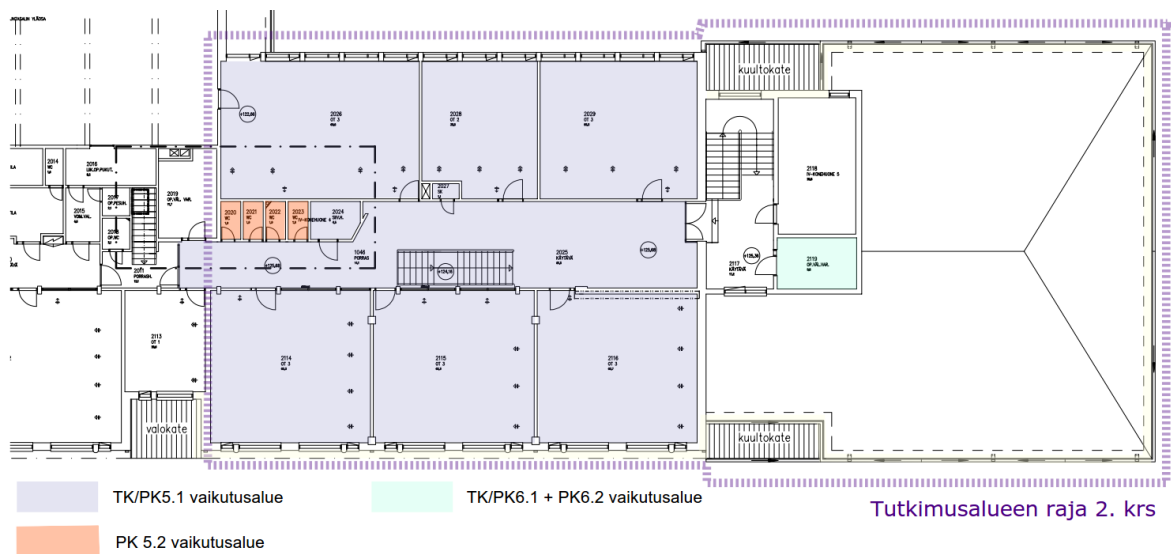
Kuva 122. Yleiskuva puhaltimesta-



Kuva 123. Siipipyörässä on lommo.



Kuva 124. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet 1. kerros



Kuva 125. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet 2. kerros.

6.1.2 Johtopäätökset

Ilmankäsittelykoneet ovat alkuperäisiä vuodelta 1991. Niille on tehty ylläpitokorjausta uusimalla puhaltimet, lisäämällä lumisuojat ilmanottoaukkoihin, sekä modernisoitu puhaltimien ohjausta taa-juusmuuttajilla. Kohteesta saatujen lähtötietojen ja valvonta-alakeskuksen asetusten perusteella molemmissa koneissa on hiilidioksidianturit, jotka mittaavat poistoilman keskimääräistä hiilidioksidipitoisuutta ja muuttavat ilmanvaihdon muuttuvailmavirtaiseksi järjestelmäksi. Koneiden tekninen käyttöikä on saavutettu. Koneiden sisäosissa on havaintojen mukaisesti pölyä. Pöly pääsee koneisiin tiivistyspuutteista johtuvista ohivuodoista. Pöly kulkeutuu edelleen tuloilmakanaviston kautta sisäilmaan heikentäen ilmanlaatua. Lämmityspattereissa olevat kolhut ja lika heikentävät patterien toimintaa ja lisäävät tehon tarvetta. Koneissa havaittiin kosteusjälkiä, jotka ovat mahdollisesti tulleet ennen raitisilman lumisuojiin asennusta. Koneiden suodatinvahdit eivät pääosin toimineet, koska niistä puuttui manometrinesteet. Koneiden äänenvaimennuskammioille ei ole huoltoluukkuja, joka tekee äänenvaimentimien puhdistuksen haastavaksi. Likaiset äänenvaimennuspinnat heikentävät äänenvaimennusta.

TK 5.1 sulkupellit eivät sulkeutuneet, kun kone sammutettiin huoltokytkimeltä. Huollon aikana koneeseen voi päästä auki olevan raitisilmapellin kautta epäpuhtauksia.

TK6.2 tulokoneen LTO-kammiossa havaittiin kasvustoa ennen lämmityspatteria, likaisesta koneesta siirtyvät epäpuhtaudet heikentävät tuloilman laatua. Koneen raitisilmapellin lamellissa havaittiin tiivisteiden puuttuminen ja korroosiota, jotka heikentävät koneen toimintaa ja ulkoilman epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan koneeseen huollon aikana. Puhaltimien värinänvaimennuskummeissa havaittiin halkeamia. Halkeamien muodostuminen heikentää vaimennuskumien toimintaa ja voi lisätä puhaltimen ääntä, lyhentää käyttöikää ja lisätä huoltotarvetta.

Rakennusosien B ja C WC-tiloja palveleva PK 5.2 huippuimuri on uusittu vuonna 2017. Puhaltimella on käyttöikä jäljellä. Imurin siipipyörässä havaittiin pölykertymää. Lisääntyvä pölykertymä heikentää imurin toimintaa ja käyttöikä.

Rakennusosan C, pohjoispäädyn wc-tiloja palveleva PK 6.2 huippuimurin käyttöikä on saavutettu. Imurissa on pölykertymää ja sen siipipyörässä havaittiin kolhiintuma. Koneen jalustassa on väljyyttä ja siipipyörä pääsee hankautumaan liitoskanavan kaulukseen, kun koneen avaa ja sulkee.

Molempien huippuimurien ohjaus on säädetty käsikäyttöisesti. Aikaohjauksen puuttuminen voi lyhentää puhallinmoottorin käyttöikä.

6.1.3 Toimenpide-ehdotukset

6.1.3.1 Kiireelliset / välittömät toimenpiteet

- TK 5.1 Ilmankäsittelykoneen huoltokorjaus; tiivisteiden korjaus, LTO-kuutioiden ja lämmityspattereiden pesu, yleinen puhdistus, vuotokohtien tiivistys, sulkupeltien ohjaus huoltokytkimelle.
- TK 6.1 Ilmankäsittelykoneen huoltokorjaus; tiivisteiden korjaus, LTO-kuutioiden ja lämmityspattereiden pesu, yleinen puhdistus ja desinfiointi, vuotokohtien tiivistys, raitisilmapellin uusinta.
- PK 5.2 huippuimuri on suositeltavaa liittää aikaohjelman piiriin.
- PK 6.2 huippuimuri on suositeltavaa liittää aikaohjelman piiriin.

6.1.3.2 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

- Automaatiosuunnitelmien päivitys ajankohtaiseksi.
- Suodatinvahtien uusiminen ja liittäminen rakennusautomaatioon.
- Huoltoluukkujen asennus äänenvaimennuskammioille.
- Ilmankäsittelykoneiden ylläpitotoimet; puhdistus ja toiminnan tarkastus 1 kertaa vuodessa.
- Ilmankäsittelykoneiden ylläpitotoimet; suodattimien vaihto vähintään 2 kertaa vuodessa, likaisuusasteen mukaan.
- Huippuimureiden ylläpitotoimet; puhdistus ja toiminnan tarkastus 1 kertaa vuodessa.

6.2 Kanavisto

6.2.1 Havainnot

Kanavisto on suunnitelmien ja havaintojen mukaisesti pääosin rakennusaikaista kierresaumakanaavaa. Kanavien virtauksen säätiminä on käytetty PRA-ilmavirran hallintapeltejä [Halton Oy]. Kanavistoon on tehty muutoksia vuoden 2005 kosteusvauriokorjauksen ilmanvaihtosuunnitelmien perusteella.

Otantaluonteisten kanavatarkastusten perusteella kanaviston havaittiin olevan osittain pölyinen. Useassa kanavassa havaittiin ilmamäärämittauksiin tehtyjä reikiä. Osa rei'istä on tulppaamatta. Kanavistoon on jätetty myös reikien teosta jäänyttä peltijäystä.

IV-konehuoneiden kanavaläpivienneissä on palokatkomassa, suunnitelmiin merkittyjä palopeltejä ei havaittu.



Kuva 126. Peltijäysteitä kanavaan tehdyssä reiässä.



Kuva 127. Vertailukuva karkeasta liasta 30,9 g/m² (lähde: ohje LVI 39-10409).



Kuva 128. Näkymä tulokanavaan luokassa 2028, kanavassa on paikoittain pölyä.



Kuva 129. Vertailukuva pölykertymästä 0,4 g/m² (lähde: ohje LVI 39-10409).



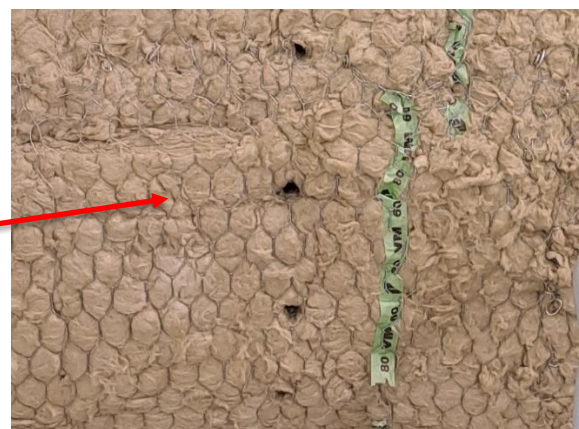
Kuva 130. Tulokanava TK6.1 konehuoneessa.



Kuva 131. Kanavistossa havaittiin tulppaamattomia mittausreikiä.



Kuva 132. Mineraalivillaeristettyä kanavaa.



Kuva 133. Kanavaan tehtyjä mittausreikiä.



Kuva 134. PRA-säätöpelti alakatossa.



Kuva 135. Kanavan läpiviennissä on palokatkomassa.

6.2.2 Johtopäätökset

Kanavistossa olevat tulppaamattomat mittareiat aiheuttavat painehäviötä vaikeuttaen ilmanvaihdon tasapainotusta. Ne myös mahdollistavat eristeissä olevien kuitujen leviämisen tulokanaviston kautta sisäilmaan. Osa mittareista on tehty kanavistoon todennäköisesti puhdistuksen jälkeen, jolloin reiän teosta syntynyt karkeampi peltijäyste on jäänyt kanavistoon.

Kanaviston puhdistusluukkuihin ei ollut suoraa pääsyä ilman alakaton purkua, joten visuaalinen puhtaustarkastus tehtiin päätelaitteille ja niiden liitoskanavistolle 9 mittapisteen otannalla. Puhtausrvion mukaisesti pölykertymää on tulokanavistossa 0.2 – 0.4 g/m². Karkeaa metallijäämää on havaituilta osin yksittäisissä kasoissa yli 30 g/m². Havaintojen mukaan kanavisto täyttää puhtaustuokan P2 (käytössä oleva kanavisto) kriteerit.

Suunnitelmiin merkattuja välipohjan palopeltejä ei havaittu kanavaläpivientien kohdalla IV-konehuoneissa. Hyvän asennustavan mukaisesti palopelti tulisi asentaa alemman kerroksen välipohjan kohdalle.

6.2.3 Toimenpide-ehdotukset

6.2.3.1 Kiireelliset / välittömät toimenpiteet

- Kanaviston tiiveyden tarkastus painekokeilla.
- Mittausreikien tulppaus.
- IV-konehuoneiden alapohjan kanavaläpivientien tarkastus alemmasta kerroksesta.

6.2.3.2 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

- Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaustarkastukset 5 vuoden välein.

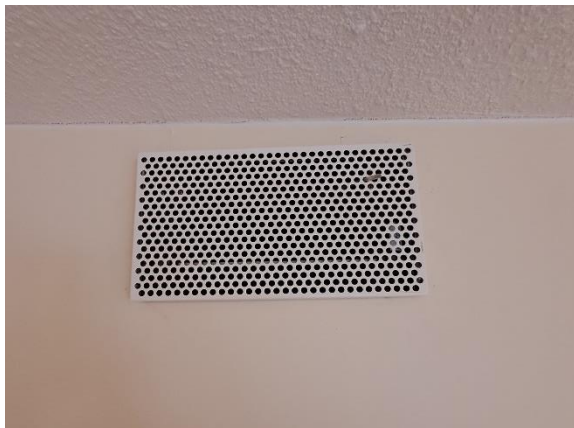
6.3 Päätelaitteet

6.3.1 Havainnot

Päätelaitteet ovat pääosin alkuperäisiä. Vuoden 2005 kosteusvauriokorjauksessa on suunnitelmien mukaan osa päätelaitteista uusittu. Tuloilman päätelaitteina on käytetty SVB- ja TRS- tuloilmahajottajia [Lapinleimu Oy], KTS-tuloilmaventtiilejä [Lapinleimu Oy], sekä RHU-tuloilmalaitteita [Lapinleimu Oy].

Poistoilman päätelaitteina on käytetty EVA-poistoilmayksikköjä [Halton] ja KSO-poistoilmaventtiilejä [Lapinleimu Oy].

Päätelaitteissa havaittiin pölykerrostumaa, sekä osittain roskaa. Käytävillä olevien RHU-tuloilmalaitteiden reikäpellit ovat osittain jumiutuneet kiinni. Osa päätelaitteista on äänieristetty päällystämättömällä mineraalivillalevyllä. Päätelaitteiden tarkastuksessa havaittiin avoimia mineraalivillapintoja.



Kuva 136. Yleiskuva poistoilman [Halton EVA] päätelaitteesta.



Kuva 137. Yleiskuva tuloilman [Lapinleimu SVB] päätelaitteesta.



Kuva 138. Käytävän tuloilmapäätelaite, jossa äänenvaimentimena mineraalivillaa.



Kuva 139. Villaeriste on paikoittain vahingoittunut.

6.1.2 Johtopäätökset

Päätelaitteille tehtyjen visuaalisten puhtaustarkastuksissa niissä havaittiin pölykertymää ja karkeampaa likaa.

Puhdistuksen aikana päätelaitteiden äänieristykseen käytetyt villalevyt voivat rikkoontua ja niistä voi päästä irtoamaan villakuituja sisäilmaan. Poistopäätelaitteiden osalta mineraalivillakuitujen pääsy tuloilmaan voi tapahtua LTO-kuution ohivuodon kautta. Tuloilmapäätelaitteissa mineraalivillakuitujen pääsy tuloilmaan on todennäköistä. Sisäilmaan pääsevät mineraalivillakuidut heikentävät sisäilman laatua.

6.3.2 Toimenpide-ehdotukset

6.3.2.1 Kiireelliset / välittömät toimenpiteet

- Päätelaitteiden villapintojen kapselointi tai äänenvaimenninmateriaalien uusiminen

6.3.2.2 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

- Päätelaitteiden puhtaustarkastus osana ilmanvaihtojärjestelmän puhtaustarkastusta vähintään 5 vuoden välein.

6.4 Ilmavirtamittaukset

6.4.1 Havainnot

Koneen nopeus säätyy poistokoneiden hiilidioksidimittauksen mukaisesti esiasetetun arvon mukaan ja koneiden käyntinopeudet olivat mittauksen aikana hitaalla nopeudella. TK 5.1 tulopuhaltimen nopeus hitaalla asetuksella on 91,8 % ja poistopuhaltimen nopeus on 83 %. TK 6.2 tulopuhaltimen nopeus on 88 % ja poistopuhaltimen nopeus on 85,5 %. Tiloissa ei ollut käyttäjiä mittauksen aikana.

Päätelaitteiden ilmavirtoja mitattiin otantana ja tuloksia verrattiin asumisterveysasetuksen (545/2015) 10§ mitoitusarvoihin (6/4 dm³/s/henkilö).

Alkuperäisen suunnitelman mukaan ilmanvaihto on suunniteltu tasapaineiseksi, jolloin tuloilmamäärät ovat samat kuin poistoilmamäärät. Mittauksista on laadittu seuraavat taulukot.

Taulukko 1. TK 5.1 Ilmavirtamittaukset verrattuna henkilömitoituksen arvoihin

Mittapiste	Suunniteltu arvo (l/s)	Suunniteltu henkilö-määrä (hlö)	Mitattu arvo (l/s)	Henkilö-määrä (hlö)	Ilmavirran ero (%)	Henkilö-määrän ero (hlö)
2028 lepohuone	+120	20	+87,6	14	-27	-6
2116 ryhmä-huone	+180	30	+146,7	24	-18,5	-6

Taulukko 2. TK 5.1 Ilmavirtamittaukset verrattuna suunniteltuun ilmavirtaan

Mittapiste	Suunniteltu tulo (l/s)	Mitattu tulo (l/s)	tuloil-man ero (%)	Suunniteltu poisto (l/s)	Mitattu poisto (l/s)	Poistoil-man ero (%)
2028 lepohuone	+120	+87,6	-27	-120	-81,8	-32
2116 ryhmä-huone	+180	+146,7	-18,5	-180	-92	-49

Taulukko 3. TK 6.1 Ilmavirtamittaukset verrattuna henkilömitoituksen arvoihin

Mittapiste	Suunniteltu arvo (l/s)	Suunniteltu henkilö-määrä (hlö)	Mitattu arvo (l/s)	Henkilö-määrä (hlö)	Ilmavirran ero (%)	Henkilö-määrän ero (hlö)
1187 ryhmähuone	+180	30	+79,8	13	-55,6	-17

Taulukko 4 TK 6.1 Ilmavirtamittaukset verrattuna suunniteltuun ilmavirtaan

Mittapiste	Suunniteltu tulo (l/s)	Mitattu tulo (l/s)	tuloil-man ero (%)	Suunniteltu poisto (l/s)	Mitattu poisto (l/s)	Poistoil-man ero (%)
1187 ryhmä-huone	+180	+79,8	-55,6	-180	-130,8	-27

6.4.2 Johtopäätökset

Puhaltimien nopeudet ovat lähellä suurinta pyörimisnopeutta, joten puhaltimien kapasiteetti voi jäädä vähäiseksi, kun tiloissa on käyttöä. Tilat eivät olleet normaalissa käytössä mittaushetkellä, jolloin ohjaus oli mittaushetkellä hitaalla. Hidas käyntinopeus selittää osin huomattavat ilmamäärien alitukset verrattuna suunniteltuihin arvoihin.

Mittausten mukaan ilmanvaihto ei ole tasapainossa. 2029 lepohuone on noin 6 % ylipaineinen. 2116 ryhmähuone on noin 37 % ylipaineinen. 1187 ryhmähuone on noin 40 % alipaineinen.

Erilliset huippuimurit ovat käynnissä myös käyttöajan ulkopuolella ja vaikuttavat painesuhteisiin lisäksi alipaineisuutta ja sekoittavat ilmanvaihdon tasapainoa.

Mittausajankohdan takia tuloksista ei voida tehdä tulkintaa ilmanvaihdon riittävydestä tavanomaisessa käyttötilanteessa, jossa kaikissa tiloissa on tasaisesti henkilökuormitusta. Esimerkiksi nykyisellä tilojen epätasaisella henkilökuormituksella ilmavirrat saattavat ajoittain jäädä alle suunniteluarvojen, koska muuttuvilmavirtaisen ilmanvaihdon käyntinopeus ohjautuu poistoilmakanavan keskimääräisen hiilidioksidipitoisuuden perusteella. Tällaisia tilanteita voi aiheutua silloin, kun yksittäisissä tiloissa on runsaasti käyttäjiä, mutta suurimmassa osassa tiloista käyttäjämäärät ovat vähäisiä tai suurin osa tiloista on kokonaan pois käytöstä.

6.4.3 Toimenpide-ehdotukset

6.4.3.1 Kiireelliset / välittömät toimenpiteet

- Ilmavirtojen mittaus normaalia käyttötilannetta vastaavissa olosuhteissa.
- Kokonaisilmavirtojen mittaus ilmanvaihtokoneilta.
- Ilmanvaihdon tasapainotus.

6.4.3.2 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

- Ilmanvaihtosuunnitelmien päivitys vastaamaan nykyistä ilmanvaihtoa, jotta ilmavirtojen mittauksessa voidaan ottaa huomioon nykyinen muuttuvilmavirtainen järjestelmä.
- Ilmanvaihdon tasapainotus.

7. TAVANOMAISESTA POIKKEAVIEN ALTISTUMISOLOSUHTEIDEN ARVIOINTI

Noudatetaan:

- Asumisterveysasetus, (545/2015)
- Säteilylaki, (859/2018)
- Työturvallisuuslaki, (738/2002)
- Terveydensuojelulaki, (763/1994)
- Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta, (798/2015)
- Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos 2017
- Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen sekä selvittämiseen, Valviran ohje 12/2018

7.1 Tausta, arvioinnin perusteet

Altistumisolosuhteiden arvioinnin avulla tarkastellaan rakennuksesta, sen järjestelmistä ja tilojen käytöstä sekä toiminnasta peräisin olevien epäpuhtauslähteiden vaikutusta kokonaisvaltaisesti rakennuksen ja sen tilojen altistumisolosuhteisiin. Arvioinnissa tarkastellaan isompia kokonaisuuksia, kuten koko rakennusta tai rakennuksen osaa. Työterveyslaitoksen julkaisussa "Ohje työpaikoille sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, 2017" on esitetty Altistumisolosuhteiden arviointimenetelmä, jota sovelletaan myös terveydensuojelulain alaisissa rakennuksissa (Ohje asunnon terveyshaitan selvittämisen prosessiin, Valviran ohje 4/2017; Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen sekä selvittämiseen, Valviran ohje 12/2018).

Altistumisolosuhteiden arviointi perustuu seuraavien neljän päätekijän tarkasteluun:

- Rakennusosien mikrobivaurioiden laajuus
- Ilmayhteys ja ilmavuotoreitit epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen painerot
- Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun
- Rakennuksesta peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet.

Altistumisolosuhteiden arvioinnissa arvioidaan tavanomaisesta poikkeavaa olosuhdetta neljäportaisella asteikolla seuraavasti:

- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde epätodennäköinen
- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde mahdollinen
- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde todennäköinen
- Tavanomaisesta poikkeava olosuhde erittäin todennäköinen.

Tavanomaisesta poikkeavilla olosuhteilla tarkoitetaan tilanteita, joissa tarkasteltavassa ympäristössä on tavanomaiseen, samankaltaiseen toimintaympäristöön verrattuna enemmän sisäilman laatua heikentäviä epäpuhtauslähteitä. Jos tavanomaisesta poikkeava olosuhde on todennäköinen tai erittäin todennäköinen, on Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan aina arvioitava myös toimenpidearve.

Terveydensuojelulain alainen kohde

Terveyshaitta on arvioitava kokonaisuutena siten, että altisteen toimenpiderajaa sovellettaessa otetaan huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto, mahdollisuudet välttyä altistumiselta tai poistaa haitta sekä poistamisesta aiheutuvat olosuhteet ja muut vastaavat tekijät (Asumisterveysasetus, 2015). Terveyshaitan selvittämiseksi rakennus tulisi tutkia aina mahdollisimman kokonaisvaltaisesti huomioiden kuitenkin toimenpiteiden laajuuden tarve suhteessa tavoitteisiin (Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen

sekä selvittämiseen, Valviran ohje 12/2018). Terveysturvallisuusviranomaisen voi arvioida rakennuksesta johtuvaa terveyshaittaa altistumisolosuhteen arvioinnin tulosten perusteella.

Terveysturvallisuuden merkityksen ja kiireellisyyden arviointi tehdään asiantuntijaryhmässä, joka tuntee hyvin rakennuksen altistumisolosuhteet, rakennuksen käyttötarkoituksen ja -asteen sekä käyttäjien terveysnäkökohdat. Tämä voi olla esimerkiksi kuntotutkijan, terveystarkastajan ja lääkärin muodostama työryhmä. Käyttäjien terveydentilan arviointi kuuluu terveydenhuollon ammattilaisille (Ohje asunnon terveyshaitan selvittämiseen, Valviran ohje 4/2017; Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen sekä selvittämiseen, Valviran ohje 12/2018).

7.2 Tehdyn tutkimuksen perusteella laadittu altistumisolosuhteen arviointi

Rakennusosien mikrobivaurioiden laajuus

Rakennuksen ulkoseinä- ja väliseinä-rakenteissa todettiin paikallisia mikrobivaurioita, jotka sijoittuvat erityisesti yksittäisiin alkuperäisen osan ja laajennusosan tiloihin. Alkuperäisen osan ensimmäisen kerroksen ulkoseinään on muodostunut paikallisia mikrobivaurioita, jotka rajoittuvat seinän alaosien puurunkoihin piilosokkelirakenteisiin. Porrashuoneen 1172 ulkoseinien sekä osittain väliseinäksi muuttuneen entisen ulkoseinän lämmöneristeisiin on muodostunut paikallisia mikrobivaurioita.

Ilmayhteys ja ilmapuoretit epäpuhtauslähteestä sisäilmaan sekä rakennuksen painerot

Yksittäiset epätiivit rakenneliittymät ja läpiviennit muodostavat ilmapuoretteja vaurioituneista rakenteista sisätilojen suuntaan. Rakenteisiin toteutettujen tiivistyskorjausten laajuudessa ja laadussa esiintyy tila- ja rakennekohtaista vaihtelua. Erityisesti tiivistyskorjaamattomissa liittymissä esiintyy ilmapuotoja, mutta tiivistyskorjattujen liittymien ilmatuutus on pääsääntöisesti hyvällä tasolla. Tilat ovat voimakkaasti alipaineisia ulkoilmaan nähden sekä rakennuksen käyttöajalla että käyttöajan ulkopuolella. Alipaineisuus mahdollistaa epäpuhtauksien kulkeutumisen sisäilmaan rakenteiden läpi suuntautuvien vuotoilmavirtausten mukana.

Ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus sisäilman laatuun

Ilmanvaihtojärjestelmät toimivat tilojen sisäilmanlaatua heikentävänä tekijänä erityisesti sisä- ja ulkoilman välille muodostuvien painesuhteiden ja järjestelmien paikallisten epäpuhtauslähteiden osalta. Ilmanvaihtojärjestelmien nykyisillä asetuksilla sisätilat ovat jatkuvasti voimakkaasti alipaineisia ulkoilmaan nähden. Alipaineisuus mahdollistaa ilmavirtaukset epätiivien rakenneliittymien kautta sisätiloihin. Ilmanvaihtojärjestelmissä havaittiin paikoin vähäistä pöly- ja likakertymää sekä paikallisia mineraalivillakuitulähteitä, joista voi irrota kuituja tuloilmavirran mukana sisäilmaan.

Rakennuksesta peräisin olevat sisäilman epäpuhtaudet

Tasopintojen pölylaskeumanäytteiden perusteella luokkatilojen mineraalikulupitoisuudet pysyvät tavanomaisella tasolla. Yksittäisen laskeuma-alustan kuitupitoisuus oli kohonnut, mutta näyttekokonaisuuksien kuitupitoisuuksien keskiarvot eivät ylittäneet Asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvoa. Erityisesti käytävien pintarakenteissa, talotekniikka-asennuksissa ja ilmanvaihtojärjestelmissä havaittiin kuitenkin kuitulähteitä, joista voi irrota kuituja sisäilmaan.

Altistumisolosuhteiden arviointi

Edellä mainittujen tekijöiden perusteella arvioidaan tavanomaisesta poikkeava altistumisolosuhde tiloissa **mahdolliseksi**.

Altistumisolosuhdearvioon liittyy epävarmuutta tutkimusalueen ulkopuolelle rajautuneiden A- ja B-osien rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmien osalta. Altistumisolosuhdearvio on suositeltavaa päivittää ympäröivien tilojen kuntotutkimusten jälkeen.

7.3 Toimenpide-ehdotukset

Altistumisolosuhteisiin voidaan vaikuttaa raportissa esitetyillä korjaustoimenpide-ehdotuksilla. Yhteenveto kaikista ehdotetuista toimenpiteistä on esitetty luvussa *8.2 Toimenpidesuosituksset*. Altistumisolosuhteeseen voidaan vaikuttaa alentavasti raportissa ehdotetuilla käyttöä turvaavilla korjaustoimenpiteillä.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO TOIMENPITEISTÄ

8.1 Tutkimuksen johtopäätökset

Johtopäätöksenä todetaan, että rakennuksen C-osaan suoritettut tutkimukset rakenteiden kunnon, liittymien tiiviiden ja korjaustarpeiden osalta olivat kokonaiskuvan muodostumisen kannalta tarpeellisia. Tutkimuslaajuus oli tutkimusalueella riittävä, eikä epäselviä asiakokonaisuuksia jäänyt rakenteiden toimivuuden, vauriomekanismien ja korjausten laajuuksien osalta. Toteutetut tutkimukset kohdistuivat kokonaisuudessaan rakennuksen C-osaan, joten tutkimusalueen ulkopuolelle rajautuneisiin A- ja B-osan rakenteisiin sekä ilmanvaihtojärjestelmiin kohdistuu lisätutkimustarpeita.

Rakennus on suunniteltu ja toteutettu nykytietämyksen perusteella sekä kosteusteknisesti turvallisina että lievästi riskialttein rakennusratkaisuin. Alkuperäisiä, selkeästi riskipitoisia rakennusratkaisuja, kuten alapohjia ja ulkoseiniä on korjattu laaja-alaisesti aiempien peruskorjausten yhteydessä, minkä takia vaurioriskiä on selkeästi saatu pienennettyä. Nykyhetkellä lievästi riskialttiina ratkaisuna voidaan pitää ulkoseinien toteutustapaa sekä niiden vanhojen ulkoseinien toteutustapaa, jotka on jätetty laajennusosan rakentamisen yhteydessä sellaisenaan väliseinärakenteiksi. Sen sijaan ala-, väli- ja yläpohjarakenteita voidaan sisäilman näkökulmasta pitää kosteusteknisesti turvallisina ja nykyaikaisina rakenteina.

Seuraavaan luetteloon on koottu kosteus- ja sisäilmateknisestä näkökulmasta keskeisimmät havainnot. **Näiden lisäksi muihin rakennusosiin liittyy yksittäisiä kosteusteknisesti riskialttiita toteutusratkaisuja, jotka on esitetty rakennusosittain luvussa 4.** Rakennuksen pääongelmat ja rakennetekniset riskit voidaan jaotella seuraavasti:

- **Alkuperäisen osan ensimmäisen kerroksen ulkoseinän alaosat** on toteutettu niin kutsutulla piilosokkelirakenteella, joissa seinän alaosa sijaitsee lattiapinnan alapuolella. Riskialtis rakennusratkaisu on paikallisesti kosteus- ja mikrobivaurioitunut. Erityisesti ikkunaliitosten kautta epäpuhtauksilla on pääsy sisäilmaan, kun sisätilat ovat merkittävästi alipaineisia ulkoilmaan nähden.
- **Porrashuoneen 1172 vanha ulkoseinärakenne (nykyään väliseinä) sekä liittyvät porrashuoneen ulkoseinärakenteet** ovat tuulettuvuuspuutteiden sekä julkisivun vedenpitävyysongelmien vuoksi kosteus- ja mikrobivaurioituneet. Vanhaan ulkoseinään on jätetty rakenne ennalleen laajennusosan rakentamisen yhteydessä.
- **Rakenteiden ilmatiiveys vaihtelee.** Rakennuksen C-osaan on toteutettu laaja-alaisia tiivistyskorjauksia, mutta tiivistyskorjaukset on toteutettu rakenneosittain eriasteisesti. Yhteenvetona voidaan todeta, että ne liitokset, jotka on tiivistyskorjattu vahvikekangasta käyttäen (alapohja- ja pilariliitokset) ovat lähtökohtaisesti tiiviitä. Sen sijaan ne liitosrakenteet, jotka on tiivistyskorjattu ainoastaan tiivistysmassalla (ikkunaliitokset) tai jätetty kokonaan tiivistyskorjaamatta (ulkoseinien yläosien liitokset väli- ja yläpohjiin, ikkunanauhaliitokset, ulkoseinien sisäkuorten halkeamat, ripustusten kiinnitykset) ovat epätiiviviitä.
- **Sisätilat ovat merkittävästi alipaineisia ulkoilmaan nähden**, joten epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteiden epätiiviysohjojen kautta sisätilojen suuntaan on mahdollista.

Tutkimuksen perusteella rakenteissa ei havaittu kiireellisiä korjaustarpeita, mutta rakennuksen alipaineisuuden pienentämiseksi on suositeltavaa toteuttaa ilmanvaihdon säätötöitä kiireellisellä aikataululla. Korjaukset ovat pääosin peruskorjaustasoisia ja C-osa on peruskorjauksen tarpeessa seuraavan 8-10 vuoden kuluessa. Kuitenkin mikäli muuta rakennusta koskevassa kuntotutkimuksessa havaitaan tekijöitä, jotka vaativat peruskorjausta nopeammalla aikataululla, tulee C-osan peruskorjaustasoiset toimenpiteet tehdä samassa yhteydessä. Peruskorjauksessa käytettävät ratkaisut tulisi olla sellaisia, että niiden tekninen käyttöikä on vähintään 40 vuotta:

- Rakenteiden höyrytiivis liittyminen toisiinsa tulee varmistaa tarvittaessa erillissuunnitelmin ja laadunvarmistustoimin.
- Peruskorjauksessa tulisi käyttää vain sellaisia rakenneosia, joiden pitkäaikaiskestävyys Suomen kaltaisissa olosuhteissa on selvillä.

8.2 Toimenpidesuositukset

Alla esitetyt toimenpidesuositukset ovat kuvattu tarkemmin tämän raportin kunkin luvun päättävissä kappaleissa *Toimenpide-ehdotukset*. Toimenpiteet ovat lueteltu alla pääkohdittain **lyhennetyinä**.

Tässä tutkimusraportissa esitetyt toimenpide-ehdotukset eivät ole valmis korjaussuunnitelma. Korjauksista tulee laatia korjaussuunnitelmat ja niiden toteutuksesta päätetään vasta raportin valmistumisen jälkeen.

8.2.1 Lisätutkimustarpeet

Muu rakennus

- Rakennuksen A- ja B-osien kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Aluerakenteet

- Koko salaojajärjestelmän kuvantaminen ja salaojakorkojen mittaaminen suhteessa anturalinjaan.

8.2.2 Kiireelliset / välittömät toimenpiteet

Sisäilman olosuhteet

- Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmien säätö niin, että sisätilojen voimakas alipaineisuus ulkoilmaan nähden saadaan poistettua.

Ilmanvaihto, ilmanvaihtokoneet

- TK 5.1 ja TK 6.1 Ilmankäsittelykoneiden huoltokorjaukset
- PK 5.2, PK 6.2 huippuimurin liittäminen aikaohjelmaan.

Ilmanvaihto, kanavisto

- Kanaviston tiiveyden tarkastus painekokeilla.
- Mittausreikien tulppaus.
- IV-konehuoneiden alapohjan kanavaläpivientien tarkastus alemmasta kerroksesta.

Ilmanvaihto, päätelaitteet

- Päätelaitteiden villapintojen kapselointi ja äänenvaimenninmateriaalin uusiminen

Ilmanvaihto, ilmavirtaukset

- Ilmavirtojen mittaus normaalia käyttötilannetta vastaavissa olosuhteissa.
- Kokonaisilmavirtojen mittaus ilmanvaihtokoneilta.
- Ilmanvaihdon tasapainotus.

8.2.3 Huoltotoimenpiteet

Aluerakenteet

- Irronneiden peitelistöjen perusmuurilevyjen kiinnitys sekä vuotavan syöksytorven korjaaminen.
- Suppilokaivojen kiinnitykset tarvittavilta osin.

8.2.4 Käyttöä turvaavat toimenpiteet (1-5 vuoden sisällä tehtävät)

Alapohjarakenteet

- Käytävän 1175, tuulikaapin 1169 ja luokkatilan 1167 alapohja-pystyrakenneliitoksen tiivistyskorjaus
- Laajennusosan kosteus seuranta 3–5 vuoden välein

Alkuperäisen osan ulkoseinät

- US-1 ja liikuntavälinevaraston liitosraon tiivistys sisä- ja ulkopuolelta

US-6 ja liittyvä porrashuoneen ulkoseinä US-4

- Rakenteen pitkäikäinen tiivistyskorjaus ja uudelleen tasoitus

Ikkunat ja ovet ja niiden liitosrakenteet

- Vesipellitusten tiiveyden parantaminen ja ikkunakarmi-ulkoseinän kevyt tiivistyskorjaus

Väliseinä VS-1

- kauttaaltaan tehtävä tiivistyskorjaus muuratun rakenteen puolelle. Betonirakenteen puolelle paikallinen tiivistyskorjaus läpivienteihin ja kiinnikkeiden kohdalle.

Vesikatko

- Pinta-asennuksena tehtyjen läpivientien uusiminen.
- Yksittäisen vioittuneen räystäskourun uusiminen.
- Sadevesijärjestelmän varustaminen sulanapitokaapelein puuttuvilta osin.
- Alipainetuulettimien lisääminen vesikatolle erityisesti rakennuksen keskialueelle.

Epäpuhtauslähteet

- Irrallisten mineraalivillakuitulähteiden poistaminen tai kapseloiminen ilmanvaihtojärjestelmistä sekä käytävien alakattorakenteista.

Ilmanvaihto, ilmanvaihtokoneet

- Automaatiosuunnitelmien päivitys ajankohtaiseksi.
- Suodatinvahtien uusiminen ja liittäminen rakennusautomaatioon.
- Huoltoluukkujen asennus äänenvaimennuskammioille.
- Ilmankäsittelykoneiden ylläpitotoimet; puhdistus ja toiminnan tarkastus 1 kertaa vuodessa sekä suodattimien vaihto vähintään 2 kertaa vuodessa likausuusasteen mukaan.
- Huippuimureiden ylläpitotoimet; puhdistus ja toiminnan tarkastus 1 kertaa vuodessa.

Ilmanvaihto, kanavisto ja päätelaitteet

- Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaustarkastukset 5 vuoden välein.

Ilmanvaihto, ilmavirtaukset

- Ilmanvaihtosuunnitelmien päivitys vastaamaan nykyistä ilmanvaihtoa.
- ilmanvaihtojärjestelmän tasapainotus

8.2.5 Perusparannuksen yhteydessä tehtävät toimenpiteet

Aluerakenteet

- Sokkeleiden vierusrakenteiden uusiminen ja sokkelirakenteiden lämmöneristys EPS-lämmöneristeillä.

Alkuperäisen osan ulkoseinät US-1 ja US-2

- US-1 puurankarungon korkoasemamuutos.
- US-1 ja US-2 rakenteiden tuulettuvuuden parantaminen.

- US-1 ja US-2 ikkunauharakenteista mineraalivillan vaihtaminen polyuretaaniin ja tarvittavat ilmatiiveyskorjaukset.

Kuorimuuratut ulkoseinät US-3 ja US-4

- Yksikerroksisen osan sisäpinnaltaan levyverhotun seinärakenteen muuttaminen tuulettavaksi ja kosteusvauriokorjaus.

Ikkuna ja ovirakenteet

- kaikki 1991 asennetut ikkuna ja ovirakenteet uusitaan. Tervalta tuoksuvat apukarmit poistetaan.
- Ulko-ovien huoltokorjaukset.

Vesikatto

- Vastapellitusten ja pieneläinverkkojen lisääminen räystäärakenteisiin.

Yläpohjat YP-1, YP-2 ja YP-3

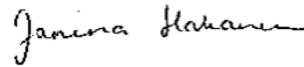
- Yläpohjan alapinnan ilmatiiveyden parantaminen.

9. PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOITUKSET

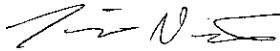
Ramboll Finland Oy
Tampere
29.6.2023



Markus Fränti
Asiantuntija
DI, rakennusterveysasiantuntija



Janina Hakanen
Asiantuntija
DI



Joni Nivala
Tutkimuspäällikkö
RI (AMK), rakennusterveysasiantuntija



Antti Vähävirta
LVI-Asiantuntija

LIITE 1. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä asiakirjassa esitetty epävarmuustarkastelu sisältää vain kenttämittaukseen sekä näytteenottoon liittyvät virheet, jolloin analyysilaboratoriot ja alihankkijat ilmoittavat menetelmän virhetarkastelun analyysivastauksessaan.

Laitteiden / tutkimusvälineiden valmistajan ilmoittamat virhetarkastelut tms. löytyvät kunkin laitevalmistajan ylläpitämästä rekisteristä.

1. RAKENNEKOSTEUSMITTAUKSET

Voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- Pintakosteuskartoitus, kosteuden tunnistaminen
- Kosteusmittaukset rakenteen sisältä, ainekerroksesta (viilto, porareikä ja puun painoprosentti-kosteus)

Noudatetaan seuraavia julkaisuja ja ohjeita:

- RT 103333, Betonin suhteellisen kosteuden mittaus (Rakennustieto, 2021)
- Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi (Tarja Merikallio, 2002)

1.1. PINTAKOSTEUSKARTOITUS

Kosteusmittaukset suositellaan aloitettavaksi pintakosteuskartoituksella, jonka perusteella arvioidaan rakenteen lisätutkimisen tarve ja laajuus.

Pintakosteusosoittimella kerätään vertailuarvoja. Laite ei mittaa kosteutta, vaan se reagoi pinnan sähköjohtavuuteen tavallisesti noin 20–50 mm syvyydeltä rakenteista. Osoitin ei siis missään tapauksessa näytä kosteuspitoisuuksia, vaan korkeintaan sen muutokset. Poikkeavat mittaustulokset tarkastetaan toisella mittaustavalla.

Lopullista korjaustarvetta ei pidä milloinkaan määritellä pelkkien pintakosteuskartoitusten perusteella.

Kalusto

Pintakosteudenilmaisimain GANN Hydrotest LG3 ja siihen anturit B50 sekä LB71 (kalibroitu 04/2022).

Epävarmuustarkastelu

Pintakosteuskartoituksessa virhettä voi aiheuttaa mittajaan ilmaisimen käsittely. Kerroksellisissa rakenteissa ilmavälit saattavat vaikuttaa rakenteen näyttämään. Lisäksi mittaustuloksia tulkittaessa on otettava huomioon metallien olemassaolo rakenteessa (esim. betoniteräksiset ja ESD-pinnoite), sillä pintailmaisimet antavat poikkeavia lukemia sähköä hyvin johtavista materiaaleista.

Käytettävä mittalaite kalibroidaan säännöllisesti mittaritoimittajan ilmoittaman kalibrointiohjeistuksen mukaisesti. Kalibroidulla mittarilla ja oikealla mittaustekniikalla suoritettu pintakosteuskartoitus on luotettava.

1.2. RAKENNEKOSTEUSMITTAUS VIILTOMITTAUSMENETELMÄLLÄ

Betonin pintaan liimattujen muovi-, kumi- ym. mattojen alapuolinen kosteus voidaan mitata viiltomittauksella, jossa suhteellisen kosteuden mittapää työnnetään päällysteen alle päällystemateriaaliin tehdyn viillon kautta. Menetelmällä saadaan nopeasti ja edullisesti selville ilmatilan suhteellinen kosteus pinnoitteen alta ja se soveltuu hyvin pintakosteuskartoituksen tueksi.

Kalusto

Vaisala HMI40S on kannettava näyttölaite kosteus- ja lämpötilamittauksiin. Vaisala HM42probe -mittapäättä käytetään erityisesti betonin huokosilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen viiltomittauksissa (Kalibroitu 2/2023).

Epävarmuustarkastelu

Mittausepävarmuustekijöiden arviointi tehdään RT 103333 -ohjekortin mukaisesti.

Mitattavan / tutkittavan tilan lämpötila ja suhteellinen kosteus tulee mitata mahdollisten virhelähteiden arviointia varten. Myös ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus tulee mitata tarvittaessa.

Luotettavin mittaustulos saadaan, kun mittaus suoritetaan +20 °C lämpötilassa.

Mittauskaluston valmistajien mukaan +20 °C suhteellisen kosteuden ollessa alle 90 %, mittaustarkkuus on $\pm 1,5$ % ja suhteellisen kosteuden ollessa yli 90 %, mittaustarkkuus on $\pm 2,5$ %.

Viiltomittauksen mahdollisia epätarkkuustekijöitä ovat päällysteen irrotus viillon kohdalta, päällysteen tuenta koholleen ja mittausanturin tiivistys (mittausvirhe n. ± 10 Rh-yksikköä), mittapään tasaantumisaika (mittausvirhe n. ± 5 Rh-yksikköä), rakenteen lämpötila (mittausvirhe n. ± 10 Rh-yksikköä), mittapisteiden määrä, mittapäätyyppi ja mittauskohteet (± 5 RH-yksikköä), kalibroinnin ja tarkistuksen tarkkuus (n. ± 3 RH-yksikköä) sekä rakenteen ja ympäröivän ilman lämpötilaero (n. ± 15 RH-yksikköä).

Mittausolosuhteista johtuva mittausepä tarkkuus on huolellisesti tehdyssä mittauksessa $\pm 1...3$ %. Tällöin voidaan arvioida mittaustulosten kokonaisepä tarkkuuden olevan ± 5 %.

1.3. RAKENNEKOSTEUSMITTAUS PORAREIKÄMENETELMÄLLÄ

Betonirakenteiden kosteutta mitataan tyypillisesti suhteellisena kosteutena. Rakenteen suhteellisella kosteudella tarkoitetaan rakenteen huokosissa olevan ilman suhteellista kosteutta.

Betonirakenteiden lisäksi porareikämittausta voidaan soveltaa myös tiilirakenteiden kosteusmittauksissa.

Kalusto

Vaisala HM40 on kannettava näyttölaite kosteus- ja lämpötilamittauksiin. HMP40S -mittapäättä käytetään erityisesti betonin huokosilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen (kalibroitu 02/2023, 02/2023 ja 02/2023).

Epävarmuustarkastelu

Mittausepävarmuustekijöiden arviointi tehdään RT 103333 -ohjekortin mukaisesti.

Porareikämittaus on tarkimmillaan +15 °C...+25 °C välissä. Tämän alueen ulkopuolella suoritettavissa mittauksissa mittausvirhe voi olla hallitsematon. Luotettavin mittaustulos saadaan, kun mittaus suoritetaan +20 °C lämpötilassa.

Mittauskaluston valmistajien mukaan +20 °C suhteellisen kosteuden ollessa alle 90 %, mittaustarkkuus on ± 2 % ja suhteellisen kosteuden ollessa yli 90 %, mittaustarkkuus on ± 3 %.

Porareikämittauksen mahdollisia epätarkkuustekijöitä ovat mittausvyvyys, mittausreiän puhdistus, putkitus ja mittausputken tiivistys (mittausvirhe n. ± 15 Rh-yksikköä), mittapään tasaantumisaika ja odotusaika porauksesta (mittausvirhe n. ± 10 Rh-yksikköä), rakenteen lämpötila (mittausvirhe n. ± 10 Rh-yksikköä), mittapisteiden määrä, mittapäätyyppi ja mittauskohteet (± 5 RH-yksikköä), kalibroinnin ja tarkistuksen tarkkuus (n. ± 3 RH-yksikköä) sekä rakenteen ja ympäröivän ilman lämpötilaero (n. ± 15 RH-yksikköä).

Mittausolosuhteista johtuva mittausepäätarkkuus on huolellisesti tehdyssä mittauksessa $\pm 3...5$ %. Tällöin voidaan arvioida mittauksien kokonaisepätarkkuuden olevan $\pm 5...10$ %.

1.4. PUUN PAINOPROSENTTIKOSTEUDEN MITTAUS

Puun kosteusmittauksessa käytetään yleisimmin menetelmää, jossa kosteusmittaus perustuu kahden puuhun lyötävän metallielektrodin välisen konduktanssin mittaamiseen. Mittalaitteet antavat tuloksen painoprosenteina.

Kalusto

Mittalaite GANN Hydrotest LG 3 sekä puuanturit GANN M18 ja M20 (kalibroitu 04/2022).

Epävarmuustarkastelu

Menetelmä on suhteellisen luotettava mitattaessa puuta, sillä puu on betonia homogeenisempi materiaali eli sähkövastuksen ja kosteuden välinen yhteys on helpommin löydettävissä. Menetelmään liittyy virhemahdollisuuksia lähinnä mittausvaiheessa. Kalibroimattoman mittapään käyttö voi tuoda virhettä mittaukseen.

2. SISÄILMAN OLOSUHDEMITTAUKSET

Noudatetaan:

- Asumisterveysasetus (545/2015)
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (osa I, 8/2016)
- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016
- Työterveyslaitoksen viitearvot
- Työterveyslaitoksen laboratorio näytteenotto- ja käsittelyohje
- Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos 2017
- RT 14-11197, Rakenteiden ilmatiiviyn tarkastelu merkkiainekokein (Rakennustieto, 2015)

2.1. ILMAVUOTOTARKASTELUT

2.1.1. Merkkiainekokeet

Merkkiainekokeella tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jossa erityistä kaasua ja sitä havaitsevaa mittalaitetta apuna käyttäen selvitetään rakenteen sisällä ja rakenteen läpi tapahtuvia ilmavirtauksia. Merkkiainekokeen perusedellytys on riittävä paine-ero rakenteen tiiviin kerroksen yli koko merkkiainekokeen ajan.

Kalusto

Merkkiaineena käytetään kaasuseosta, jossa on vetyä merkkiaineena. Merkkiainekaasuna käytetään seosta, jossa on 5 % vetyä ja 95 % typpeä. Merkkiainekokeissa ilmavuodon voimakkuutta arvioidaan vetyanalyysointorin eri herkkyystasoilla 1-10 (Inficon Sensistor XRS9012). Mittalaitteen taso 10 on herkin, eli ilmavuodot ovat tällöin vähäisimpiä. Lähtökohtaisesti vuotoja etsitään herkimmillä tasolla (taso 10), jonka jälkeen havaittujen vuotojen voimakkuutta arvioidaan keskimmaisella tasolla (taso 5). Käytetty herkkyystaso on ilmoitettu raportissa, mikäli em. järjestelystä poiketaan.

Merkkiainekokeet toteutetaan tavanomaisia käyttöolosuhteita vastaavissa painesuhteissa kuitenkin siten, että tutkittavat rakenteet ovat ylipaineisia sisätiloihin nähden. Lisäksi merkkiainekokeita toteutetaan tarvittaessa tehostetussa alipaineessa. Näin menettelemällä voidaan arvioida paremmin havaittujen ilmavuotokohtien merkitystä sisäilmanlaatuun erilaisissa käyttö- ja sääolosuhteissa.

Merkkiainekoelaitteistona Inficon Sensistor XRS9012 -vetyanalyysointori ja H21-vetyanturi (kalibroitu 08/2020). Paine-eromittauksissa käytetään SwemaMan 7 -paine-eromittaria (kalibroitu 01/2022). Alipaineistus tarvittaessa rakennuksen ilmanvaihtoa säätämällä tai vaihtoehtoisesti Retrotec 5100 -ovipuhallinlaitteistolla (kalibroitu 03/2020).

Epävarmuustarkastelu

Merkkiainekokeilla voidaan havaita erittäin pieniäkin epätiiveyskohtia, mutta vuodon ilmamäärän suuruuden tulkinta on vain suuntaa antava. Merkkiainekaasu voi kulkeutua rakenne-/materiaalikerrosten, esim. höyrynsulkumuovin tai kipsilevyn takana pitkiäkin matkoja varsinaisen rakenteellisen vuotokohdan luota.

Tutkittavan rakenteen yli muodostuva hetkellinen paine-ero vaikuttaa vuodon voimakkuuteen merkittävästi. Paine-eroon vaikuttavat vallitsevat sää- ja tuuliolosuhteet. Esimerkiksi voimakas tuulenuska voi muuttaa hetkellisesti vuodon voimakkuutta. Paine-eron hetkellinen vaihtelu pyritään minimoimaan alipaineistuslaitteistolla.

Vetyanalyysointorin Inficon Sensistor XRS9012 ja H21-vetyanturin valmistajan mukaan anturin pienin havaitsema merkkiainepitoisuus on 0,7 ppm (H₂) ilmassa.

Vallitsevan paine-eron mittaus on käsitelty luvussa 2.2 Hetkelliset paine-eromittaukset.

Mittausmenetelmän kokonaismittausepäätarkkuus riippuu merkittävästi mittajaan osaamisesta (mittausjärjestely ja vuotojen tulkinta).

2.1.2. Lämpökuvaukset

Ulkovaipan ilmavuotoja paikannetaan lämpökuvaamalla suotuisissa lämpöolosuhteissa ja painesuhteissa. Ilmavuotojen paikantamislämpökuvauksen perusedellytys on riittävä lämpötilaero ja paine-ero mitattavan rakenteen yli koko lämpökuvauksen ajan. Lämpökuvaukset toimivat muita tutkimusmenetelmiä täydentävänä menetelmänä ilmavuotojen paikantamisessa.

Kalusto

Ilmavuotojen paikantamislämpökuvauksissa käytetään FLIR T560 42° -lämpökameraa (kalibroitu 10/2021). Lämpötila- ja kosteusmittauksissa käytetään Flir MR 77 -lämpötila- ja kosteusmittalaitetta (kalibroitu 10/2021). Paine-eromittauksissa käytetään SwemaMan 7 -paine-eromittaria (kalibroitu 01/2022).

Epävarmuustarkastelu

Lämpökameran avulla voidaan paikantaa merkittävimpiä ja säännöllisesti toistuvia ilmavuotoja rakenteissa, mikäli mitattavan rakenteen välillä on riittävä lämpötilaero ($\geq 5^{\circ}\text{C}$) ja rakenteen välille on muodostettu alipaine. Lisäksi lämpökuvauslaitteistolta edellytetään riittävää erottelukykyä ($\leq 0,1^{\circ}\text{C}$) ja tarkkuutta ($\geq 19\ 000$ pikseliä).

Mittalaitteen valmistajan mukaan lämpökameran erottelukyky on $0,03^{\circ}\text{C}$ ja resoluutio 307 200 pikseliä (640x480).

Yleensä lämpökameran mittaustarkkuus on noin $\pm 2^{\circ}\text{C}$ astetta vallitsevista olosuhteista riippumatta. Tavanomaisissa, noin $+20^{\circ}\text{C}$ asteen lämpötilassa tehtävissä mittauksissa kameran mittaustarkkuus on usein noin $\pm 1^{\circ}\text{C}$ astetta.

Vallitsevan paine-eron mittaus on käsitelty luvussa 2.2 Hetkelliset paine-eromittaukset.

Mittausmenetelmän kokonaismittausepäätarkkuus riippuu merkittävästi mittajaan osaamisesta (mittausjärjestely ja vuotojen tulkinta) sekä vallitsevista olosuhteista.

2.2. HETKELLISET PAINE-EROMITTAUKSET

Painesuhteiden mittauksella pyritään selvittämään hetkellisiä paine-eroja rakennuksen sisä- ja ulkoilman, rakennuksen eri osien tai rakenteiden välillä. Painesuhteiden mittaus tapahtuu viemällä toinen paine-eromittarin mittausletkuista mitattavan tilan tai rakenteen ulkopuolelle.

Kalusto

Mittauskalustona käytetään SwemaMan 7 -painemittarilaitteistoa hetkellisen paine-eron, ilman virtausmäärän ja ilman nopeuden määrittämiseen (kalibroitu 01/2022).

Epävarmuustarkastelu

Sisä- ja ulkoilman väliseen paine-eroon vaikuttaa ilmanvaihdon lisäksi muun muassa ulkoilman lämpötila ja tuulenpaine. Hetkellisiä paine-eroja mitattaessa tulisi kirjata ylös vallitseva ulkolämpötila, tuulen nopeus ja suunta. Mikäli olosuhteet ovat poikkeukselliset, kannattaa mittaus siirtää toiseen ajankohtaan (esim. ulkolämpötila alle paikkakunnan mitoitussulkolämpötilan tai tuulen nopeus yli 10 m/s). Mittalaitteen valmistajan ilmoittama mittausepäätarkkuus on $\pm 1\% + 1\text{ Pa}$ käyttölämpötilassa $0\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ilmannonopeuden mittaus tarkkuus on $\pm 2,5\%$ ilmannonopeuden ollessa alle 10 m/s. Lämpötilan mittaus tarkkuus on $\pm 1\% + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Hetkellisillä mittauksilla ei saada kuvaa tilojen välisistä painesuhteista kuin mittaushetkellä.

2.3. PAINE-EROSEURANTAMITTAUKSET

Kalusto

Dataloggerijärjestelmät ilmanpaine-erojen pitkäaikaismittaukseen. Langallisena mittausjärjestelmänä käytetään Beck 984Q -paine-erolähetintimiä ja Tinytag TGC-0046 -dataloggereita (kalibroitu 1/2022), jotka kytketään PC:n USB-liitäntään mittaus tulosten siirtämiseksi ja analysoimiseksi. Langattomana mittausjärjestelmänä käytetään Miran DLS -paine-erolähetintä ja Miran DLS APw -keskusyksikköä (kalibroitu 10/2022), jonka mittaus tulokset siirtyvät langattomasti pilvipalveluun tietojen analysointia varten.

Epävarmuustarkastelu

Sisä- ja ulkoilman väliseen paine-eroon vaikuttaa ilmanvaihdon lisäksi muun muassa ulkoilman lämpötila ja tuulenpaine. Epävarmuustarkastelun tueksi voidaan ulkona vallitsevia tuuliolosuhteita, lämpötiloja ja kosteustietoja tiedustella lähimmältä sääasemalta. Tuuliolosuhteilla pystytään usein selvittämään paine-suhdemittauksissa esiintyviä poikkeavia arvoja, vertaamalla paine-erologgereiden ja sääaseman tietoja keskenään. Osa kaupallisista jatkuvaseurannaisista mittareista on itsenäisesti kalibroituja, joten paine-eromittauksen tarkkuus on yhtä suuri kuin laitteen mittaus tarkkuus. Mittalaitteiden valmistajien mukaan ilman-paine-erojen mittausepäätarkkuus on $\pm 1,0\dots 3,0\%$.

2.1. HIILIDIOKSIDI (CO₂) -SEURANTAMITTAUKSET

Sisäilman hiilidioksidi on pääosin peräisin ulkoilmasta sekä tilassa oleskelevista käyttäjistä. CO₂-pitoisuus sisäilmassa kuvaa ilmanvaihdon riittävyttä suhteessa ihmisten aiheuttamaan kuormitukseen.

Kalusto

Dataloggerijärjestelmät sisäilman sisältämän hiilidioksidin mittaamiseen. Langattomana mittausjärjestelmänä käytetään Miran DLS -hiilidioksidilähettimeä ja Miran DLS APw -keskusyksikköä (kalibroitu 10/2022), jonka mittaustulokset siirtyvät langattomasti pilvipalveluun tietojen analysointia varten.

Epävarmuustarkastelu

Mittauksen tarkkuus mittalaitteesta riippuen on noin ± 50 ppm + 2-3 % lukemasta. Osa kaupallisista jatkuvaseurannaisista mittareista on itsenäisesti kalibroituja, joten hiilidioksidimittauksen tarkkuus on yhtä suuri kuin laitteen mittaustarkkuus. Virhettä mittaukseen voi aiheutua, mikäli mittaria käytetään toimintalämpötilaa pienemmissä tai suuremmissa lämpötiloissa.

2.2. SISÄILMAN LÄMPÖTILAN JA SUHTEELLISEN KOSTEUDEN SEURANTAMITTAUKSET

Huoneilman kosteus ei pitkäkestoisesti saa olla niin suuri, ettei kosteus tiivisty tilaa ympäröiville pinnoille mittaushetkellä vallitsevissa olosuhteissa.

Kalusto

Dataloggerijärjestelmät sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan pitkäaikaismittaukseen. Langattomana mittausjärjestelmänä käytetään Miran DLS -lämpötila- ja kosteuslähettimiä sekä Miran DLS APw -keskusyksikköä (kalibroitu 10/2022).

Epävarmuustarkastelu

Mittauslaitteistojen valmistajien mukaan normaalilämpötilassa +20 °C ja suhteellisen kosteuden ollessa ≤ 80 %, suhteellisen kosteuden mittauserätarkkuus on $\pm 3,0...3,5$ % Suhteellisen kosteuden ollessa ≥ 80 %, mittauserätarkkuus on $\pm 5,0$ %. Lämpötilan ollessa -10...+40 °C, lämpötilan mittauserätarkkuus on ± 2 °C / $\pm 0,4...0,8$ °C.

3. MIKROBIT

Noudatetaan:

- Asumisterveysasetus (545/2015)
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (osa IV, 8/2016)
- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016
- TTL:n viitearvot
- TTL:n laboratorio näytteenotto- ja käsittelyohje
- Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos 2017
- Ohje asunnon terveyshaitan selvittämiseen, Valviran ohje 4/2017
- Ohje koulun ja päiväkodin olosuhdevalvontaan, terveyshaitan ennaltaehkäisemiseen sekä selvittämiseen, Valviran ohje 12/2018

Kosteus- ja homevaurioiden tunnistamisessa käytetään ensisijaisesti materiaalinäytteiden, mutta myös tarvittaessa pinta- ja ilmanäytteiden mikrobimäärityksiä. Näillä pyritään selvittämään, onko rakennuksessa, rakenteissa tai pinnoilla mikrobikasvua tai poikkeavaa mikrobistoa tai onko rakennuksessa epätavanomainen mikrobilähde (sisäilmanäytteet). Näytteiden tulosten tulkinta perustuu sekä mikrobipitoisuuksien että lajiston tarkasteluun. Sisäilman mikrobien viitearvoja sekä tietoja mikrobilajistosta käytetään apuna sisäilman epätavanomaisten mikrobilähteiden tunnistamisessa (lähteiden varmistaminen ja paikallistaminen vaatii aina rakennusteknisiä selvityksiä).

Pelkästään mittaustulosten perusteella ei voi tehdä päätelmiä sisäilman terveydellisestä laadusta.

Mikrobien **mittausmenetelmissä** ja **materiaalinäytteiden** mikrobipitoisuuksien **tulkinnassa** noudatetaan asumisterveysasetusta (545/2015) ja sen soveltamisohjetta (osa IV, 2016) koulujen, päiväkotien ja toimistojen osalta. Toimistotyyppisten tilojen **sisäilman** mikrobipitoisuuksien **tulkinnassa** noudatetaan Työterveyslaitoksen toimistoista (koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto) kerättyyn aineistoon perustuvia ja suositettavia viitearvoja (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, 2017).

3.1. MIKROBINÄYTTEET RAKENNUSMATERIAALEISTA

3.1.1. Rakennusmateriaalinäytteen laimennossarjaviljely ja suoraviljely

Rakennusmateriaalinäytteitä otetaan silloin, kun epäillään mikrobikasvua rakennuksen rakenteissa. Näytteenottoa tulee valita lähtötietojen ja tutkimussuunnitelman perusteella, jotta tutkittavan rakenteen vaurio ja vaurion laajuus saadaan selville.

Rakennusmateriaalista määritetään home-, bakteeri- ja sädesienipitoisuus kasvatusmenetelmällä ns. laimennossarjamenetelmällä tai suoraviljelymenetelmällä.

Rakennusmateriaalinäytteillä saadaan selville materiaalin kosteus-/mikrobivaurio ja vaurioalueen laajuus.

Epävarmuustarkastelu

Menetelmässä mahdollista virhettä aiheuttavat näytteenottotekniikka (käytettävien välineiden puhtaus, näytteenottajan toiminta) sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon. Myös näytteenotopaikan valinnalla on suuri merkitys tulosten tulkinnalle.

3.1.2. Rakennusmateriaalinäytteen suoramikroskopointi

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen IV (8/2016) mukaan viljelytuloksen ollessa alle määritysrajan tai silloin, kun näytteessä esiintyy vain yksittäisiä pesäkkeitä, näytteen mikroskopointi tulee tehdä suoraan materiaalista tai ns. teippinäytteestä mahdollisesti kuolleen jo kuivuneen kasvuston havaitsemiseksi. Huomattavaa on, että suoramikroskopointi voidaan tehdä luotettavasti vain kovilta materiaaleilta, kuten rakennuslevy / puutavara. Mikäli suoramikroskopoinnissa nähdään sienirihmasto, tämä voi viitata homekasvustoon tai lahovaurioon näytteessä. Pelkkien itiöiden havaitseminen voi viitata kontaminaatioon muusta lähteestä (ISO16000-21). Suoramikroskopointi ei sovellu bakteerikasvustojen havainnointiin.

Epävarmuustarkastelu

Huokoisille materiaaleille suoramikroskopointia ei voi tehdä. Menetelmässä mahdollista virhettä aiheuttavat tutkittava materiaali, näytteenottotekniikka (käytettävien välineiden puhtaus, näytteenottajan toiminta) sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon. Myös rakennusmateriaalilla ja näytteenotopaikan valinnalla on suuri merkitys tulosten tulkinnalle. Viljelymenetelmään verrattuna vähäinen lisäarvo. Laboratorion tutkijan osaamisella ja ammattitaidolla on suuri vaikutus suoramikroskopoinnin onnistumiseen ja niiden luotettavuuteen.

4. MUUT SISÄILMAN EPÄPUHTAUSMITTAUKSET

Noudatetaan:

- Säteilylaki (859/2018)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä (1044/2018)
- Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä (1034/2018)
- Asumisterveysasetus (545/2015)
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje (osa I, III, IV, 8/2016)
- Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, Ympäristöopas 2016
- Työterveyslaitoksen viitearvot
- Työterveyslaitoksen laboratorio näytteenotto- ja käsittelyohje
- Asbestikuitujen löytyminen työtiloista, toimintaohje ja terveysvaarat, 5/2016
- Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen, Työterveyslaitos 2017

4.1. HIUKKASMAISET EPÄPUHTAUDET

4.1.1. Asbesti

ASBESTIMATERIAALINÄYTE

Yksittäisen rakennusosan / putki tms. näytteen esittäminen rakennusosittain, mutta suositeltavaa on laatia erillinen voimassa olevan lainsäädännön mukainen asbesti- ja haitta-aineraportti.

Kalusto

Tyypillisesti materiaalinäyte otetaan rakenneavauksessa havaitusta aine- / materiaalikerroksesta käyttäen esimerkiksi pihtiä, puukkoa tai mattopuukkoa ja pakataan huolellisesti laboratorion näytteenotto-ohjeiden mukaisesti.

Epävarmuustarkastelu

Menetelmässä mahdollista virhettä aiheuttavat näytteenottotekniikka (käytettävien välineiden puhdistus, näytteenottajan toiminta) sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon. Myös näytteenottoaikojen valinnalla on suuri merkitys tulosten tulkinnalle.

4.1.2. Kuidut

Teollisia mineraalikuituja ovat lasikuitu, lasivilla, kivivilla ja keraamiset kuidut. Määritetään pitoisuus kahden viikon laskeumasta tasopinnalta.

Kalusto

Geeliteipit ja petrimaljat ovat monitoimiyksiköiden kalustoina.

Epävarmuustarkastelu

Tasopinnan näytteenkeräyskohtaan ei saa osua voimakkaita ilmapirtauksia esim. tuloilmaelimestä. Näytettä ei tule kerätä ikkunalaudalta tai hyllyvälistä, ns. ulkopuolelta säännöllisen siivouksen piiriin kuuluvilta pinnoilta.

4.1. KAASUMAISET EPÄPUHTAUDET

4.1.1. PAH

PAH-MATERIAALINÄYTE

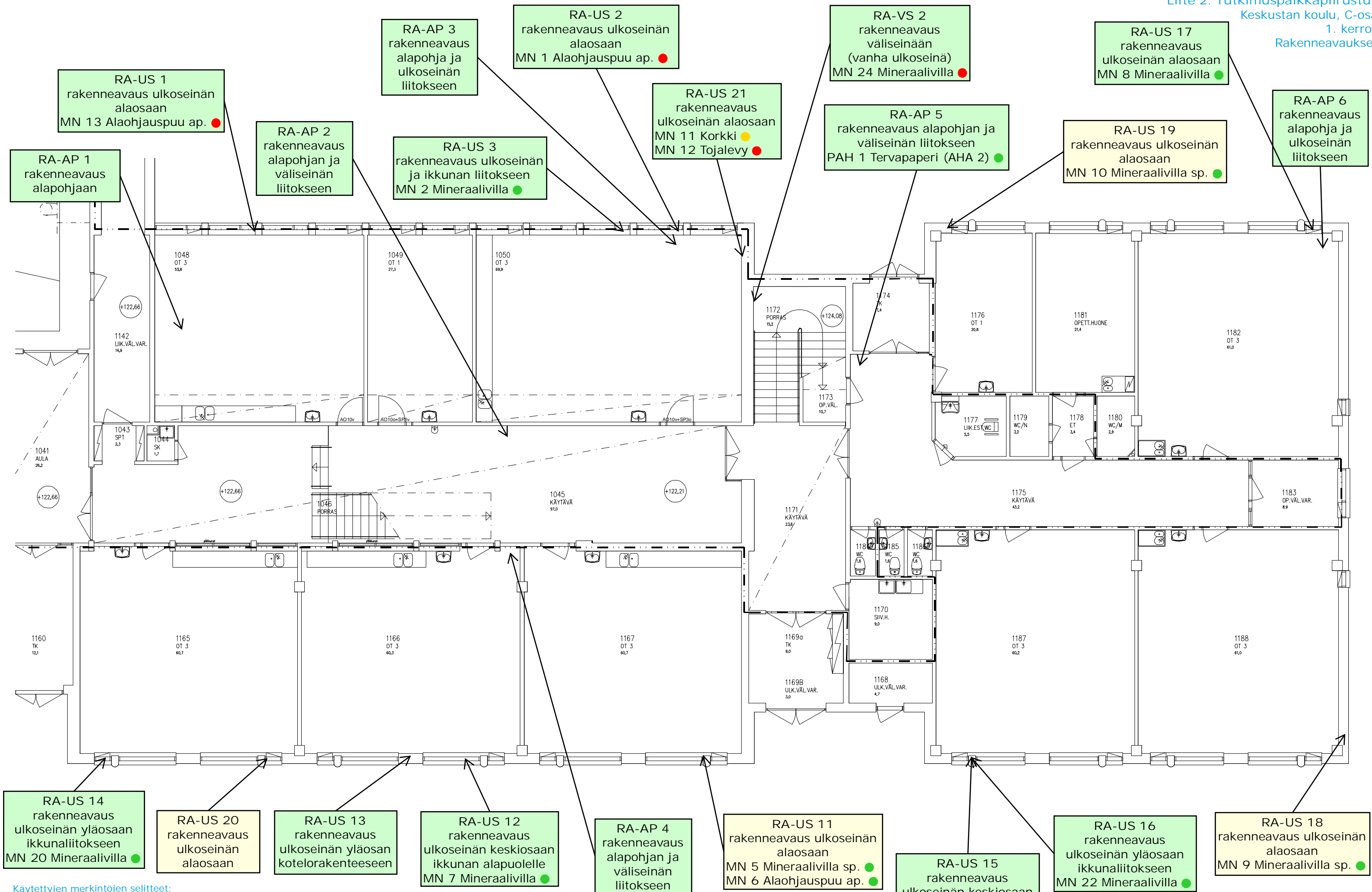
Materiaalinäyte uutetaan liuottimella ja siitä määritetään 16 PAH-yhdistettä käyttäen massaselektiivisellä ilmaisimella varustettua kaasukromatografia (GC/MS-menetelmä). Yksittäisen rakennusosan tms. näytteen esittäminen, mutta suositeltavaa on laatia erillinen voimassa olevan lainsäädännön mukainen asbesti- ja haitta-aineraportti.

Kalusto

Tyypillisesti materiaalinäyte otetaan rakenneavauksesta käyttäen esimerkiksi pihtiä, puukkoa tai mattopuukkoa.

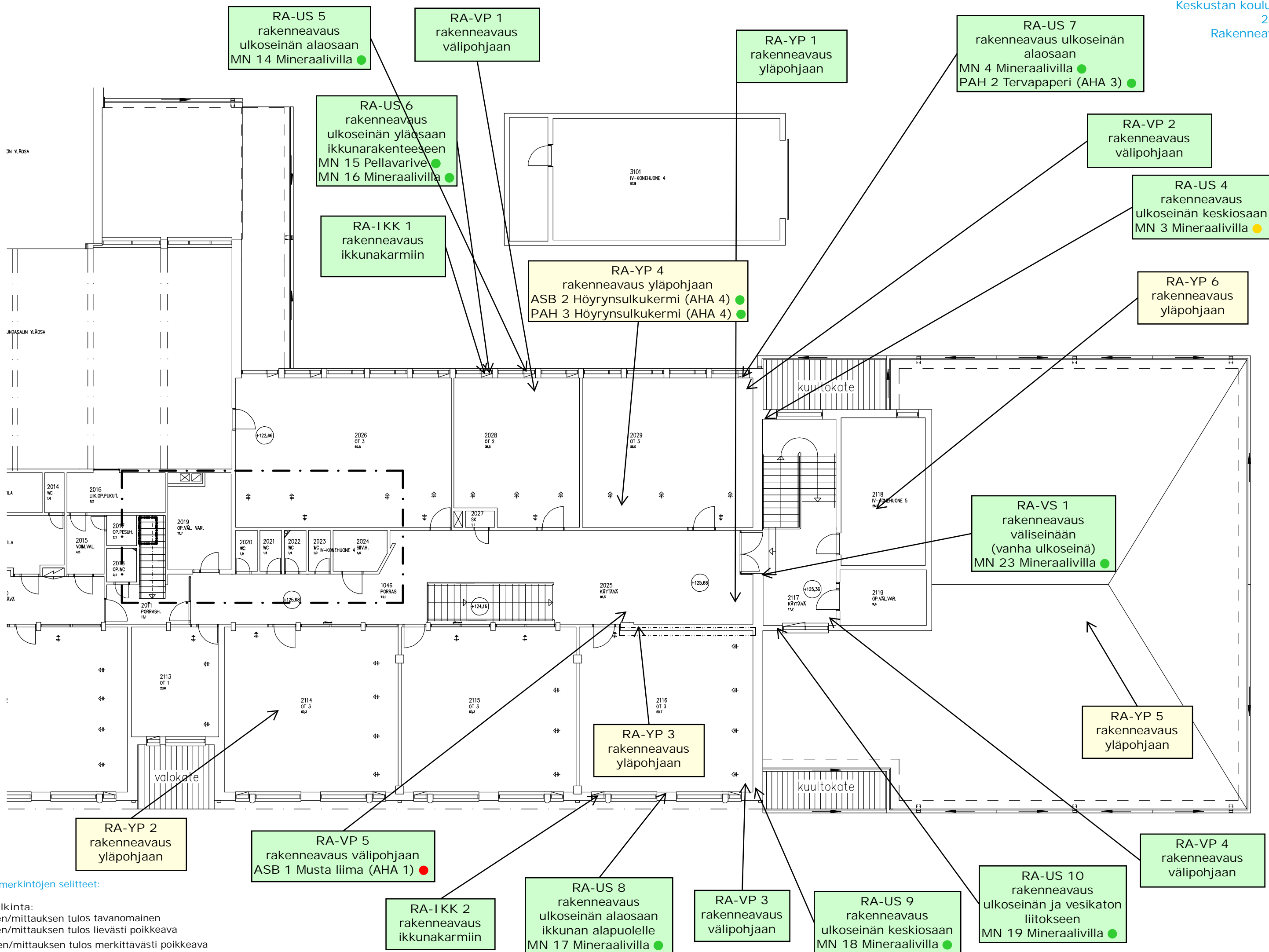
Epävarmuustarkastelu

Menetelmässä mahdollista virhettä aiheuttavat näytteenottotekniikka (käytettävien välineiden puhdistus, näytteenottajan toiminta) sekä näytteiden säilytys ja toimitus laboratorioon. Myös näytteenotopaikan valinnalla on suuri merkitys tulosten tulkinnalle.



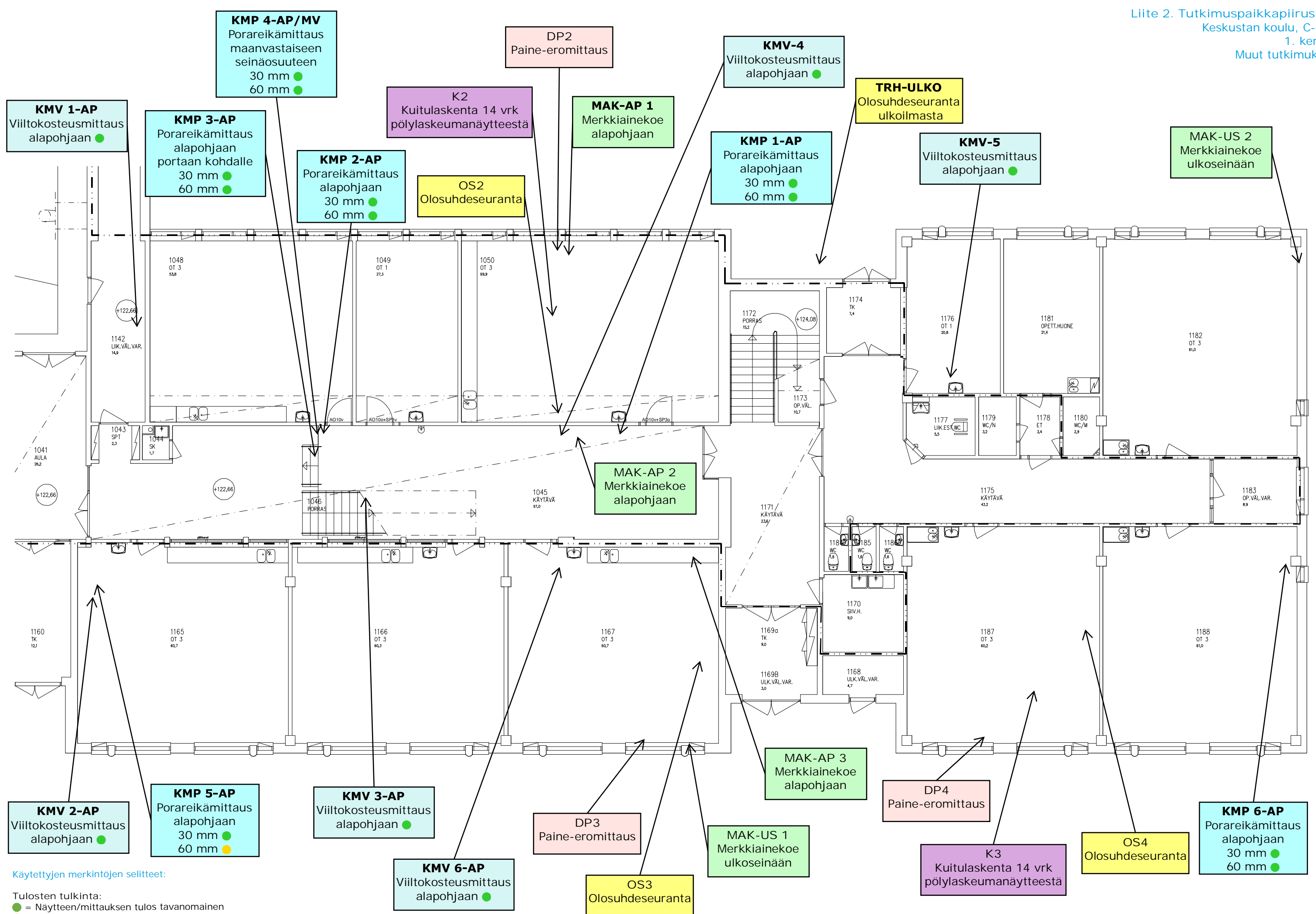
Käytettyjen merkintöjen selitteet:

- Tulosten tulkinta:
- = Näytteen/mittauksen tulos tavanomainen
 - = Näytteen/mittauksen tulos lievästi poikkeava
 - = Näytteen/mittauksen tulos merkittävästi poikkeava



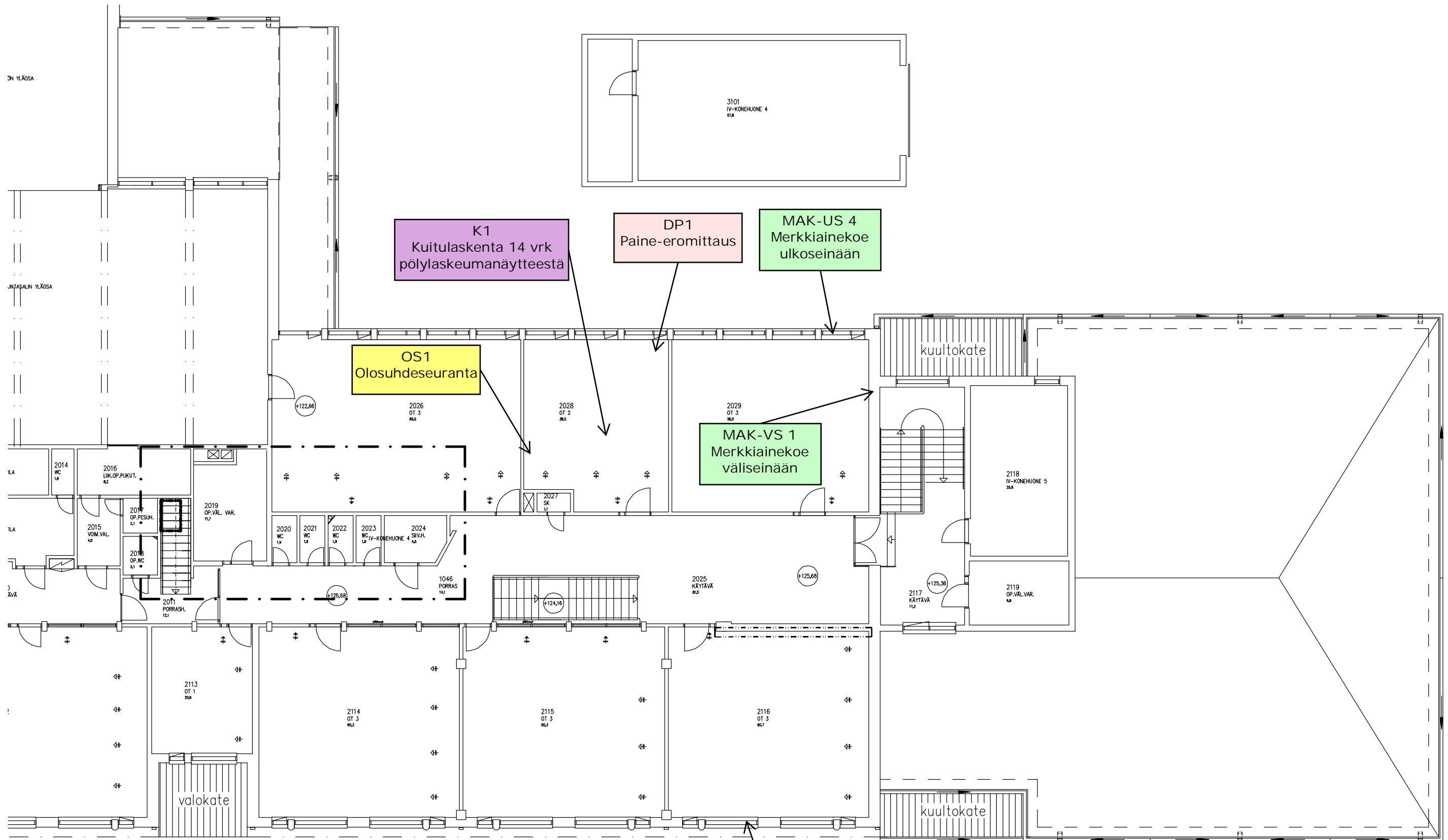
Käytettyjen merkintöjen selitteet:

- Tulosten tulkinta:
- = Näytteen/mittauksen tulos tavanomainen
 - = Näytteen/mittauksen tulos lievästi poikkeava
 - = Näytteen/mittauksen tulos merkittävästi poikkeava



Käytettyjen merkintöjen selitteet:

Tulosten tulkinta:
 ● = Näytteen/mittauksen tulos tavanomainen
 ● = Näytteen/mittauksen tulos lievästi poikkeava
 ● = Näytteen/mittauksen tulos merkittävästi poikkeava



K1
Kuitulaskenta 14 vrk
pöylaskeumanäytteestä

DP1
Paine-eromittaus

MAK-US 4
Merkkiainekoe
ulkoseinään

OS1
Olosuhdeseuranta

MAK-VS 1
Merkkiainekoe
väliseinään

MAK-US 3
Merkkiainekoe
ulkoseinään

Liite 3. Laboratorioiden tutkimustodistukset
Keskustan koulu, C-osa
Mikrobinäytteet



MIKROBIVILJELY MATERIAALINÄYTTEESTÄ, SUORAVILJELY

Tilaaaja:	Ramboll Finland Oy Janina Hakanen, janina.hakanen@ramboll.fi	Tilauspäivä:	1.3.2023
Kohde:	Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano	Laboratorio:	Kuopio
Projektinumero:	1510075603	Vastaanottopäivä:	2.3.2023
Näytteenottaja:	Janina Hakanen, Joni Nivala, Markus Fränti	Viljelypäivät:	3.3.2023
Näytteenottopäivät:	1.3.2023		

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä.

YHTEENVETO TULOISTA

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte	Tulosyhteenveto	Johtopäätös
	MN 1, Puu, RA-US 2, alaohjauspuun ap., tila 1050	paljon homeita, indikaattorimikrobeita, bakteerit alle määrittysrajan	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MN 2, Mineraalivilla, RA-US 3, tila 1050	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 3, Mineraalivilla, RA-US 4, tila 1172	kohtalaisesti homeita, indikaattorimikrobeita, vähän bakteereita	epäily mikrobikasvusta materiaalissa
	MN 4, Mineraalivilla, RA-US 7, tila 2029	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 5, Mineraalivilla, RA-US 11, tila 1167, sisäpinta	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 6, Puu, RA-US 11, alaohjauspuun ap., tila 1167	vähän homeita ja bakteereita (kts. lisätiedot)	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 7, Mineraalivilla, RA-US 12, tila 1166	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa

	MN 8, Mineraalivilla, RA-US 17, tila 1182	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 9, Mineraalivilla, RA-US 18, tila 1188, sisäpinta	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 10, Mineraalivilla, RA-US 19, tila 1176, sisäpinta	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 11, Korkki, RA-US 21, tila 1050	paljon homeita, vähän bakteereita	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MN 12, Tojalevy, RA-US 21, tila 1050	vähän homeita ja bakteereita, mutta indikaattorimikrobeita	epäily mikrobikasvusta materiaalissa

LISÄTIEDOT

Näytteestä MN6 otettiin myös teippinäyte suoraan mikroskooppiseen tarkasteluun. Tarkastelussa ei todettu yhtenäisiä mikrobikasvuun viittaavia rakenteita, rihmastoa eikä itiöitä. Yksittäisten itiöiden ja rihmastopätkien havaitseminen valomikroskooppisesti voi olla vaikeaa.

Ulkoilman tai maaperän kanssa kosketuksissa olevissa materiaaleissa voi esiintyä huomattavia määriä mikrobeja, mikä ei aina ole seurausta materiaalien kastumisesta ja sitä seuranneesta mikrobikasvusta, vaan esimerkiksi ilmavirtojen mukana kertyneistä ulkoilman mikrobeista tai materiaalin maaperäkontaktista aiheutuneesta kontaminaatiosta. Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

ANALYYSITULOKSET
Näyte: MN 1, Puu, RA-US 2, alaohjauspuun ap., tila 1050

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	++	+++	Kokonaismäärä	<mr
Penicillium sp.	++	++		
Aureobasidium sp.	+			
*Aspergillus; Eurotium (lr)		+++ (T)		

Näyte: MN 2, Mineraalivilla, RA-US 3, tila 1050

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
Mucor sp.	+		*aktinomykeetit	<mr
*Aspergillus; Eurotium (lr)		+(1)		
*Walleimia sp.		+(1)		
Cladosporium sp.		+		

Näyte: MN 3, Mineraalivilla, RA-US 4, tila 1172

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	++	+	Kokonaismäärä	+
*Aspergillus fumigatus (lr)	+(1)	+(1)	muut bakteerit	+(YK)
*Chaetomium (sr)	+(3)		*aktinomykeetit	<mr
*Paecilomyces sp.	+(1)			
Penicillium sp.	++	+		
Syncephalastrum sp.	+	+		
Cladosporium sp.		+		
*Aspergillus; Eurotium (lr)		+(1)		
Aspergillus nidulans (lr)		+		

Näyte: MN 4, Mineraalivilla, RA-US 7, tila 2029

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Cladosporium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
Penicillium sp.	+	+	*aktinomykeetit	<mr
steriilit	+			
*Aspergillus; Eurotium (lr)		+(1)		

Näyte: MN 5, Mineraalivilla, RA-US 11, tila 1167, sisäpinta

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.		+	muut bakteerit	+(YK)
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 6, Puu, RA-US 11, alaohjauspuun ap., tila 1167

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+
*Aspergillus versicolores (lr)		+(1)	*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 7, Mineraalivilla, RA-US 12, tila 1166

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	<mr	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+		muut bakteerit	+(YK)
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 8, Mineraalivilla, RA-US 17, tila 1182

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
*Aspergillus fumigatus (lr)	+(1)		muut bakteerit	+(YK)
Penicillium sp.	+	+	*aktinomykeetit	<mr
*Aspergillus versicolores (lr)	+(1)	+(2)		

Näyte: MN 9, Mineraalivilla, RA-US 18, tila 1188, sisäpinta

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
Cladosporium sp.		+	*aktinomykeetit	<mr
*Aspergillus versicolores (lr)		+(1)		
*Aspergillus restricti (lr)		+(2)		

Näyte: MN 10 , Mineraalivilla, RA-US 19, tila 1176, sisäpinta

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Cladosporium sp.	+	+	muut bakteerit	+
Penicillium sp.	+	+	*aktinomykeetit	<mr
steriilit	+	+		

Näyte: MN 11, Korkki, RA-US 21, tila 1050

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+++	+++	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+++	+++	muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 12, Tojalevy, RA-US 21, tila 1050

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
* <i>Aspergillus versicolores</i> (lr)	+(3)	+(3)	muut bakteerit	+(YK)
* <i>Aspergillus</i> ; <i>Eurotium</i> (lr)		+(1)	* <i>aktinomykeetit</i>	+(4)
<i>Penicillium</i> sp.		+		
steriilit		+		

Tulostaulukon merkintöjen selitykset:

Merkintä	M2 ja DG18 (sienet)	THG (aktinomykeetit)	THG (kokonaismäärä)
+	alle 30	alle 20	alle 75
++	30-49	----	----
+++	50 tai yli	20 tai yli	75 tai yli

< mr = alle määrittäysrajan

YK = pesäkkeen ylikasvu maljalla, jolloin kysymyksessä on nopeakasvuinen mikrobi, joka leviää maljalla nopeasti peittäen muut mahdolliset pesäkkeet helposti alleen

T = maljat täynnä pesäkkeitä, tarkkaa pesäkemäärää ei voitu laskea.

* = kosteusvaurioindikaattori.

sr = sukuryhmä

lr= lajiryhmä

Kosteusvaurioindikaattorimikrobien osalta on myös ilmoitettu pesäkemäärää.

Mikrobikasvuun viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.



Marja Hänninen, Tutkija, Mikrobiologi
 p. 050 325 0612, marja.hanninen@labroc.fi

ANALYYSIT

Materiaalinäytteistä määritettiin homeiden ja bakteerien määrä suoraviljelymenetelmällä. Hienonnettua materiaalia siirrettiin noin 0,5 ml suoraan elatusalustoille. Homeet viljeltiin mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18 (DG18)-alustalle ja bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustalle (THG). Elatusalustoja pidettiin +25°C:ssa 7 vuorokautta mesofiilisten sienien (homeet ja hiivat) ja kokonaisbakteeripitoisuuksien määrittämiseksi ja yhteensä 14 vuorokautta aktinomykeettien määrittämiseksi. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV). Homeet tunnistettiin mikroskopoimalla suku- tai lajitasolle. Bakteereista tunnistettiin aktinomykeetit. Mikäli kasvustoa ei saatu viljelymenetelmällä esille, kovilla materiaaleilla käytettiin viljelyn tueksi suoramikroskopointia.

Analyyssi on akkreditoitu ja ruokaviraston hyväksymä. Hyväksyntä edellyttää, että menetelmän luotettavuus on osoitettu Asumisterveysasetuksen mukaisesti ja menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys laimennossarjalla saatuihin tuloksiin on varmistettu. Tuloksia voi käyttää Asumisterveysasetuksen mukaisesti muun muassa kohteen terveyshaitan arviointiin.

MÄÄRITYSRAJA

Menetelmän määrittäysraja on 1 pmy/0,5 ml.

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusväkillä) katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä aktinomykeeteille 29 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi suoramikroskopoinnista tai näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

TULOKSEN TULKINTA

Tulokset tulkitaan käyttäen Labroc Oy:n omaa validointiaineistoa.

Tulkinta	Tulos elatusalustalla
ei mikrobikasvua materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: + JA - bakteerien pesäkemäärä: + JA - alle kahta indikaattorimikrobia/taksonia (mukaan lukien aktinomykeetit)
epäily mikrobikasvusta materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: ++ TAI - vähintään kahta indikaattorimikrobia ja vähintään 3 pesäkettä/alusta kutakin (mukaan lukien aktinomykeetit) TAI - bakteerien pesäkemäärä: +++
selvä mikrobikasvu materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: +++ TAI - aktinomykeettipesäkemäärä: +++

Vaurio- ja korjausjohtopäätöksen tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

VIITTEET

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

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.

H. Rintala, P. Tegelberg, M. Hänninen, H. Marttila, T. Meklin. Indikaattorimikrobien merkitys viljelytulosten tulkinnassa – suoraviljelyn, laimennossarjaviljelyn ja qPCR-menetelmän vertailu. Sisäilmastoseminaari 2023

MIKROBIVILJELY MATERIAALINÄYTTEESTÄ, SUORAVILJELY

Tilaaaja:	Ramboll Finland Oy Janina Hakanen, janina.hakanen@ramboll.fi	Tilauspäivä:	3.3.2023
Kohde:	Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano	Laboratorio:	Kuopio
Projektinumero:	1510075603	Vastaanottopäivä:	6.3.2023
Näytteenottaja:	Janina Hakanen, Joni Nivala, Markus Fränti	Viljelypäivät:	7.3.2023
Näytteenottopäivät:	2.3.2023, 3.3.2023		

Tässä tutkimusraportissa esitetyt tulokset koskevat vain laboratorioon vastaanotettuja näytteitä.

YHTEENVETO TULOISTA

Alla olevassa yhteenvetotaulukossa mikrobikasvun esiintymistä on havainnollistettu värillä/tummennuksella:

ei mikrobikasvua materiaalissa
epäily mikrobikasvusta materiaalissa
selvä mikrobikasvu materiaalissa

	Näyte	Tulosyhteenveto	Johtopäätös
	MN 13, Puu, RA-US 1, alaohjauspuun alapinta, tila 1048	paljon homeita, indikaattorimikrobeita, bakteerit alle määrittäysrajan	selvä mikrobikasvu materiaalissa
	MN 14, Mineraalivilla, RA-US 5, tila 2028	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 15, Pellavarive, RA-US 6, pellavarive ulkoseinän ja pilarin liitoksessa, tila 2028	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 16, Mineraalivilla, RA-US 6, tila 2028	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 17, Mineraalivilla, RA-US 8, tila 2116	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 18, Mineraalivilla, RA-US 9, tila 2116	homeet ja bakteerit alle määrittäysrajan	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 19, Mineraalivilla, RA-US 10, Porrashuone 2. krs 2117	homeet alle määrittäysrajan, vähän bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 20, Mineraalivilla, RA-US 14, tila 1165	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa

	MN 21, Mineraalivilla, RA-US 15, tila 1187	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 22, Mineraalivilla, RA-US 16, tila 1187	homeet alle määrittäysrajan, vähän bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 23, Mineraalivilla, RA-VS 1, Porrashuone 2. krs 2117	vähän homeita ja bakteereita	ei mikrobikasvua materiaalissa
	MN 24, Mineraalivilla, RA-VS 2, tila 1172	homeet alle määrittäysrajan, bakteereissa paljon aktinomykettejä	selvä mikrobikasvu materiaalissa

LISÄTIEDOT

Ulkoilman tai maaperän kanssa kosketuksissa olevissa materiaaleissa voi esiintyä huomattavia määriä mikrobeja, mikä ei aina ole seurausta materiaalien kastumisesta ja sitä seuranneesta mikrobikasvusta, vaan esimerkiksi ilmavirtojen mukana kertyneistä ulkoilman mikrobeista tai materiaalin maaperäkontaktista aiheutuneesta kontaminaatiosta. Vaurio- ja korjausjohtopäätösten tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

ANALYYSITULOKSET
Näyte: MN 13, Puu, RA-US 1, alaohjauspuun alapinta, tila 1048

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+++	+++	Kokonaismäärä	<mr
Aspergillus sp.	++			
Penicillium sp.	+	+		
*Aspergillus; Eurotium (lr)		+++ (56)		

Näyte: MN 14, Mineraalivilla, RA-US 5, tila 2028

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 15, Pellavarive, RA-US 6, pellavarive ulkoseinän ja pilarin liitoksessa, tila 2028

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
*Alternaria; Ulocladium (sr)		+(1)	*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 16, Mineraalivilla, RA-US 6, tila 2028

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
Aspergillus sp.		+	*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 17, Mineraalivilla, RA-US 8, tila 2116

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
*Aspergillus fumigatus (lr)	+(1)		muut bakteerit	+(YK)
Penicillium sp.		+	*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 18, Mineraalivilla, RA-US 9, tila 2116

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	<mr

Näyte: MN 19, Mineraalivilla, RA-US 10, Porrashuone 2. krs 2117

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	+
			muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 20, Mineraalivilla, RA-US 14, tila 1165

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	<mr	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+		muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 21, Mineraalivilla, RA-US 15, tila 1187

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.		+	muut bakteerit	+(YK)
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 22, Mineraalivilla, RA-US 16, tila 1187

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	+
			muut bakteerit	+
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 23, Mineraalivilla, RA-VS 1, Porrashuone 2. krs 2117

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	+	+	Kokonaismäärä	+
Penicillium sp.	+	+	muut bakteerit	+(YK)
			*aktinomykeetit	<mr

Näyte: MN 24, Mineraalivilla, RA-VS 2, tila 1172

	M2	DG18		THG
HOMEET JA HIIVAT	pmy/malja	pmy/malja	BAKTEERIT	pmy/malja
Kokonaismäärä	<mr	<mr	Kokonaismäärä	+++
			muut bakteerit	<mr
			*aktinomykeetit	+++ (T)

Tulostaulukon merkintöjen selitykset:

Merkintä	M2 ja DG18 (sienet)	THG (aktinomykeetit)	THG (kokonaismäärä)
+	alle 30	alle 20	alle 75
++	30-49	----	----
+++	50 tai yli	20 tai yli	75 tai yli

< mr = alle määritysrajan

YK = pesäkkeen ylikasvu maljalla, jolloin kysymyksessä on nopeakasvuinen mikrobi, joka leviää maljalla nopeasti peittäen muut mahdolliset pesäkkeet helposti alleen

T = maljat täynnä pesäkkeitä, tarkkaa pesäkemäärää ei voitu laskea.

* = kosteusvaurioindikaattori.

sr = sukuryhmä

lr = lajiryhmä

Kosteusvaurioindikaattorimikrobien osalta on myös ilmoitettu pesäkemäärä.

Mikrobikasvuun viittaavat tulokset on esitetty tummennettuna.



Marja Hänninen, Tutkija, Mikrobiologi
p. 050 325 0612, marja.hanninen@labroc.fi

ANALYYSIT

Materiaalinäytteistä määritettiin homeiden ja bakteerien määrä suoraviljelymenetelmällä. Hienonnettua materiaalia siirrettiin noin 0,5 ml suoraan elatusalustoille. Homeet viljeltiin mallasuute- (M2) ja dikloran-glyseroli-18 (DG18)-alustalle ja bakteerit tryptoni-hiivauute-glukoosi-alustalle (THG). Elatusalustoja pidettiin +25°C:ssa 7 vuorokautta mesofiilisten sienien (homeet ja hiivat) ja kokonaisbakteeripitoisuuksien määrittämiseksi ja yhteensä 14 vuorokautta aktinomykeettien määrittämiseksi. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa IV). Homeet tunnistettiin mikroskopoimalla suku- tai lajitasolle. Bakteereista tunnistettiin aktinomykeetit. Mikäli kasvustoa ei saatu viljelymenetelmällä esille, kovilla materiaaleilla käytettiin viljelyn tueksi suoramikroskopointia.

Analyyssi on akkreditoitu ja ruokaviraston hyväksymä. Hyväksyntä edellyttää, että menetelmän luotettavuus on osoitettu Asumisterveysasetuksen mukaisesti ja menetelmällä saatujen tulosten yhtenevyys laimennossarjalla saatuihin tuloksiin on varmistettu. Tuloksia voi käyttää Asumisterveysasetuksen mukaisesti muun muassa kohteen terveyshaitan arviointiin.

MÄÄRITYSRAJA

Menetelmän määrittäysraja on 1 pmy/0,5 ml.

MITTAUSEPÄVARMUUS

Mittausepävarmuus on testaustulokseen liittyvä arvio, joka ilmoittaa rajat, joiden välissä todellisen arvon voidaan valitulla todennäköisyydellä (luottamusväkillä) katsoa olevan. Laboratorion teknisen suorittamisen mittausepävarmuus on homeille 10 % (M2-alusta) ja 11 % (DG18-alusta) sekä THG:llä aktinomykeeteille 29 %. Teknisen suorituksen mittausepävarmuus kattaa ainoastaan pesäkelaskennan mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus on huomioitu tulosten tulkinnassa. Tämä laskelma ei huomioi suoramikroskopoinnista tai näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta.

TULOKSEN TULKINTA

Tulokset tulkitaan käyttäen Labroc Oy:n omaa validointiaineistoa.

Tulkinta	Tulos elatusalustalla
ei mikrobikasvua materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: + JA - bakteerien pesäkemäärä: + JA - alle kahta indikaattorimikrobia/taksonia (mukaan lukien aktinomykeetit)
epäily mikrobikasvusta materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: ++ TAI - vähintään kahta indikaattorimikrobia ja vähintään 3 pesäkettä/alusta kutakin (mukaan lukien aktinomykeetit) TAI - bakteerien pesäkemäärä: +++
selvä mikrobikasvu materiaalissa	- sienten pesäkemäärä: +++ TAI - aktinomykeettipesäkemäärä: +++

Vaurio- ja korjausjohtopäätöksen tekemiseen tarvitaan tiedot myös teknisistä havainnoista.

VIITTEET

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

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, Osa IV Asumisterveysasetus § 20. Valvira ohje 8/2016.

H. Rintala, P. Tegelberg, M. Hänninen, H. Marttila, T. Meklin. Indikaattorimikrobien merkitys viljelytulosten tulkinnassa – suoraviljelyn, laimennossarjaviljelyn ja qPCR-menetelmän vertailu. Sisäilmastoseminaari 2023

Liite 3. Laboratorioiden tutkimustodistukset
Keskustan koulu, C-osa
Asbestinäytteen

ASBESTIANALYYSI			
Tilaaaja:	Ramboll Finland Oy	Tilauspäivä:	1.3.2023
Kohde:	Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano	Toimitettu laboratorioon:	2.3.2023
Projektinumero:	1510075603	Laboratorio:	Tampere
Menetelmät: Asbestianalyysi on akkreditoitu menetelmä. Analyysi suoritetaan tilaajan toimittamista näytteistä soveltaen standardia ISO22262-1:2012 optisella analyysillä käyttäen stereomikroskooppia sekä polarisaatiomikroskooppia ja/tai alkuaineanalyysillä käyttäen pyyhkäisyelektronimikroskooppia (SEM/EDS). Taulukossa asbestin esiintyminen on havainnollistettu tummennuksella: tummennus tarkoittaa, että kyseinen näyte sisältää asbestia. Asbestin laatu on ilmoitettu tulos -sarakeessa. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF -muodossa ilman suojausta. <i>Laboratorion lisäämät näytetiedot kursivoilla.</i>			
Näytteenottaja: Janina Hakanen, Joni Nivala, Markus Fränti			
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Menetelmä VM/EM*	Tulos
AHA 1	RA-VP 5, vanha musta liima + tasoite, käytävä 2025	VM	Sisältää asbestia, krysotiili.

*VM = optinen analyysi, EM = elektronimikroskooppi

Lisätietoja:

Näytteen asbesti mustassa liimassa. Tasoite ei sisällä asbestia.



Veikko Lehtinen, Tutkija, Insinööri
p. 040 865 3210, veikko.lehtinen@labroc.fi

ASBESTIANALYYSI

Tilaja:	Ramboll Finland Oy	Tilauspäivä:	3.3.2023
Kohde:	Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano	Toimitettu laboratorioon:	6.3.2023
Projektinnumero:	1510075603	Laboratorio:	Tampere

Menetelmät:

Asbestianalyysi on akkreditoitu menetelmä. Analyysi suoritetaan tilaajan toimittamista näytteistä soveltaen standardia ISO22262-1:2012 optisella analyysillä käyttäen stereomikroskooppia sekä polarisaatiomikroskooppia ja/tai alkuaineanalyysillä käyttäen pyyhkäisyelektronimikroskooppia (SEM/EDS). Taulukossa asbestin esiintyminen on havainnollistettu tummennuksella: tummennus tarkoittaa, että kyseinen näyte sisältää asbestia. Asbestin laatu on ilmoitettu tulos -sarakeessa. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF -muodossa ilman suojausta. *Laboratorion lisäämät näytetiedot kursivilla.*

Näytteenottaja: Janina Hakanen, Joni Nivala, Markus Fränti

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Menetelmä VM/EM*	Tulos
AHA 4	RA-YP 4, yläpohjan höyrynsulkukermi	VM	Ei sisällä asbestia.

*VM = optinen analyysi, EM = elektronimikroskooppi



Veikko Lehtinen, Tutkija, Insinööri
p. 040 865 3210, veikko.lehtinen@labroc.fi

Liite 3. Laboratorioiden tutkimustodistukset
 Keskustan koulu, C-osa
 PAH-näytteet

PAH-ANALYYSI

Tilaaaja: Ramboll Finland Oy	Tilauspäivä: 1.3.2023
Kohde: Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano	Toimitettu laboratorioon: 2.3.2023
Projektinnumero: 1510075603	Laboratorio: Oulu

Menetelmät:

Analyyssi suoritettiin tilaajan toimittamasta näytteestä. PAH-analyyssissä sovelletaan menetelmää ISO 18287:2006. Materiaalinäytteeseen lisättiin sisäinen standardi ja sitä uutettiin tolueenilla ultraäänihäuteessä. Uutos suodatettiin teflon-suodattimen läpi, jonka jälkeen se analysoitiin kaasukromatografialaitteistolla johon oli yhdistetty massaselektiivinen detektori. Näytteestä analysoitiin 16 kpl yleisimpiä PAH-yhdisteitä. Menetelmän yhdistekohtainen määrittämiss raja on 1 mg/kg. Tulokset on ilmoitettu mg/kg tuorepainoa. Menetelmän mittausepävarmuus on keskimäärin 40 % (95 % luottamusväliillä). Mittausepävarmuutta ei ole huomioitu tulosten tulkinnassa. Mittausepävarmuuslaskelma ei huomioi näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti. Tulosten raportointi OmaLabroc-järjestelmässä. Sähköpostilla toimitettavat tulokset PDF-muodossa ilman suojausta.

Näytteenottaja: Janina Hakanen, Joni Nivala, Markus Fränti

[mg/kg]

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Naftaleeni	Asenaftaleeni	Asenafteneeni	Fluoreeni	Fenantreeni	Antraseeni	Fluoranteeni	Pyreeni	Bentso(a)antraseeni	Kryseeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(k)fluoranteeni	Bentso(a)pyreeni	Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	Dibentso(a,h)antraseeni	Bentso(ghi)peryleeni	PAH-yht.*
AHA 2	RA-AP 5, tervapaperi, käytävä 1175	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,5	<16
AHA 3	RA-US 7, tervapaperi, tila 2029	<1	<1	<1	<1	2,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<16

* Vaarallisen jätteen raja-arvon 200 mg/kg (kokonaispitoisuus, 16-yhdistettä) ylittävät tulokset on lihavoitu. (Ratu-kortti 82-0381)

Näytteitä AHA 2 ja AHA 3 vastaavat materiaalit voidaan PAH-pitoisuuden osalta käsitellä normaalisti.


 Anssi Riekkö, Tutkija, Laboratorioanalytiikko
 p. 044 074 0410, anssi.riekko@labroc.fi

PAH-ANALYYSI

Tilaaaja: Ramboll Finland Oy	Tilauspäivä: 3.3.2023
Kohde: Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano	Toimitettu laboratorioon: 6.3.2023
Projektinumero: 1510075603	Laboratorio: Oulu

Menetelmät:

Analyysi suoritettiin tilaajan toimittamasta näytteestä. PAH-analysissä sovelletaan menetelmää ISO 18287:2006. Materiaalinäytteeseen lisättiin sisäinen standardi ja sitä uutettiin tolueenilla ultraäänihäuteessa. Uutos suodatettiin teflon-suodattimen läpi, jonka jälkeen se analysoitiin kaasukromatografialaitteistolla johon oli yhdistetty massaselektiivinen detektori. Näytteestä analysoitiin 16 kpl yleisimpiä PAH-yhdisteitä. Menetelmän yhdistekohtainen määrittäysraja on 1 mg/kg. Tulokset on ilmoitettu mg/kg tuorepainoa. Menetelmän mittausepävarmuus on keskimäärin 40 % (95 % luottamusväkillä). Mittausepävarmuutta ei ole huomioitu tulosten tulkinnassa. Mittausepävarmuuslaskelma ei huomioi näytteenotosta aiheutuvaa mittausepävarmuutta. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Tulokset koskevat vain tutkittua näytettä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti. Tulosten raportointi OmaLabroc-järjestelmässä. Sähköpostilla toimitettavat tulokset PDF-muodossa ilman suojausta.

Näytteenottaja: Janina Hakanen, Joni Nivala, Markus Fränti

[mg/kg]

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Naftaleeni	Asenaftaleeni	Asenaftaeeni	Fluoreeni	Fenantreeni	Antraseeni	Fluoranteeni	Pyreeni	Bentso(a)antraseeni	Kryseeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(k)fluoranteeni	Bentso(a)pyreeni	Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	Dibentso(a,h)antraseeni	Bentso(ghi)peryleeni	PAH-yht.*
AHA 4	RA-YP 4, yläpohjan höyrynsulkukermi	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,1	<16

* Vaarallisen jätteen raja-arvon 200 mg/kg (kokonaispitoisuus, 16-yhdistettä) ylittävät tulokset on lihavoitu. (Ratu-kortti 82-0381)

Näytettä AHA 4 vastaavat materiaalit voidaan PAH-pitoisuuden osalta käsitellä normaalisti.



Mikko Kivelä, Tutkija, Laboratorioanalyttikko
 p. 050 438 8912, mikko.kivela@labroc.fi

Liite 3. Laboratorioiden tutkimustodistukset
 Kallion päiväkoti
 Mineraalivillakuidut

TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN PITOISUUS LASKEUMAPÖLYSTÄ				
Tilaja:	Ramboll Finland Oy		Tilauspäivä:	8.6.2023
Kohde:	Keskustan koulu, Koulukatu 14, 39700 Parkano		Toimitettu laboratorioon:	9.6.2023
Projektinnumero:	1510075603		Laboratorio:	Kuopio
Menetelmät:				
<p>Geeliteipille kerätystä laskeumapölystä laskettiin valo-/polarisaatiomikroskooppia käyttäen teolliset mineraalikuluidut, joiden halkaisija on yli 3µm ja pituuden suhde halkaisijaan on vähintään 3:1. Sisäinen menetelmä pohjautuu menetelmään, joka on esitetty VTT:n tiedotteessa 2360 Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt (2006) sekä TTL:n ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen (2017). Menetelmän määräysraja yhdelle teippinäytteelle on 0,07 kuitua/cm² ja kolmen teippinäytteen keskiarvolle 0,02 kuitua/cm². Laboratorion teknisen suorittamisen mittaasepävarmuus on 30%. Laskelma ei huomioi näytteenoton mittaasepävarmuutta. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannosta KSE 2013 mukaisesti. Tulokset toimitetaan sähköpostilla PDF-muodossa ilman suojausta.</p>				
Näytteenottaja: Joni Nivala				
Näyte'	Näytteenottoaika'	Näytteen kertymäaika'	Kuitua/ cm ² *	Keskiarvo kuitua/ cm ² *
K-1	K-1.1, K-1.2, Tila 2028, 2. kerros K-1.3	14 vrk	<0,07 <0,07 0,21	0,07
K-2	K-2.1, K-2.2, Tila 1050, 1. kerros K-2.3	14 vrk	<0,07 0,14 <0,07	0,05
K-3	K-3.1, K-3.2, Tila 1187, 1. kerros K-3.3, K-3.4	14 vrk	0,07 0,07 <0,07 <0,07	0,04

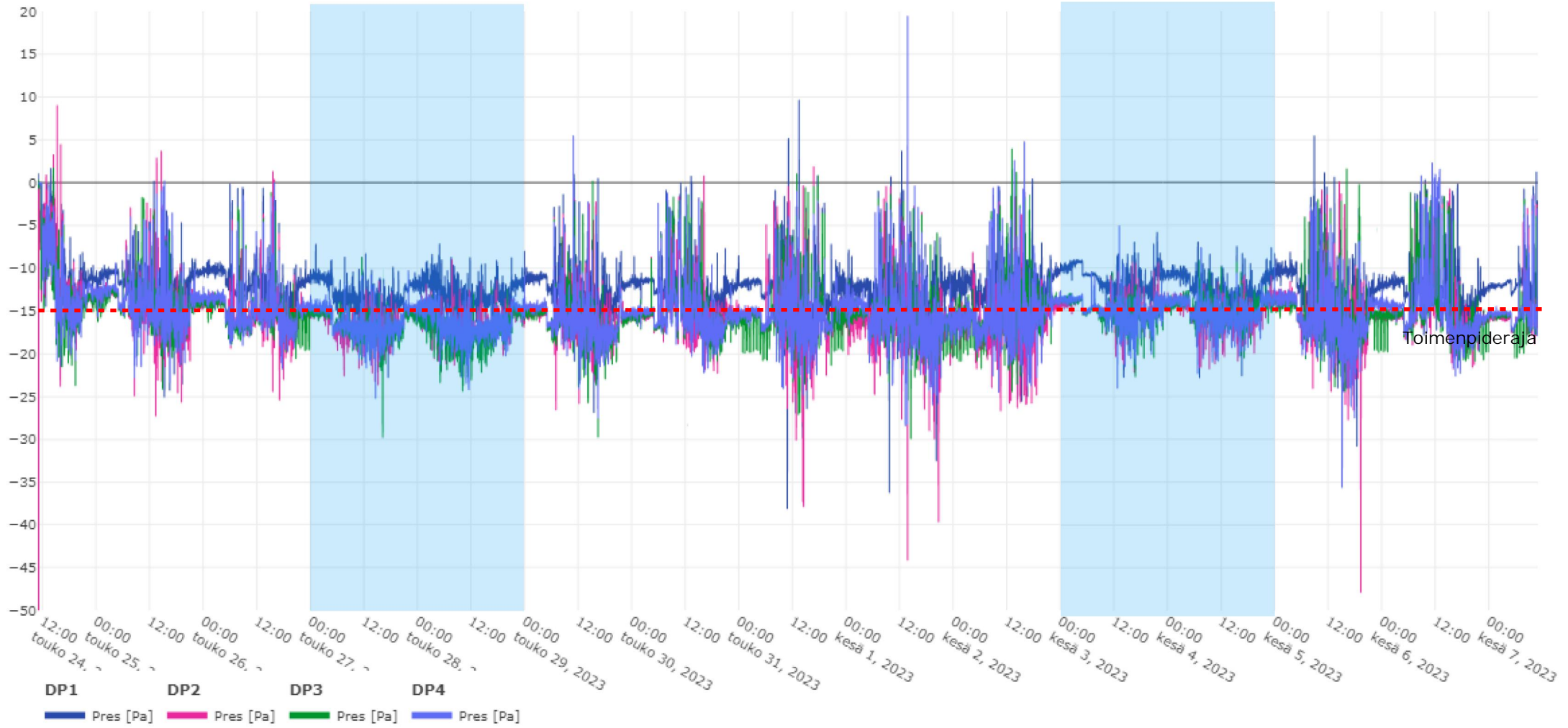
*STM:n asetus 545/2015 asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista määrittelee teollisten mineraalivillakuitujen toimenpiderajaksi 0,2 kuitua/cm² kahden viikon aikana pinnoille laskeutuneessa pölyssä. Toimenpiderajaa IV-kanaviston sisäpintojen kuitupitoisuudelle ei ole asetuksessa määritetty.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

'-merkillä merkitty tilaajan ilmoittamat tiedot

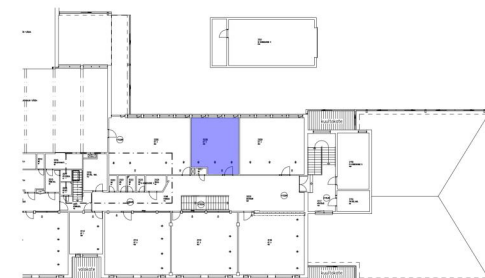
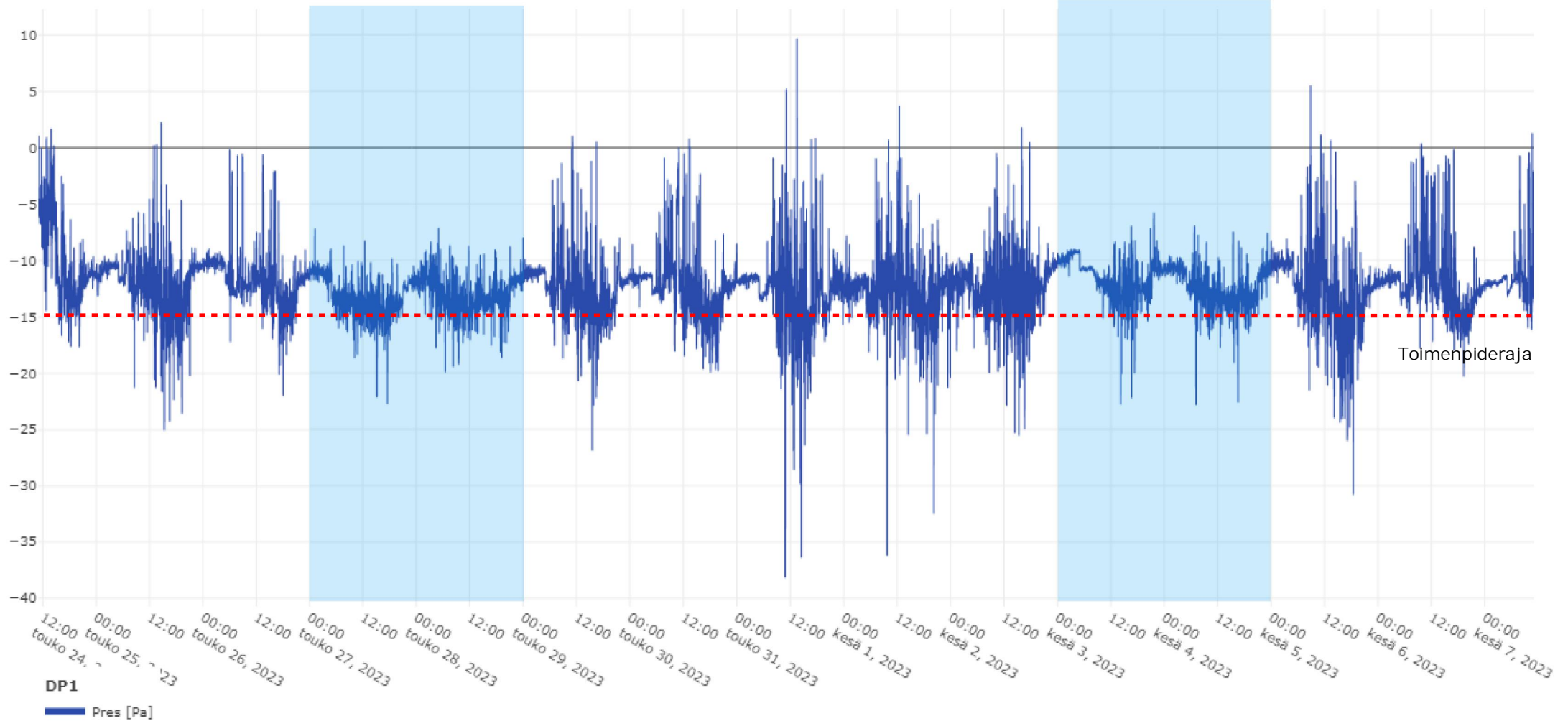


Pinja Tegelberg, Tutkija, Biologi
 p. 044 776 0476, pinja.tegelberg@labroc.fi

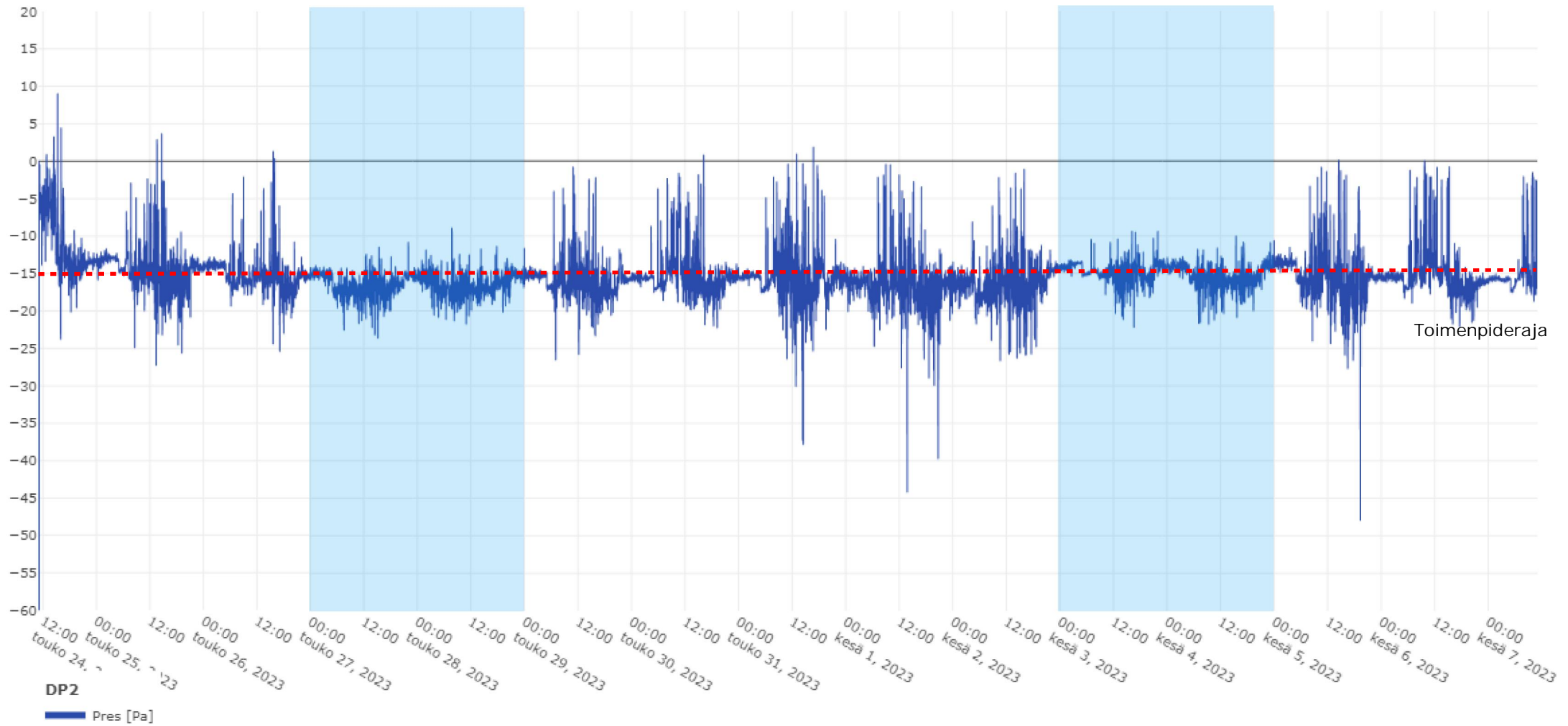
Paine-eromittaukset koonti



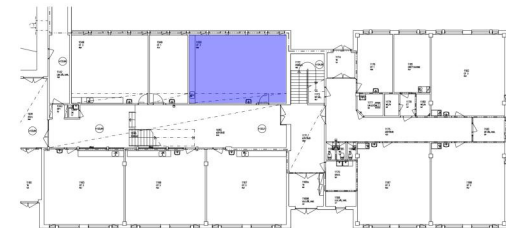
Paine-ero
Opetustila 2028, 2. kerros



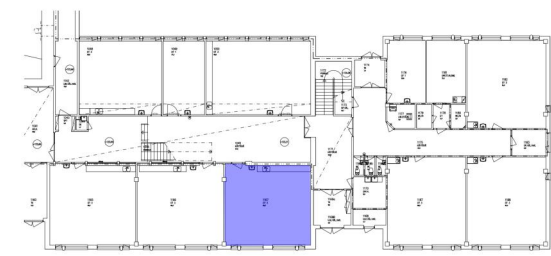
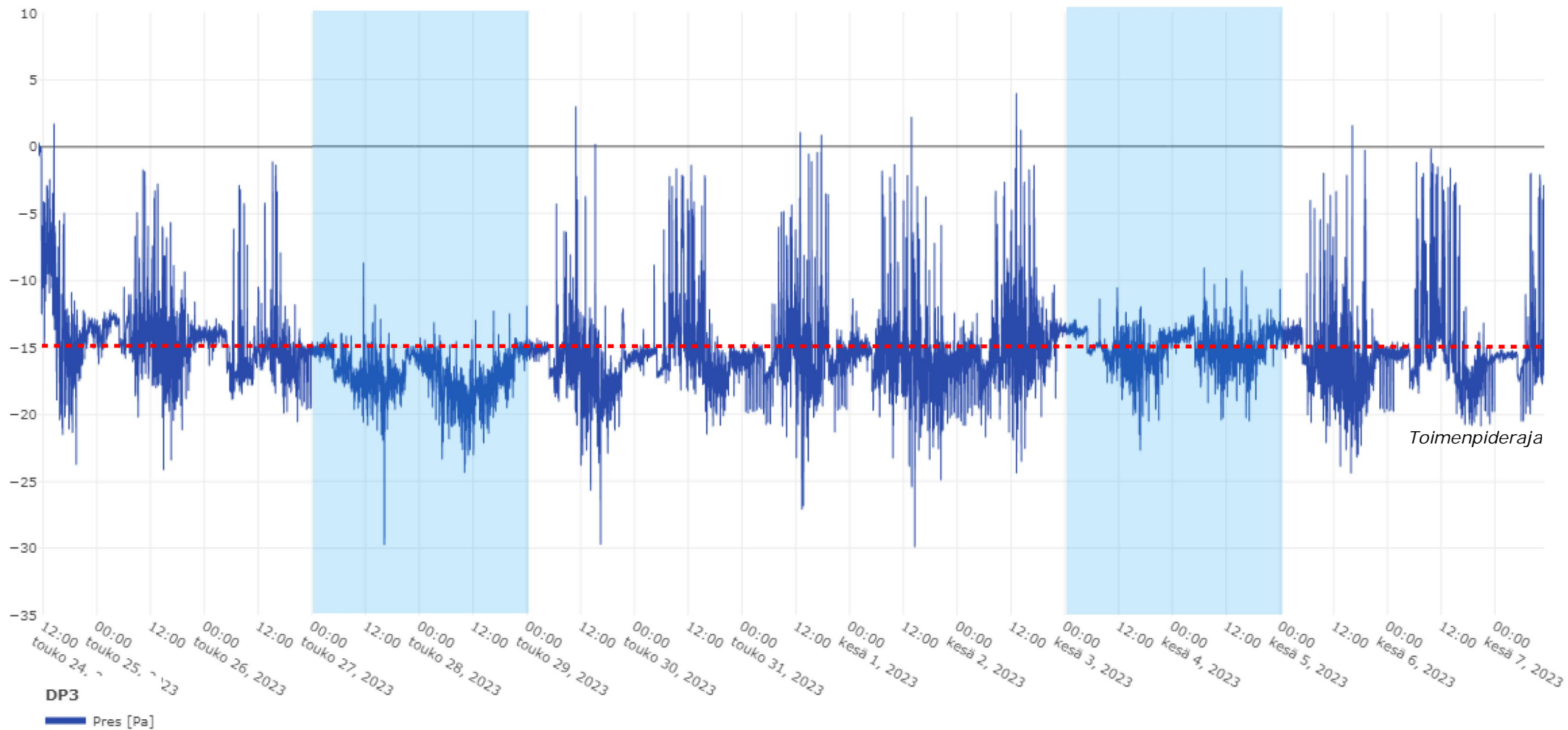
Paine-ero
Opetustila 1050, 1. kerros



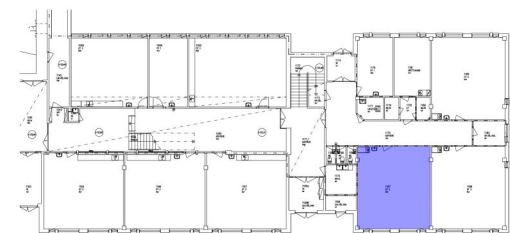
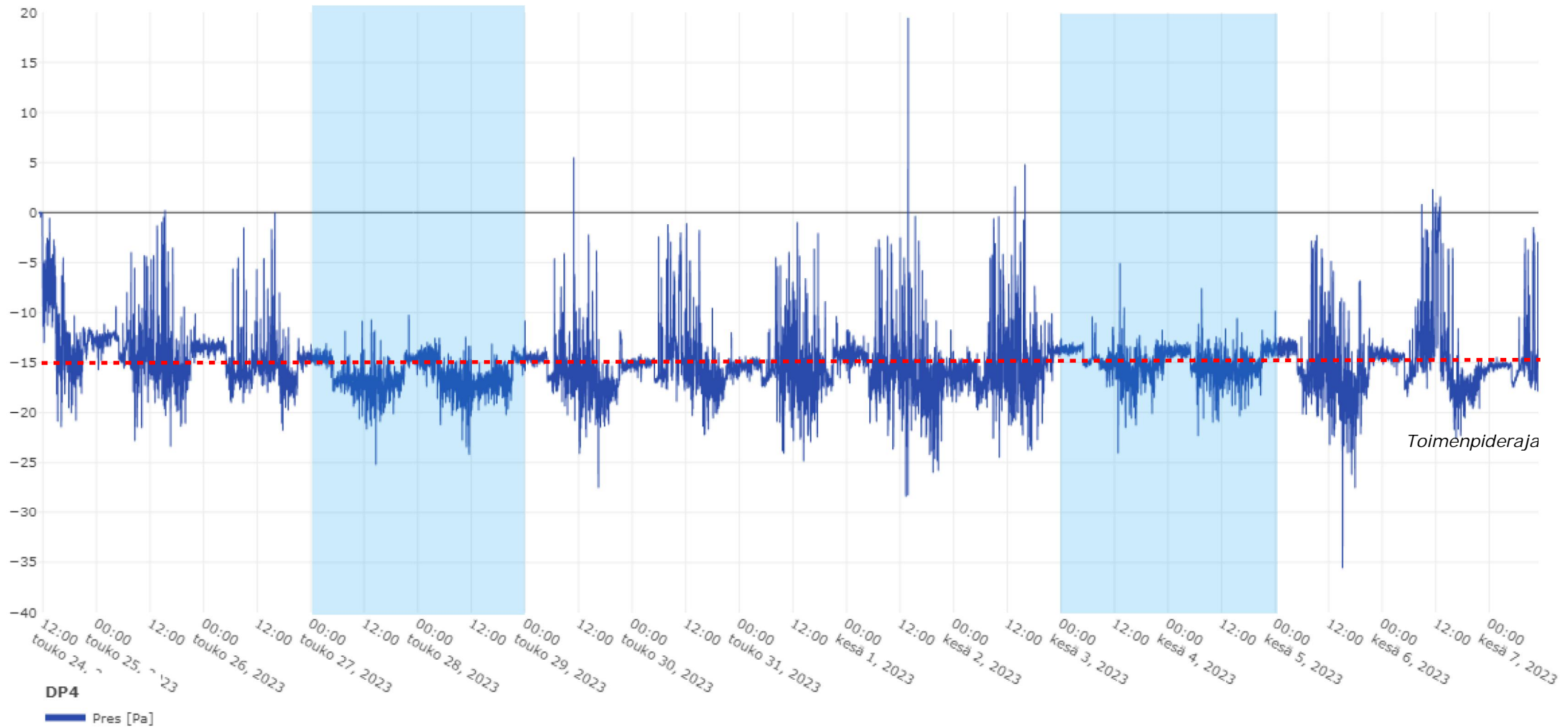
Toimenpideraja



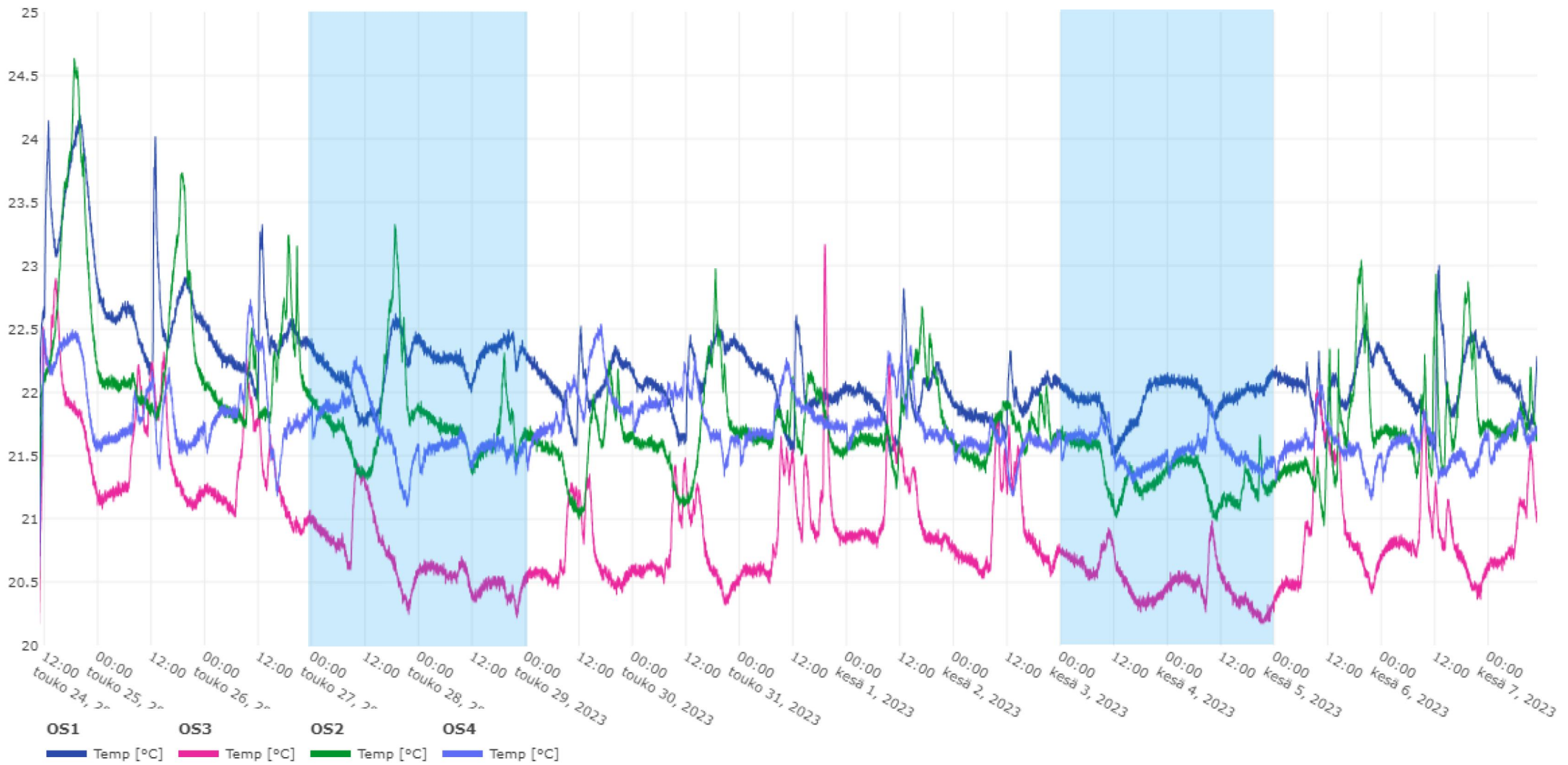
Paine-ero
Opetustila 1167, 1.kerros



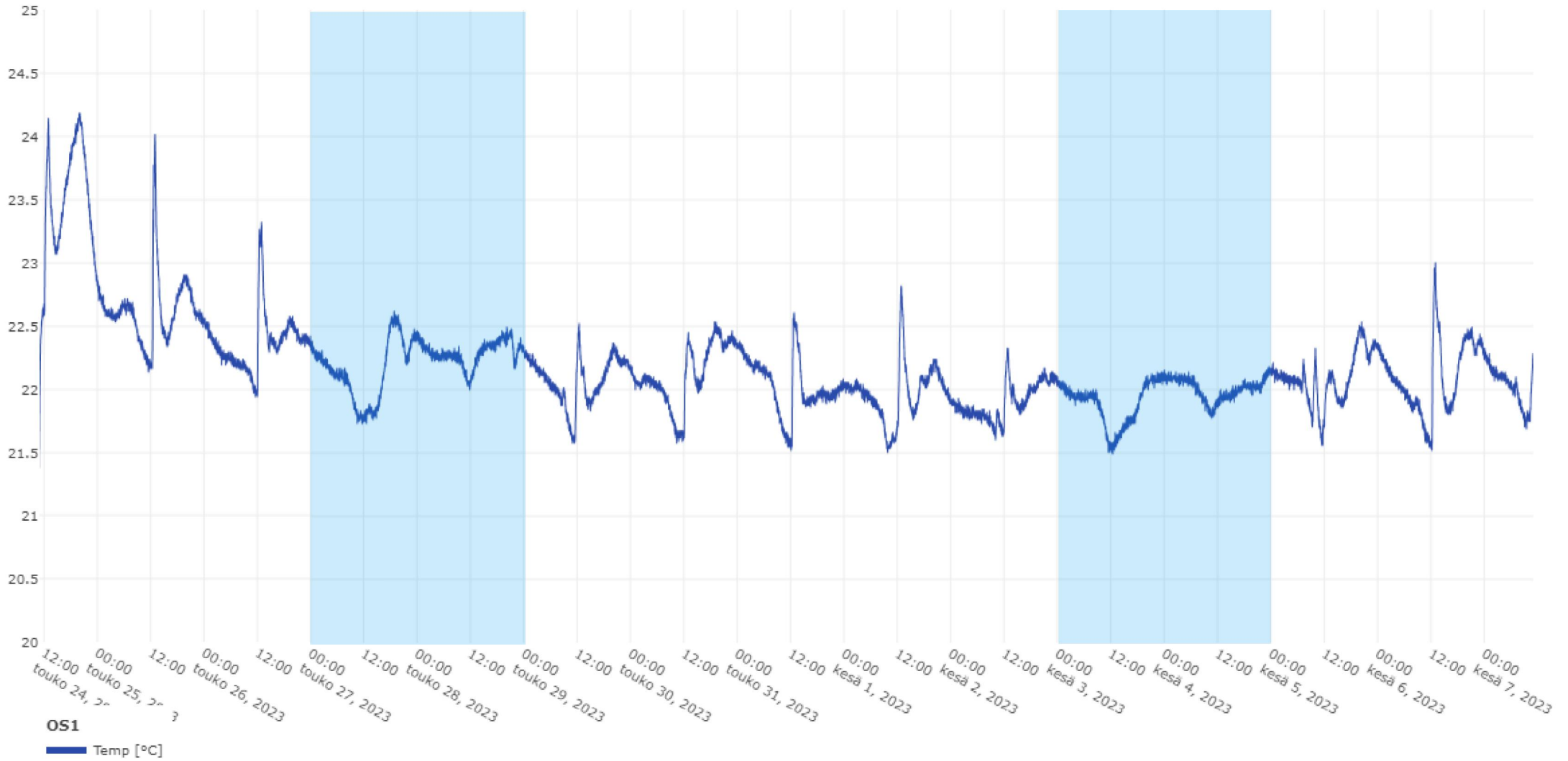
Paine-ero
Opetustila 1187, 1. kerros



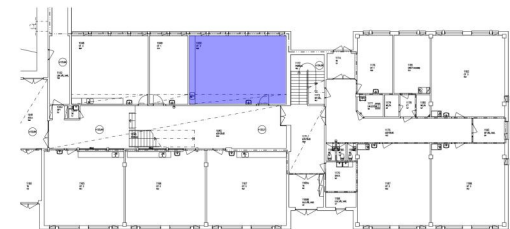
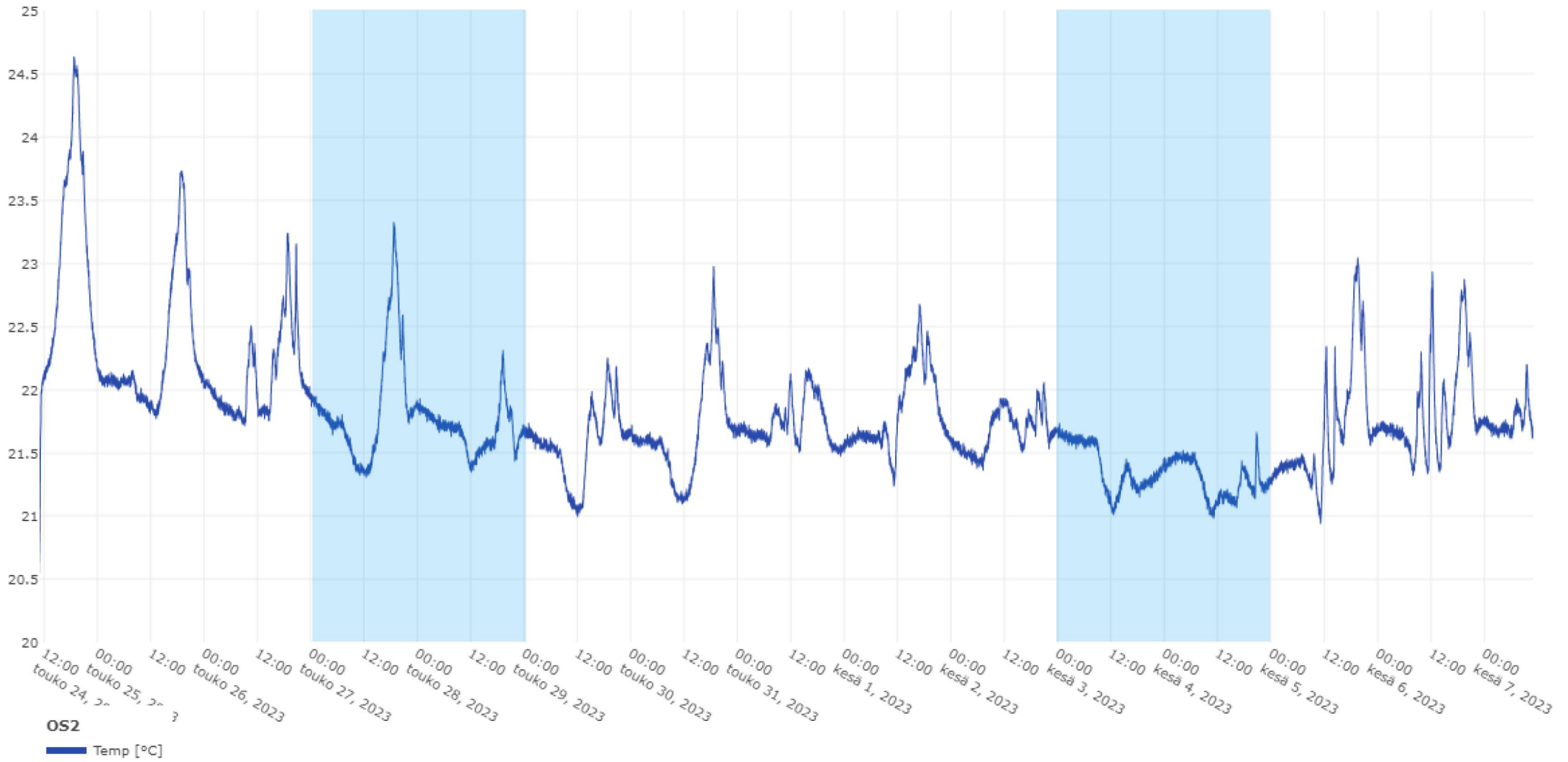
Lämpötilamittaus koonti



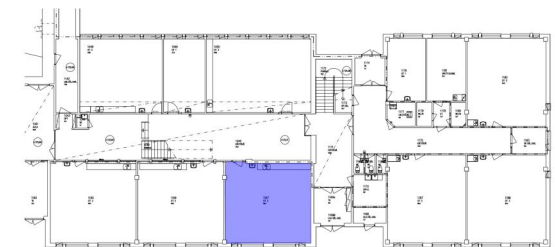
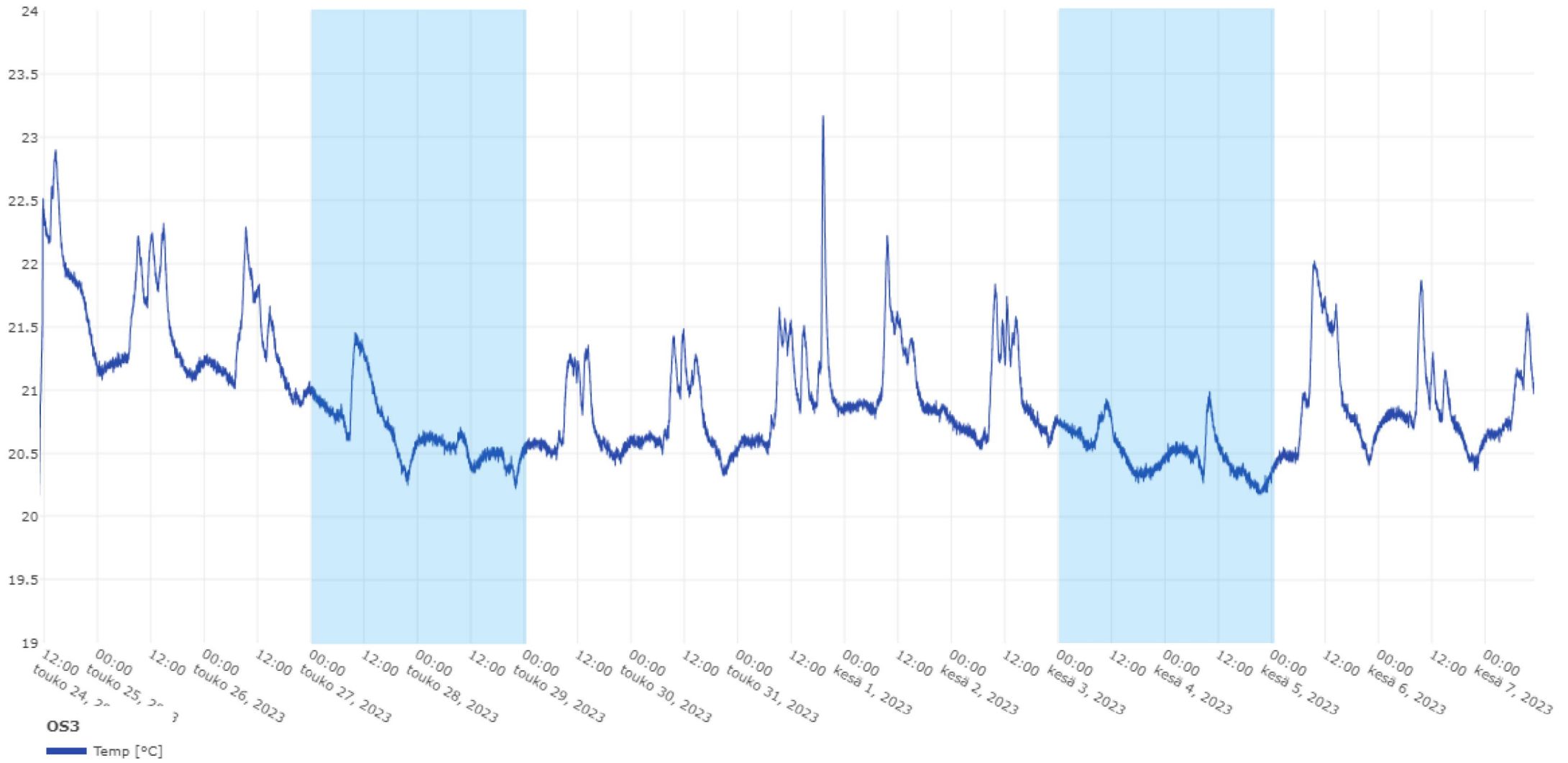
Lämpötila
Opetustila 2028, 2.kerros



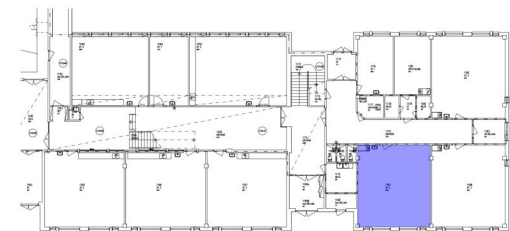
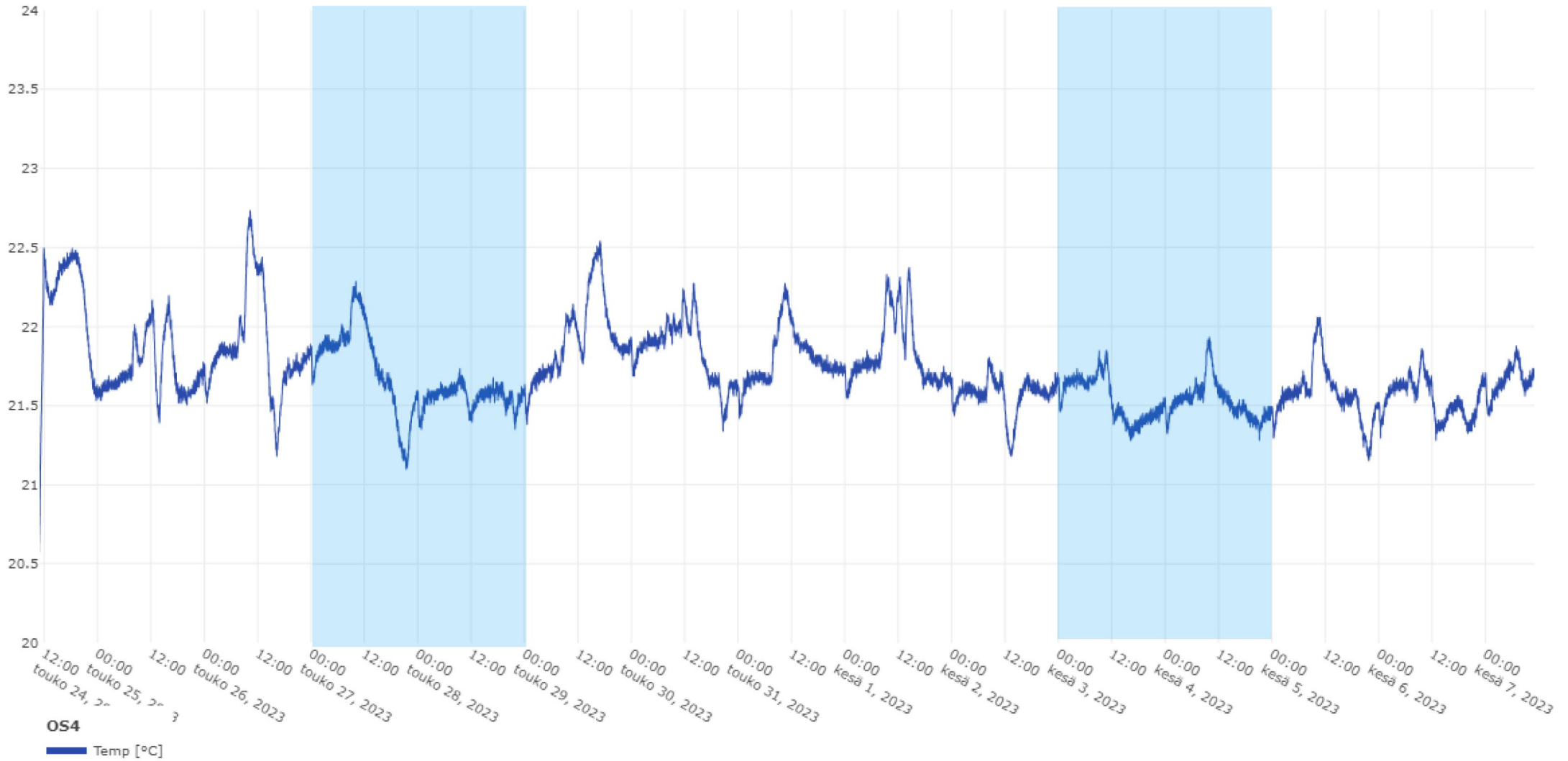
Lämpötila
Opetustila 1050, 1.kerros



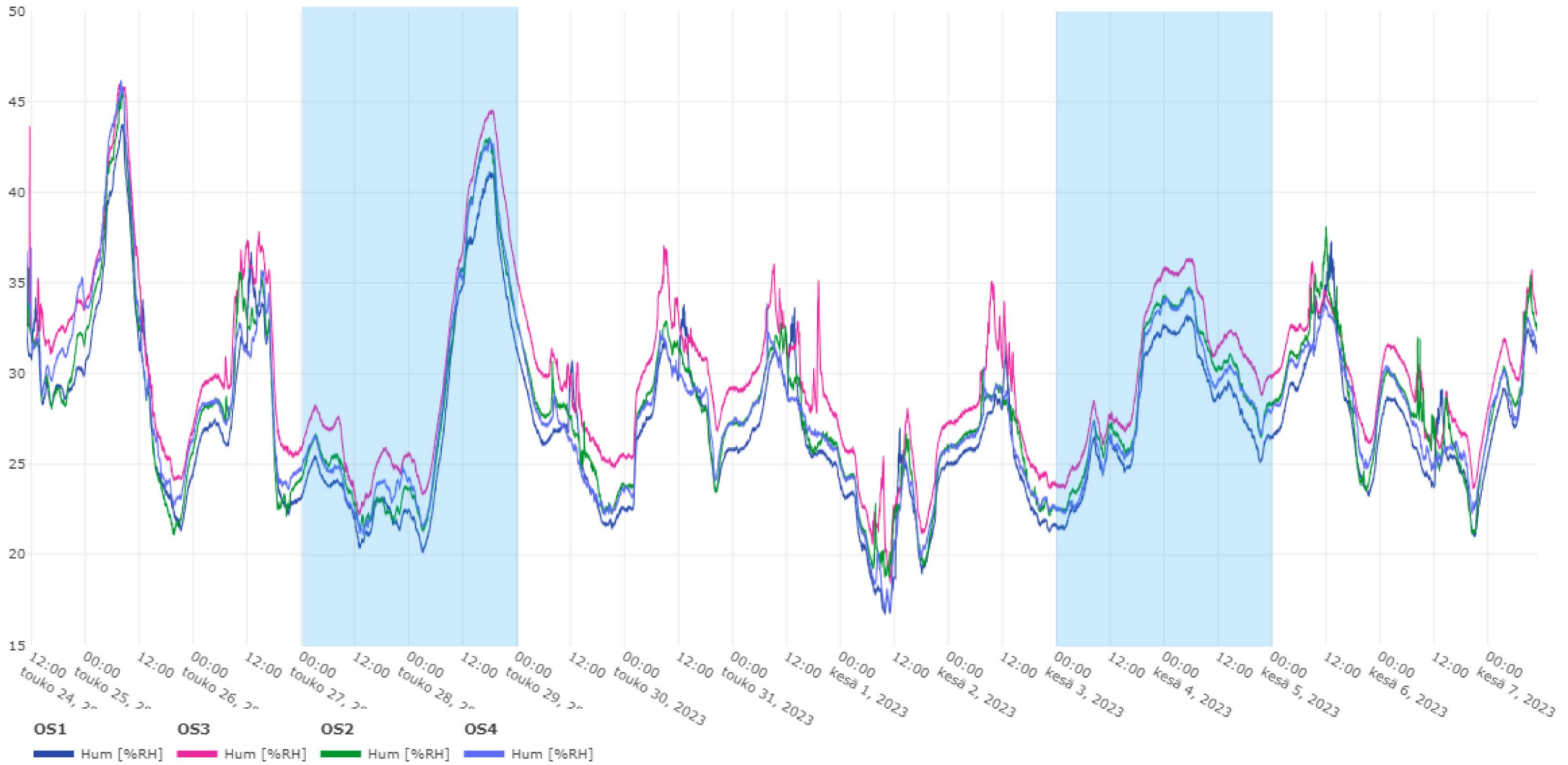
Lämpötila Opetustila 1167, 1.kerros



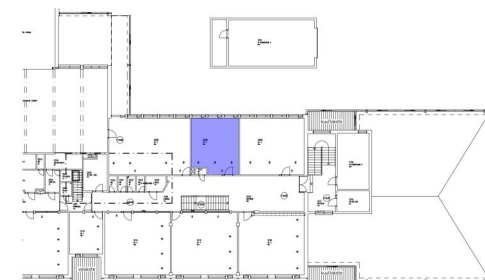
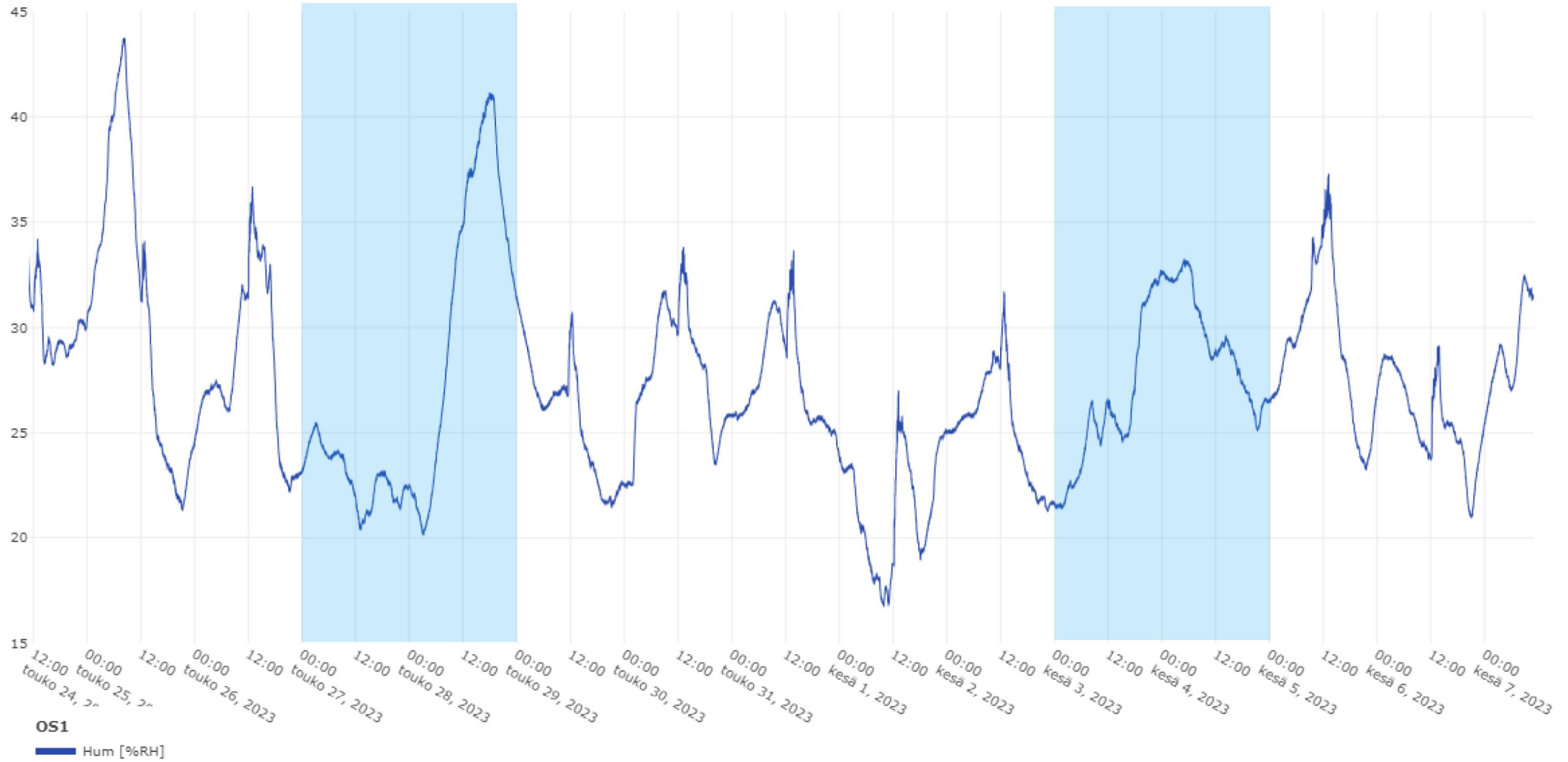
Lämpötila
Opetustila 1187, 1. kerros



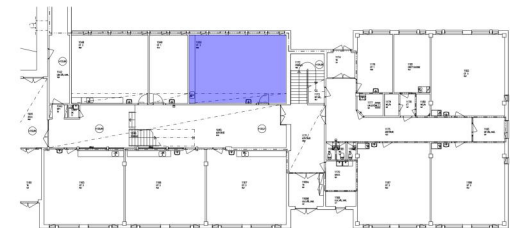
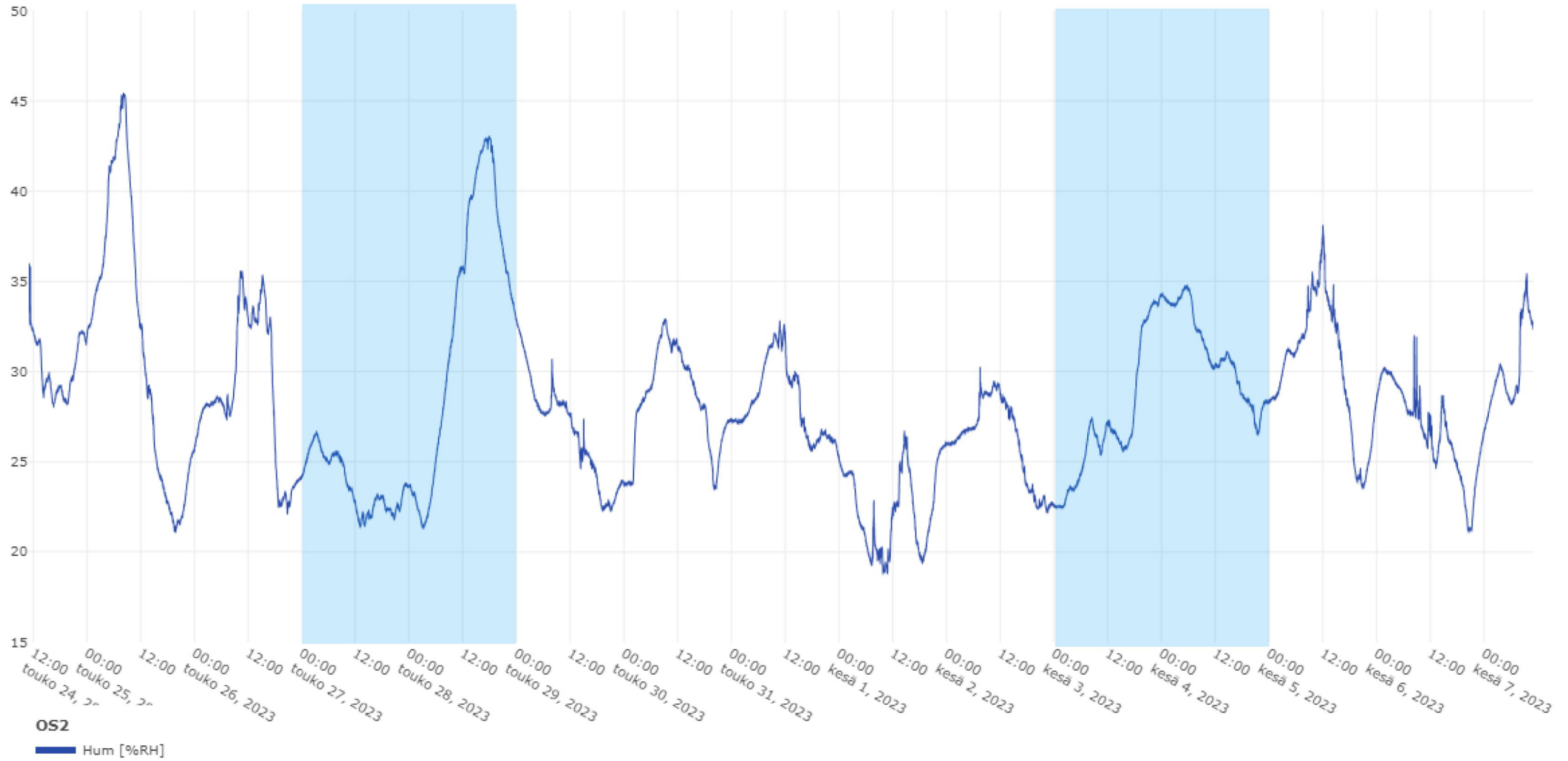
Suhteellisen kosteusmittausten koonti



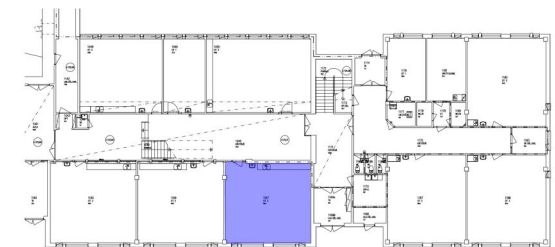
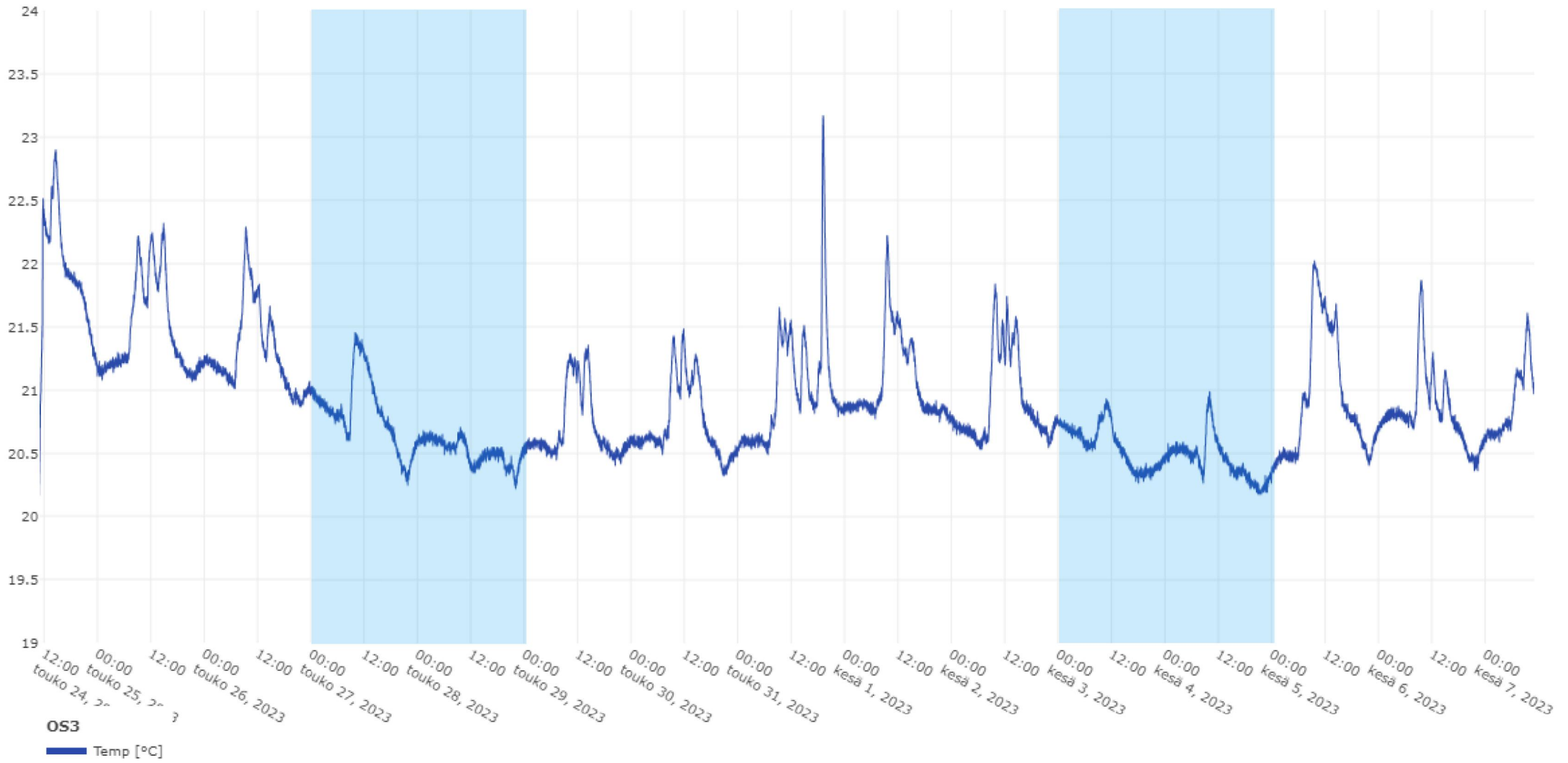
Suhteellinen kosteus
Opetustila 2028, 2.kerros



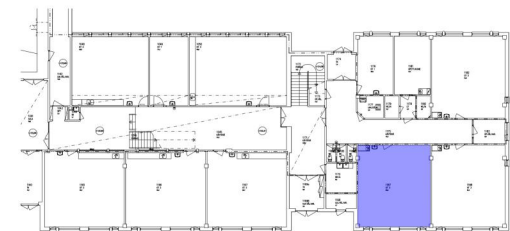
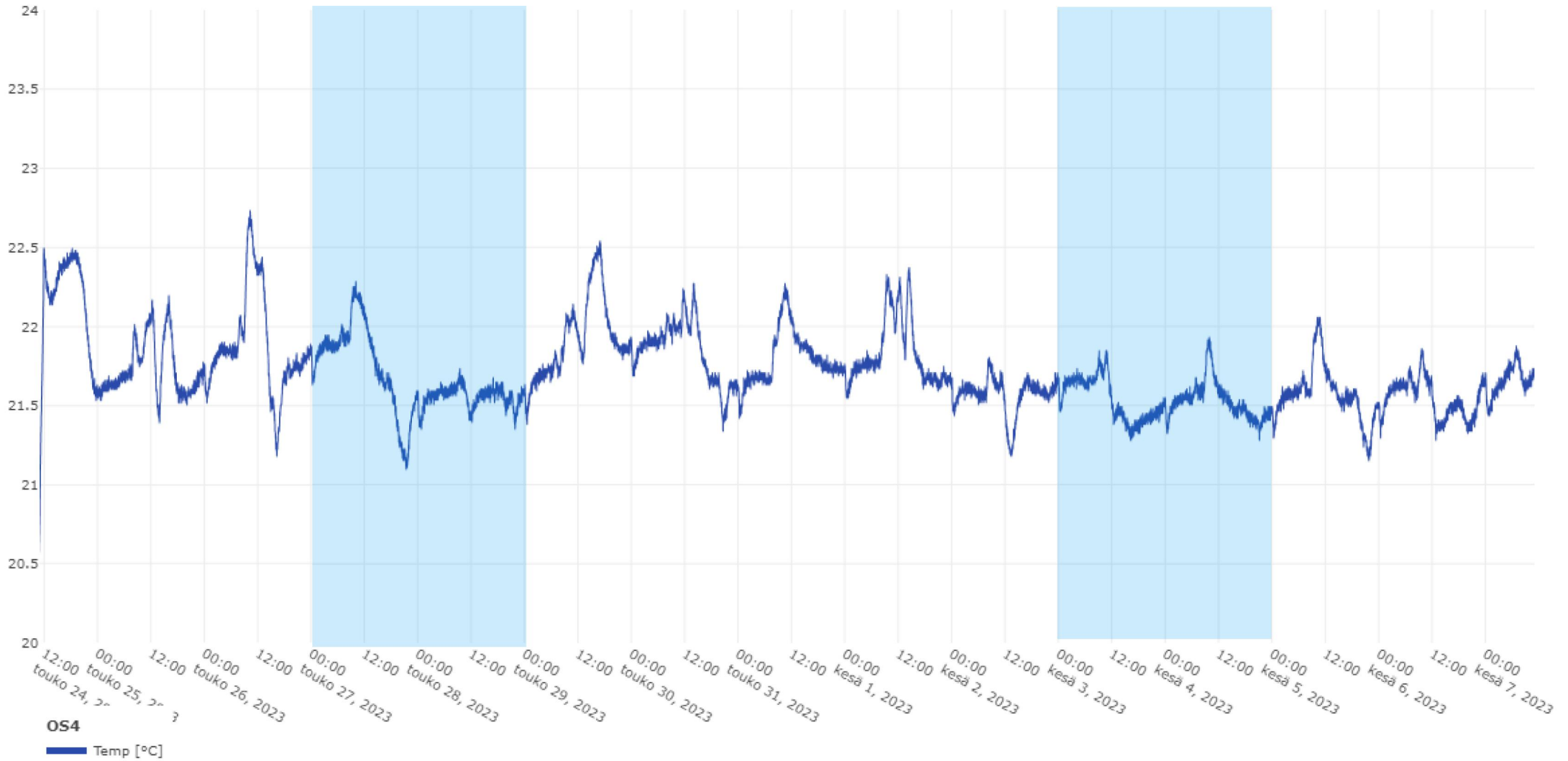
Suhteellinen kosteus
Opetustila 1050, 1.kerros



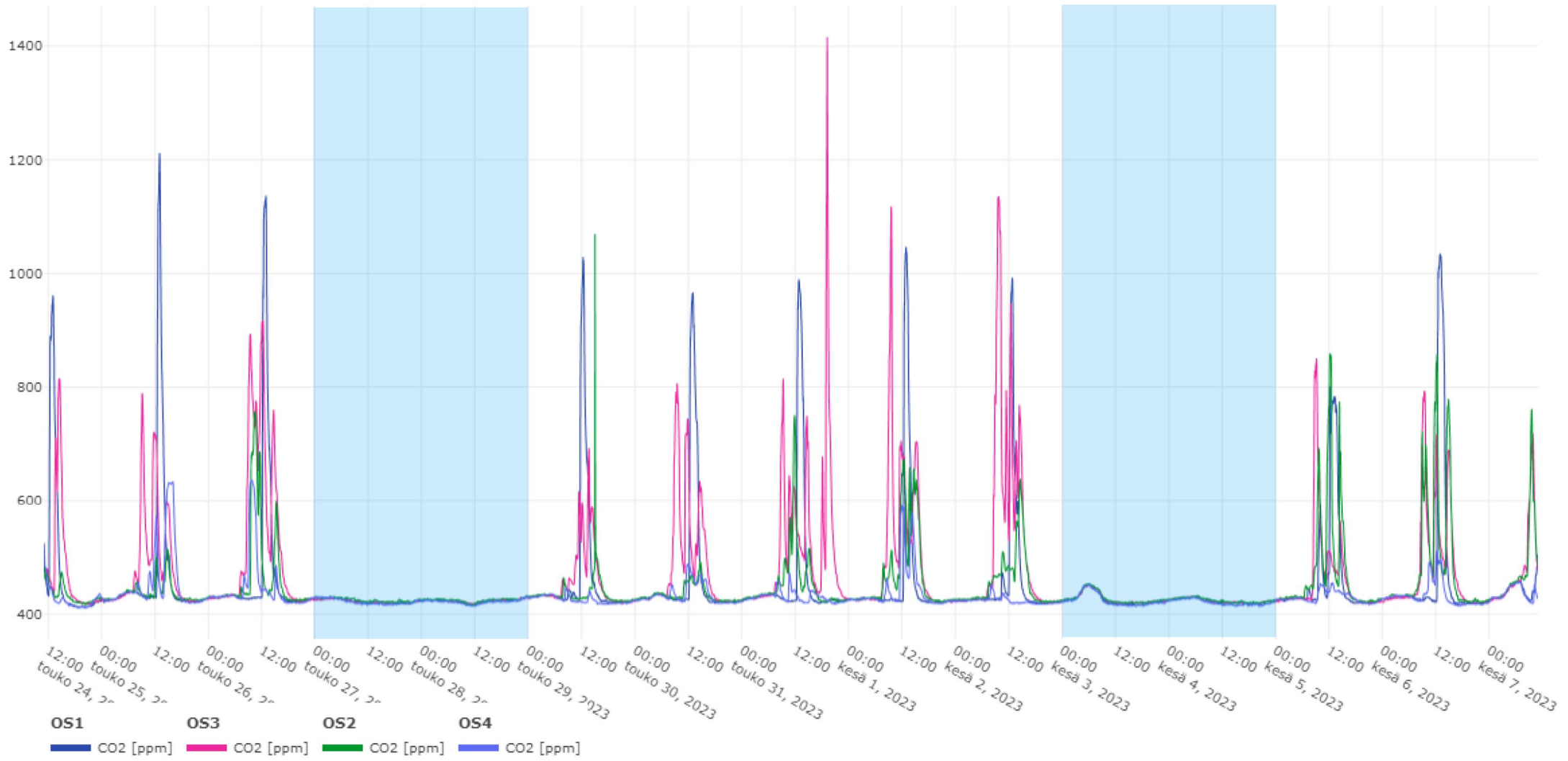
Suhteellinen kosteus
Opetustila 1167, 1.kerros



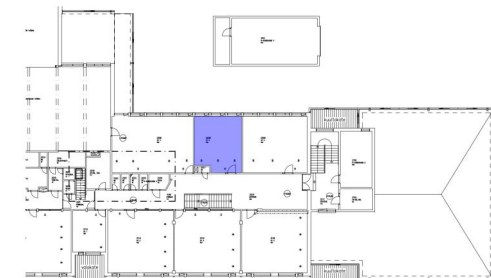
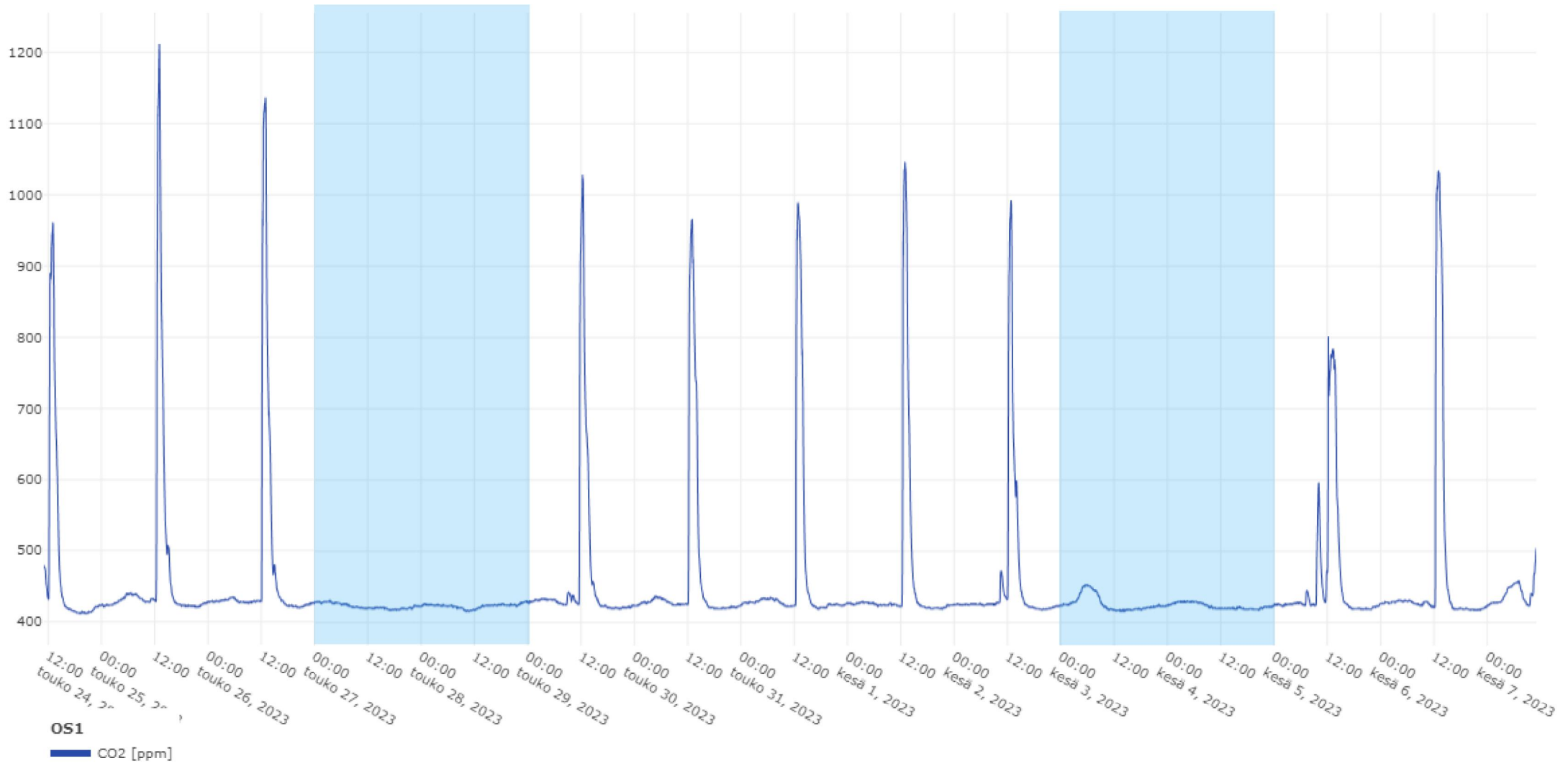
Suhteellinen kosteus
Opetustila 1187, 1. kerros



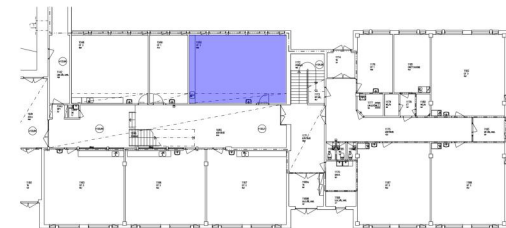
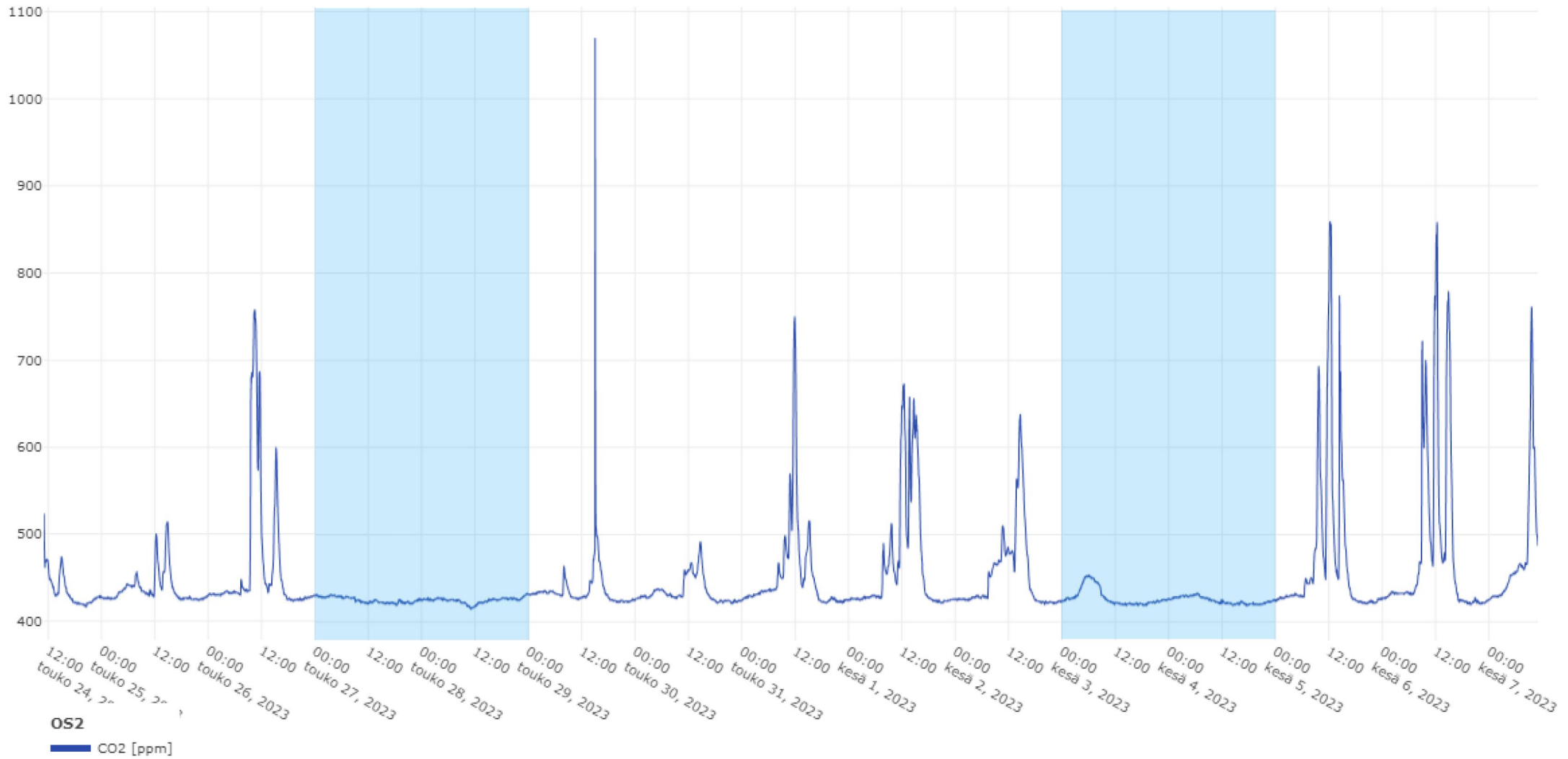
Hiilidioksidimittausten koonti



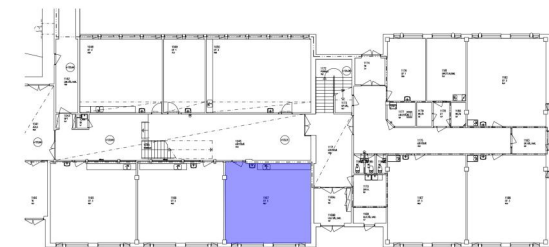
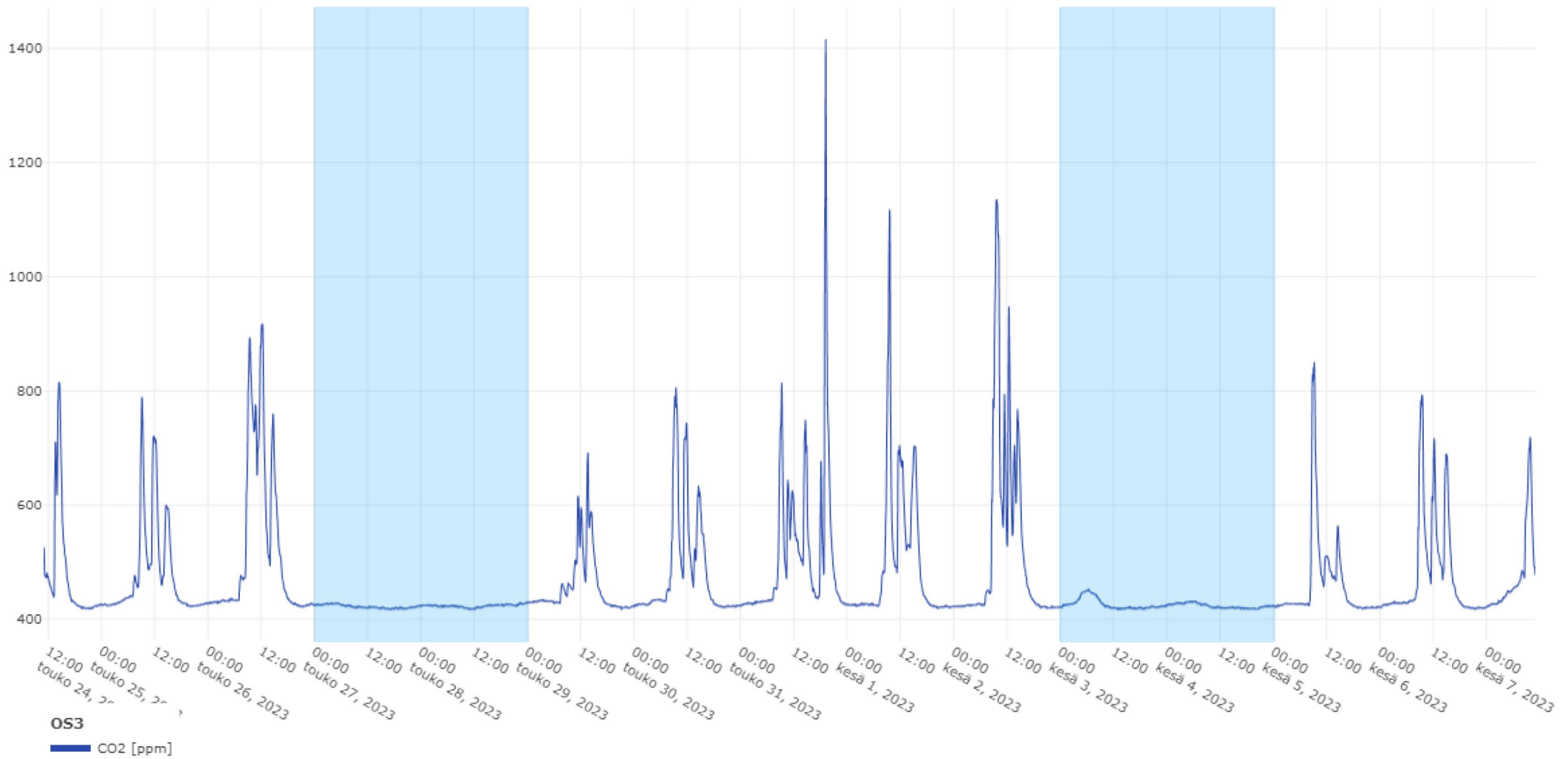
Hiilidioksidi Opetustila 2028, 2.kerros



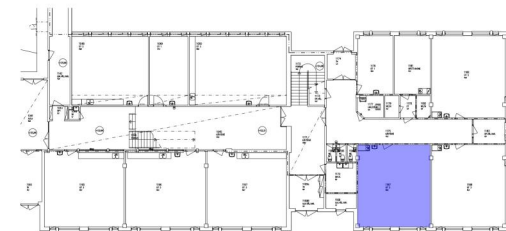
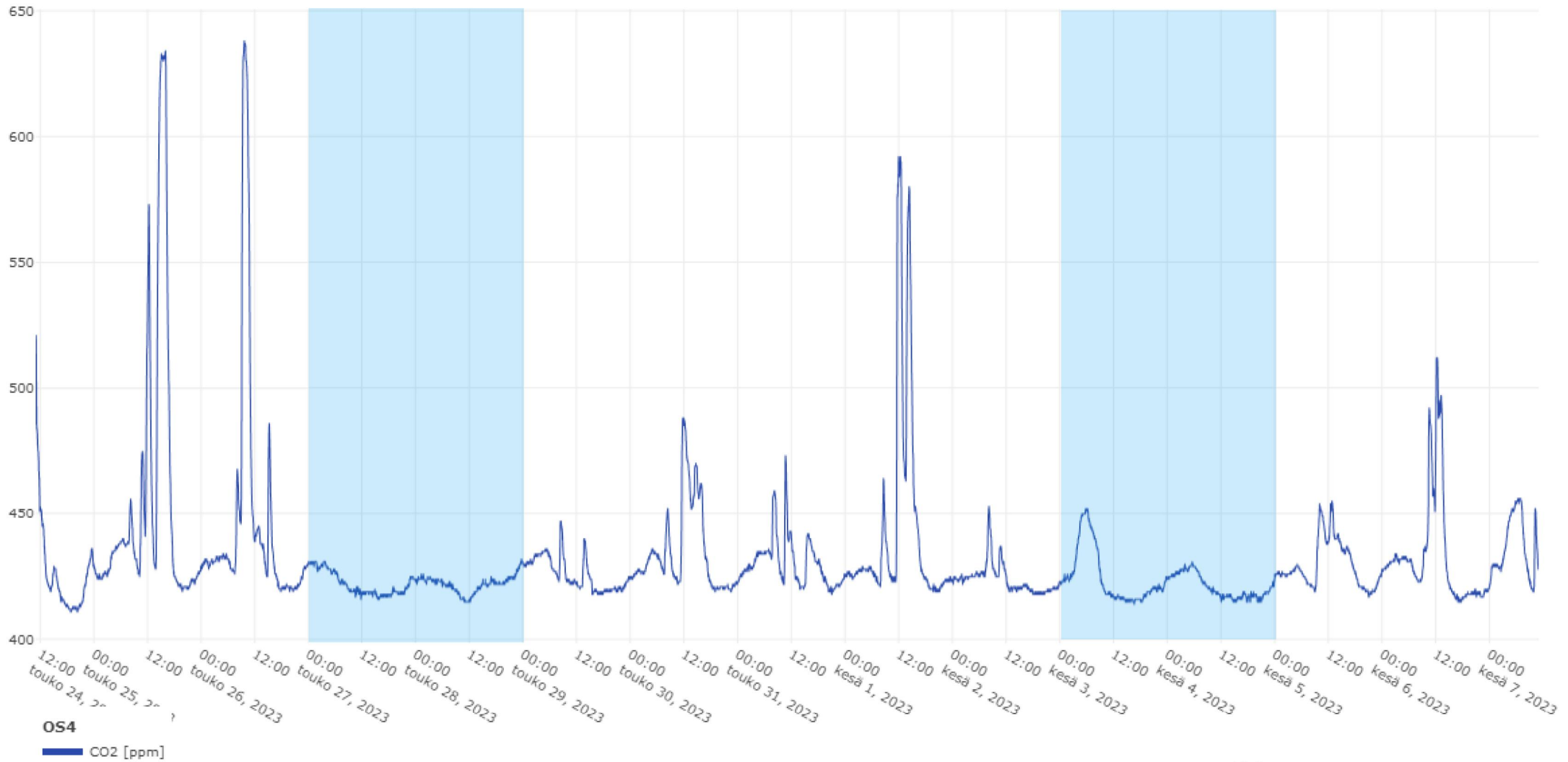
Hiilidioksidi Opetustila 1050, 1.kerros



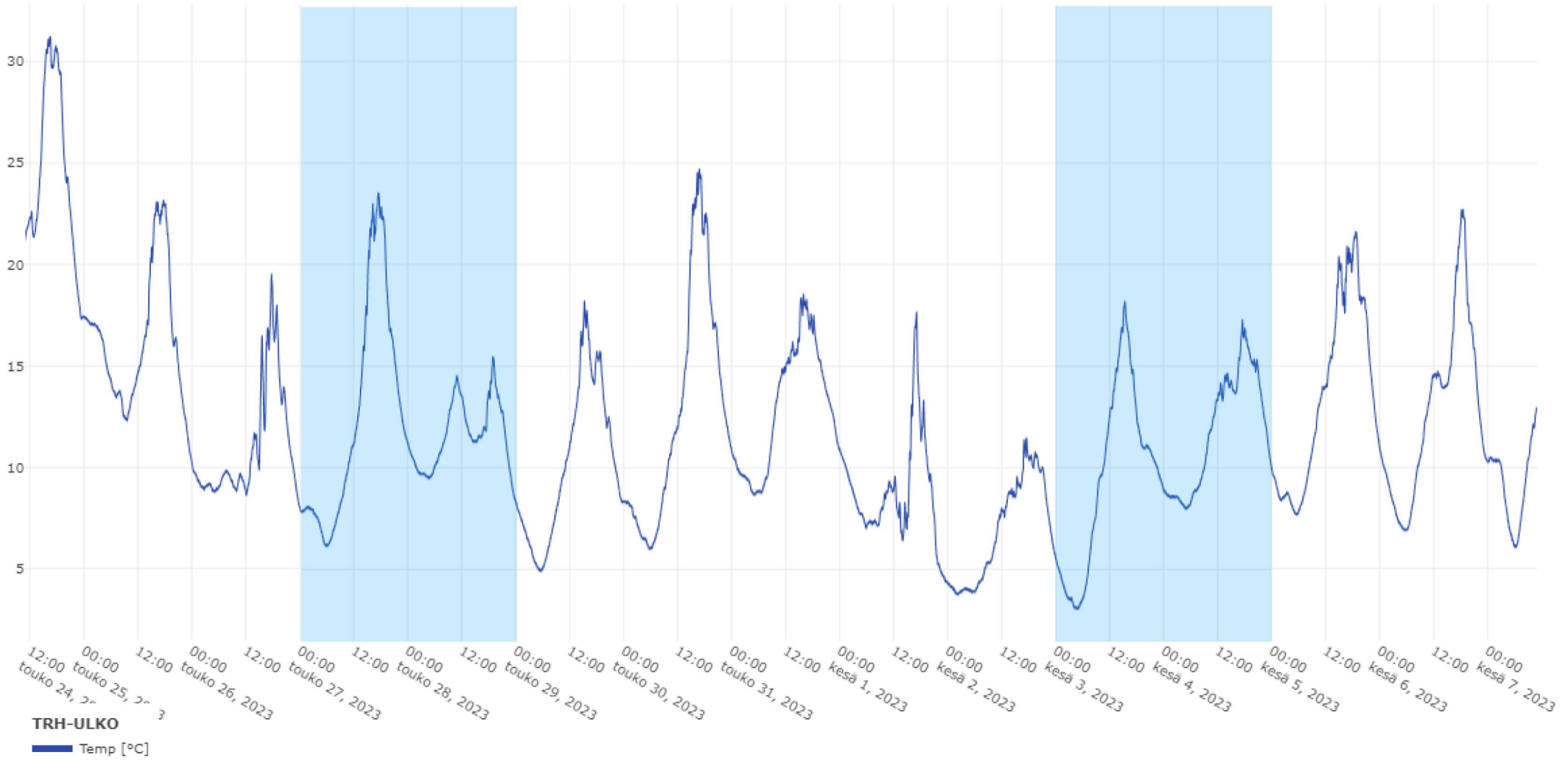
Hiilidioksidi
Opetustila 1167, 1.kerros



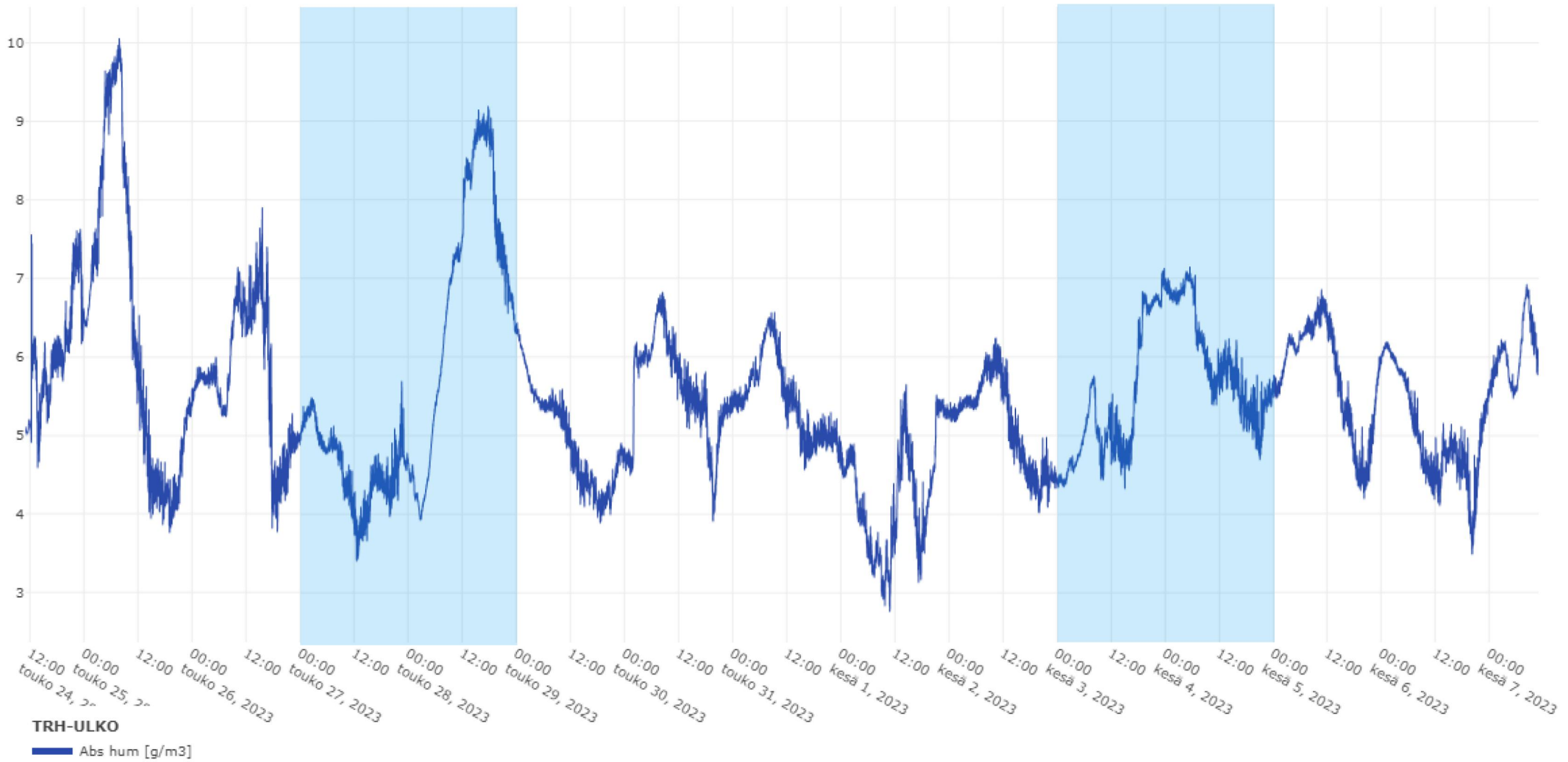
Hiilidioksidi
Opetustila 1187, 1. kerros



Lämpötila Ulkoilma



Absoluuttinen kosteus Ulkoilma





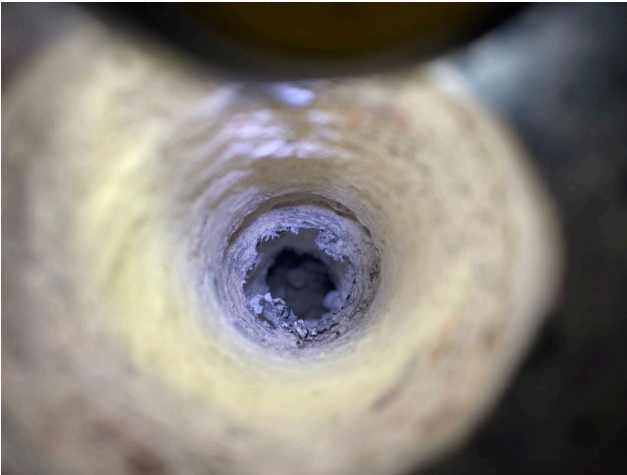
RAKENNEVAUSKORTIT

Tutkimuskohde Keskustan koulu, C-osa
Kohteen osoite Koulukatu 14, 39700 Parkano
Projektinumero 1510075603

01.03.2023



RA-AP 1, 1048



Todetut rakenteet

- Muovimatto + tasoite, 3 mm
- Betonilaatta, 90 mm
- Radon-kermi
- EPS-lämmöneriste, 100 mm
- Kapillaarikatkokiviaines

Otetut näytteet

- Rakenneavaus vanhan ulkoseinän vieressä, liitoksessa radon-kermi

Havainnot

- Ei putkikanaalia, joka esitetty vanhoissa suunnitelmissa.

RA-AP 2, 1045



Todetut rakenteet

- Muovilaatta ja tasoite, 2 mm
- Betoni, 80 mm
- EPS, 100 mm (50+50 mm)
- Kapillaarikatkokiviaines

Havainnot

- Alapohjarakenne on uusittu.
- Alapohjan ja väliseinän liittymässä on radonkermikaista. Limitys 180 mm laatan alle.
- Väliseinäliittymään jäänyt lastusementtilevyeristeen jäämiä, jotka ovat todennäköisesti peräisin alkuperäisestä alapohjarakenteesta.
- Alapohjalaatan ja väliseinän liittymään on asennettu tiivistyskaista, joka on todennäköisesti tehty Ardex 8+9 -menetelmällä.
- Rakenneavauskohdalta havaittiin voimakasta mikrobiperäistä hajua rakenneavauksen teon jälkeen.

RA-AP 3, 1050



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 3 mm
- Betoni, 100 mm
- (Bitumikermikaista reuna-alueella)
- EPS, 150 mm
- Kapillaarikatkokiviaines

RA-AP 4, 1166



Todetut rakenteet

- Muovimatto + tasoite, 6 mm
- Betonilaatta, 80 mm
- Valupaperi, -- mm
- EPS-lämmöneriste, 100 mm
- Maatäyttö, hiekkaa

Havainnot

- Alapohja liittyy tällä kohdalla vanhaan ulkoseinään, joka nykyisin väliseinä
- Sokkelianturan yläpintaan ja sokkeliä vasten asennettu tiivistys (Ardex 8+9)
- Sokkelianturan kohdalla ei EPS-lämmöneristettä

RA-AP 5, 1175



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 10 mm
- Betoni, 120 mm
- Tervapaperi
- EPS, 100 mm
- Hiekka

Otetut näytteet

- Tervapaperi (PAH)

Havainnot

- Alapohjalaatan ja kantavan väliseinän liittymä on alkuperäiskuntoinen. Liittymää ei ole tiivistyskorjattu.
- Alapohjalaatan ja kantavan väliseinän liittymässä ei ole näkyvää rakoa.
- Maa-aines alapohjalaatan alla on aistinvaraisesti arvioituna kostea.

RA-AP 6, 1182



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 4 mm
- Betoni, 100 mm
- Tervapaperi
- EPS, 150 mm
- Hiekka

Havainnot

- Alapohjalaatan ja kantavan väliseinän liittymä sekä alapohjalaatan ja pilarin liittymä on tiivistyskorjattu. Tiivistyskorjauksessa on käytetty todennäköisesti Ardex 8+9 -menetelmää. Tiivistyskorjaus on toteutettu suoraan epätiivin liittymän päälle ilman raon pohjatäyttöä.
- Alapohjalaatan ja kantavan väliseinän liittymässä on näkyvä rako tiivistyskaista alla.
- Maa-aines alapohjalaatan alla on aistinvaraisesti arvioituna kuivaa.

RA-US 1, 1048



Todetut rakenteet

- Maali
- Kipsilevy, 13 mm
- XPS, 30 mm
- XPS ja pystypuurunko, 100 mm
- XPS, 70 mm
- Betoni, vahvuus ei tiedossa
- Maali

Havainnot

- Alasidepuun alapinta sijoittuu noin 150 mm syvyydelle valmiin lattiapinnan alapuolelle, lähelle ulkopuolista maanpinnantaso.
- Alasidepuun kosteuspitoisuus 9,8...11,3 p-% (yp/ap).
- Sokkelin yläpintaan ja sisäpintaan sekä alapohjalaattaa vasten on asennettu vedeneristys, todennäköisesti Ardex 8+9-menetelmällä. Vedeneristyksen pinnalla on kalkkihärmejä.
- Sokkelin ja alapohjan liitokseen on asennettu radonkermikaista.
- Alapohjalaatan ja ulkoseinän liittymässä on näkyvä rako, joka on täytetty polyuretaanivaahdolla.
- Ikkunan apukarmipuussa on vesivuotojälkiä.

RA-US 2, 1050



Todetut rakenteet

- Maali
- Kipsilevy, 13 mm
- XPS, 30 mm
- XPS ja pystypuurunko, 100 mm
- XPS, 70 mm
- Betoni, vahvuus ei tiedossa
- Maali

Otetut näytteet

- Alasidepuu

Havainnot

- Alasidepuun alapinta sijoittuu noin 150 mm syvyydelle valmiin lattiapinnan alapuolelle, lähelle ulkopuolista maanpinnantaso.
- Alasidepuun kosteuspitoisuus 8,9...11,1 p-%.
- Sokkelin yläpintaan ja sisäpintaan sekä alapohjalaattaa vasten on asennettu vedeneristys, todennäköisesti Ardex 8+9-menetelmällä.
- Sokkelin ja alapohjan liitokseen on asennettu radonkermikaista.

RA-US 3, 1050



Todetut rakenteet

- Maali
- Kipsilevy, 13 mm
- Höyrnsulkumuovi
- Lämmöneriste ja puurunko, 100 mm
- Kova mineraalivilla (tuulensuoja), 50 mm
- Ilmaväli/pystykoolaus, 30 mm
- Julkisivulevy

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Ilmavälin yläosaan asennettu 20 mm vaakakoolaus, joka heikentää julkisivuverhouksen taustan tuulettumista.

RA-US 4, 1172



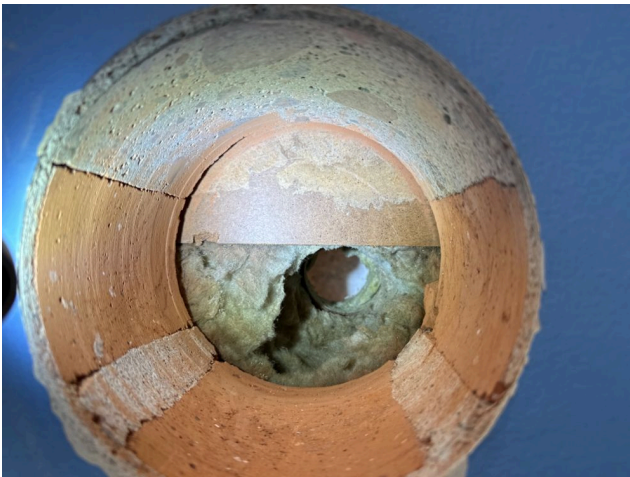
Todetut rakenteet

- Maali + tasoite, 5 mm
- Betoni, 175 mm
- Mineraalivilla, 120 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli/laastipurseet, 30 mm
- Kahi-tiili, -- mm

Havainnot

- Ulkoseinän ja väliseinän liittymässä on näkyvä rako, joka ulottuu rakenteen sisä- ja ulkokuorten läpi ulos asti.

RA-US 5, 2028



Todetut rakenteet

- Maali ja rappaus, 15 mm
- Tiili, 130 mm (betoni, 130 mm yläosassa)
- (puukuitulevy, 3 mm, yläosassa)
- Mineraalivilla, 100 mm
- Puukuitulevy, 3 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli, 20 mm
- Julkisivulevyverhous

Havainnot

- Tuulensuojapuukuitulevyn ulkopinnassa on kosteusjälkiä.

RA-US 6, 2080



Todetut rakenteet

- Kipsilevy, 13 mm
- Puurunko + mineraalivilla, 120 mm
- Paperipintainen tuulensuojavilla, 50 mm
- Ilmaväli + yläreunassa vaakakoolaus, 20 mm
- Julkisivulevy

Otetut näytteet

- Mineraalivilla (MIK)
- Pellavarive (MIK)

Havainnot

- Ikkunan ja pilarin välissä, seinän yläosassa ei höyrynsulkumuovia
- Levyrakenteisen seinän ja pilarin liitoksessa pieni määrä vanhaa pellavarivettä

RA-US 7, 2029



Todetut rakenteet

- Maali ja rappaus, 20 mm
- Tiili, 130 mm (betoni, 130 mm, yläosassa)
- Tervapaperi
- (puukuitulevy, 3 mm yläosassa)
- Mineraalivilla, 90 mm
- Puukuitulevy, 3 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli, 30 mm
- Julkisivulevyverhous

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Ulomman puukuitulevyn ulkopinnassa on vanhoja kosteusjälkiä.

RA-US 8, 2116



Todetut rakenteet

- Maali ja tasoite, 3...9 mm
- Tiili, 85 mm
- Mineraalivilla, 140 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli/laastipurseet, 20 mm
- Tiili, 130 mm

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Ilmaväli on osittain täyttynyt laastipurseista.

RA-US 9, 2116



Todetut rakenteet

- Maali ja tasoite, 3 mm
- Betoni, 190 mm
- Mineraalivilla, 130 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli, 30 mm
- Tiili, 130 mm

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

RA-US 10, 2117



Todetut rakenteet

- Maali + tasoite, 2 mm
- Kuitusementtilevy, kimallepintainen, 13 mm
- Höyrynsulkumuovi, -- mm
- Mineraalivilla + metallirunko, 150 mm
- Tuulensuojalevy (kuitusementtilevy, kimallepintainen), 9 mm
- Tuulensuojavilla, 50 mm
- Ilmaväli, 20 mm
- Vaakakoolaus
- Yläpohjan puurakenteet / yläosassa peltiverhous

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Ikkunan alla metalliranka vaakasuunnassa, korkojen perusteella yläpuolella apukarmi
- Ilmavälissä tuntuu aistinvaraisesti ilmavirtaus
- Kuitusementtilevyt kimallepintaisia, uudempia levyjä, jotka eivät ole asbestipitoisia

RA-US 11



Kuvaus

- Avaus tehty sokkelin ja ulkoseinän liittymään.

Todetut rakenteet

Ulkoseinän kohdalta:

- Moduulitiili, 85 mm
- Ilmarako, 20 mm
- Tuulensuojalevy mineraalivilla puolikova, 50 mm
- Mineraalivilla 130 mm + runko 125 mm, alajuoksu painekyllästetty
- Sisäkahitiiliseinä (puolen kiven seinä)

Sokkelin kohdalta:

- Sokkelin väritasoite, 2 mm
- Sokkelibetoni, 110 mm
- EPS-eriste, 100 mm
- Sisäbetonikuori

Otetut näytteet

- Mineraalivilla sisäpinta
- Alajuoksupuun alapinta

Havainnot

- Alajuoksupuun alla ohut uretaanivaahdotus ja noin 20 mm betoni.
- Betonin alapuolella EPS-lämmöneriste.
- Ei bitumikaistaa.
- Runko vain ikkunoiden kohdalla.

RA-US 12, tila 1166



Todetut rakenteet

- Maali + tasoite, 3 mm
- Kahi-tiili, 85 mm
- Mineraalivilla, 140 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmarako / laastipurseet, 20 mm
- Kahi-tiili, -- mm

Otetut näytteet

- Mineraalivilla (koko rakenteen leveydeltä)

Havainnot

- Ikkunaliitoksessa apukarmi
- Mineraalivillassa ikkunaliitoksen kohdalla ilmavuotojälkeä
- Ilmavälissä laastipurseita, aistinvaraisesti tuntuu kuitenkin ilmavirtaus

RA-US 13, 1166



Todetut rakenteet

- Lastulevy, 15 mm
- Taustalla putkikotelo

Havainnot

- Kotelo pääosin siisti
- Putkisuojaukset hieman repeilleet
- Välipohjaan epätiivis läpivienti, ei merkittävää haittaa jos välipohjassa ei ole eristettä
- Patteriputken vaakasuuntaisessa osassa paikallista valumajälkeä sillä osin, kun ei ole eristetty

RA-US 14, 1165



Todetut rakenteet

- Maali ja tasoite, 75 mm
- Kalkkihiekkatiili, 85 mm
- Höyrinsulkumuovi (ikkunaliittymän kohdalla)
- Mineraalivilla, 150 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli/laastipurseet, 10 mm
- Tiili, 130 mm

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

RA-US 15, 1187



Todetut rakenteet

- Maali
- Kipsilevy, 13 mm
- Höyrnsulkumuovi
- Pystypuurunko ja mineraalivilla, 125 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Tiili (kaareva tiilipilasteri)

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Julkisivun tiilimuurauksen taustalla ei ole ilmapäliä.
- Tuulensuojavillan ulkopinnassa on kosteusjälkiä.
- Mineraalivillaeristeen sisäpinnassa on lieviä värimuutoksia.

RA-US 16, 1187



Todetut rakenteet

- Maali
- Kipsilevy, 13 mm
- Höyrnsulkumuovi
- Pystypuurunko ja mineraalivilla, 125 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli/laastipurseet, 10 mm
- Tiili

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Julkisivun tiilimuurauksen taustalla ei ole ilmaväliä.
- Tuulensuojavillan ulkopinnassa on kosteusjälkiä.
- Mineraalivillaeristeen sisäpinnassa on lieviä värimuutoksia.

RA-US 17, 1182



Todetut rakenteet

- Maali + tasoite, 4 mm
- Kahi-tiili, 85 mm
- Mineraalivilla, 140 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, 50 mm
- Ilmaväli/laastipurseet, 10 mm
- Kahi-tiili, -- mm

Havainnot

- Ulkoseinän sisässä (eristetilassa) on ikkunankarmin pystytukipuu ja apukarmipuu.

RA-US 18, 1188



Todetut rakenteet

Avaus tehty ulkoseinän sokkeliliittymään.

Ulkoseinärakenne:

- Moduulikahitiili, 85 mm
- Tuuletusrako, 25 mm
- Tuulensuojamineraalivilla, jossa ulkopinnassa erillinen kalvo, 60 mm
- Mineraalivilla, 120 mm
- Kalkkihiekkatiili

Sokkelirakenne:

- Sokkelimaali
- Betonikuori, 90 mm
- EPS-eriste, 90 mm
- Betonisisäkuori

Otetut näytteet

- Mineraalivillan sisäpinta sokkelin ja ulkoseinän liitoksesta

RA-US 19, 1176



Todetut rakenteet

Ulkoa sisäänpäin:

- Moduulitiili, 90 mm
- Tuuletusväli, 15 mm
- Mineraalivillainen tuulensuojalevy, 30 mm
- Mineraalivilla, 140 mm
- Betonipilarin tausta

Otetut näytteet

- Mineraalivillan sisäpinta sokkelin ja ulkoseinän liitoksesta

Havainnot

- Rakenneavaus tehty ulkoseinän alaosaan ja sokkelin liitokseen.
- Mineraalivilla ja tuulensuojamineraalivilla jatkuu sokkeliin valmiin lattiapinnan tasoon, mutta ei maan pinnan alapuolelle.

RA-US 20, 1165



Todetut rakenteet

Ulkoa sisäänpäin:

- Väritasoite, 2 mm
- Betoni, 140 mm
- EPS-lämmöneriste, 100 mm
- Sokkelin sisäkuori, paksuutta ei selvitetty

RA-US 21, 1050



Todetut rakenteet

- Maali ja tasoiteet, 25 mm
- Betoni, 170 mm
- Lastusementtilevy, 40 mm
- Korkkilevy, 20 mm
- Betoni, 130 mm
- Maali

Otetut näytteet

- Lastusementtilevy
- Korkkieriste

Havainnot

- Korkkieristeen ulkopinnassa on värimuutoksia

RA-IK 1, 2028



Todetut rakenteet

Porattu ikkunakarmin, rakenteet:

- Ikkunan karmipuu, 40 mm
- Polyuretaanivaahdotus ja rive-eristeen jäämiä, 30 mm
- Apukarmipuu, 50 mm
- Ulkoseinän eristetila

RA-IK 2, 2116



Todetut rakenteet

Porattu ikkunakarmin, rakenteet:

- Ikkunan karmipuu, 40 mm
- Polyuretaanivaahdotus, 10 mm
- Apukarmipuu, 50 mm
- Ulkoseinän eristetila

RA-VP 1, 2028



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 3 mm
- Betoni, n. 150 mm (tarkka kokonaisvahvuus ei tiedossa, rakenneavaus ulotettiin noin 130 mm syvyyteen)
- Ristiinkoolaus ja alakattolevytys (rakennevahvuudet ei tiedossa, rakenneavausta ei ulotettu kerrosten läpi)

RA-VP 2, 2029



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 7 mm
- Betoni, 150 mm
- Ristiinkoolaus, 50 mm
- Alakattolevytys, 10 mm

RA-VP 3, 2116



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 2 mm
- Betoni, 50 mm
- Ontelolaatta, n. 240 mm (tarkka rakennevahvuus ei tiedossa, avausta ei ulotettu rakennekerroksen läpi)
- Tasoite ja akustiikkalevy (rakennevahvudet ei tiedossa, avausta ei ulotettu rakennekerrosten läpi)

RA-VP 4, 2117



Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 3 mm
- Betoni, 240 mm
- Alaslaskettu sisäkattojärjestelmä

RA-VP 5, 2025



RA-VP 5a



RA-VP 5b

Todetut rakenteet

- Muovimatto ja tasoite, 4 mm
- Vanhan lattiapäällysteen kiinnitysliima (musta) ja tasoite
- Betoni, 150 mm
- Alaslaskettu kattojärjestelmä

Otetut näytteet

- Vanhan lattiapäällysteen kiinnitysliima (musta) ja tasoite, ASB

Havainnot

- Välipohjarakenteen sisässä sijaitsee vanha putkilinja, jonka eristemateriaalit voivat sisältää asbestia.
- Uudemman lattiapäällysteen ja tasoitekerroksen alle on jätetty vanhan lattiapäällysteen kiinnitysliima, joka sisältää asbestia.

RA-VS 1, 2117



Todetut rakenteet

- Maali ja rappaus, 20 mm
- Betoni, 180 mm
- Mineraalivilla, 60 mm
- Tiili, 130 mm
- Rappaus ja maali, 15 mm

Otetut näytteet

- Mineraalivilla

Havainnot

- Väliseinässä on näkyvä rako entisen ulkoseinän lämmöneristetilaan.

RA-VS 2, 1172



Todetut rakenteet

- Maali ja rappaus, 20 mm
- Tiili, 130 mm
- Mineraalivilla, 80 mm
- Betoni, 160 mm*
- Rappaus ja maali, 20 mm*

*) Tarkka rakennevahvuus ei tiedossa, rakenneavausta ei ulotettu rakenteen läpi.

Seinän kokonaisvahvuus 410 mm

RA-YP 1, 2025



Todetut rakenteet

Alhaalta ylöspäin:

- Maali ja tasoite, 5 mm
- Betoni, 120 mm
- Bitumikermi
- Puhallusvilla 600 mm
- Yläpohjatila
- Vesikaton kantavat puurakenteet ja bitumikermikate

RA-YP 2



Kuvaus

Laajennusosa yläpohja, tarkastettu yläpohjatilasta

Todetut rakenteet

Ylhäältä alaspäin:

- Bitumikermikate
- Aluslaudoitus
- Kattokannattajat + ilmatila
- Puhallusvilla (vanhempaa) 400 mm
- Höyrinsulkumuovi
- Ontelolaatta
- Maali

RA-YP 3



Kuvaus

Alkuperäisen ja laajennusosan liitos

Todetut rakenteet

Alkuperäisen osan rakenteet RA-YP 1 ja RA-YP 4 mukaan.

Laajennusosan rakenteet RA-YP 2 mukaan.

Havainnot

- Alkuperäisen osan lämmöneristeet uusittu, laajennusosan todennäköisesti alkuperäiset.
- Laajennusosan ja alkuperäisen osan välillä tasoero.

RA-YP 4



Kuvaus

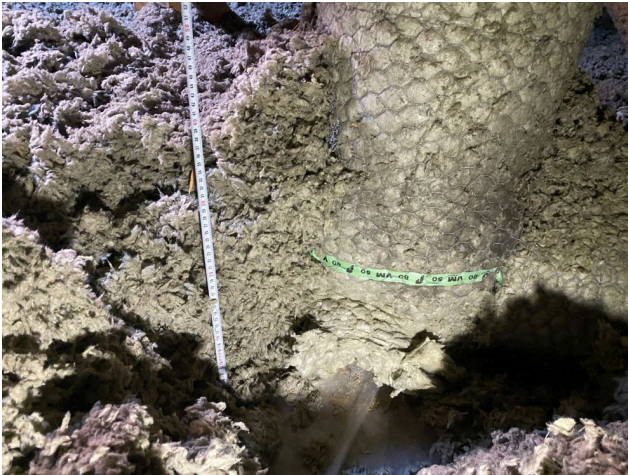
Alkuperäisen osan yläpohja, tarkastettu yläpohjatilasta

Todetut rakenteet

Alhaalta ylöspäin:

- Maali ja tasoite, 5 mm / osittain akustolevytys
- Betoni, 120 mm
- Bitumikermi
- Puhallusvilla, 600 mm
- Yläpohjatila
- Vesikaton kantavat puurakenteet ja bitumikermikate

RA-YP 5



Kuvaus

Matalan osan yläpohjarakenne

Todetut rakenteet

Yltäältä alaspäin:

- Bitumikermikate
- Aluslaudoitus
- Kattokannattajat + ilmatila
- Puhallusvilla (vanhempaa), 400 mm
- Höyrinsulkumuovi
- Ontelolaatta
- Maali

RA-YP 6



Kuvaus

IV-konehuoneen ja porrashuoneen yläpohja

Todetut rakenteet

Ylhäältä alaspäin:

- Bitumikermikate
- Aluslaudoitus
- Kattokannattajat ja ilmatila
- Puhallusvilla 500 mm + puiset runkorakenteet
- Höyrinsulkumuovi
- Koolaus
- Alakattolevytys