

TUUSULAN KUNTA

HYÖKKÄLÄN KOULU

SISÄILMAAN LIITTYVÄT TUTKIMUKSET

25.8.2020



314341

Sisällysluettelo

1. Kohde- ja lähtötiedot	3
1.1. Yleistiedot.....	3
1.2. Kohteen yleiskuvaus.....	3
1.3. Toimeksianto ja tutkimuksen tarkoitus	4
1.4. Tutkimuksen rajaus ja käytetyt laboratoriot	4
2. Havainnot ja mittaustulokset	5
2.1. Havainnot	5
2.2. Kosteusmittaukset	12
2.3. Materiaalinäytteiden VOC-analyysit	13
2.4. Rakenteiden tiiviystarkastelu	15
2.5. Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset.....	16
Liitteet	18

25.8.2020

1. Kohde- ja lähtötiedot

1.1. Yleistiedot

Tilaaaja: Tuusulan kunta
Osoite: Kotorannankuja 10, 04300 Tuusula
Yhteyshenkilö: Pertti Elg
Puhelinnumero: 040 314 555
Sähköposti: pertti.elg@tuusula.fi

Tutkija: WSP Finland Oy
Osoite: Kympinkatu 3 B, 40320 Jyväskylä
Yhteyshenkilö: Sanna Lappi
Puhelinnumero: 040 749 4866
Sähköposti: sanna.lappi@wsp.com

Kohde: Hyökkälän koulu, E-siipi ja auditorio
Osoite: Kirkkotie 9-11, Tuusula
Tutkimuspäivä: 21. – 22.7. ja 4.8.2020

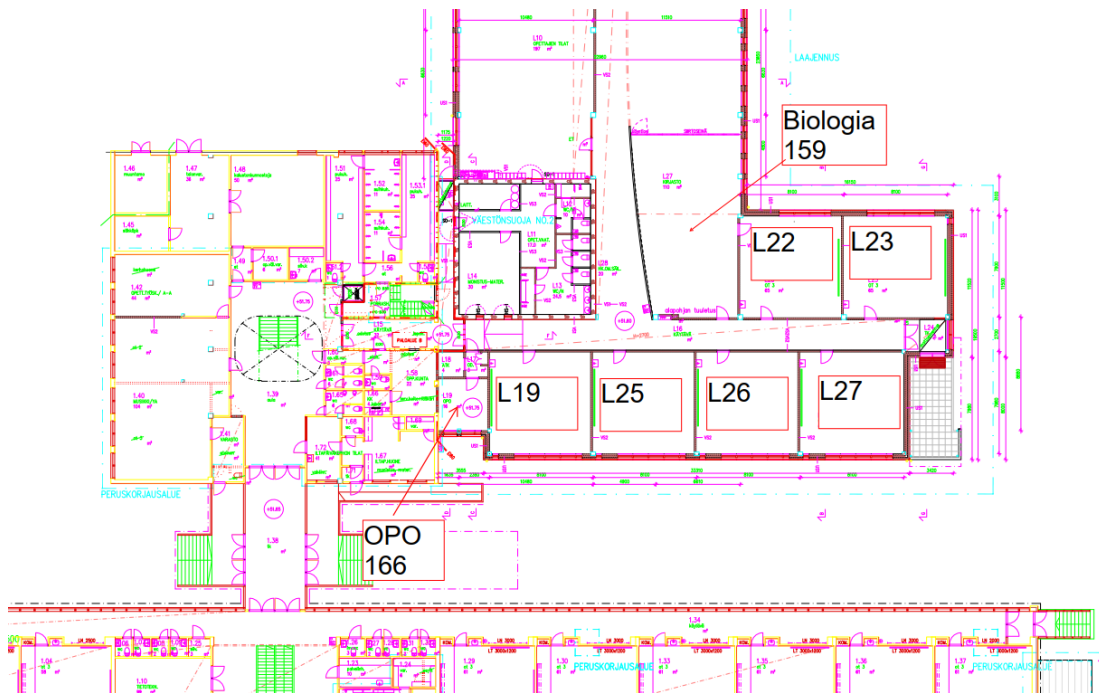
Rakennusvuosi: 1980 luvulla
Rakennusten määrä: 1
Kerroksia: 1
Huoneistoala: ~800 m² (tutkittavat tilat)

Ilmanvaihto: Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla
Lämmitysmuoto: Kaukolämpö, vesikiertoinen patterilämmitys

1.2. Kohteen yleiskuvaus

Tutkimuksen kohteena oli 1980 luvulla rakennettu Hyökkälän koulu, joka sijaitsee Tuusulassa osoitteessa Kirkkotie 9-11. Tutkimukset kohdistuivat koulun seuraaviin E-siiven tiloihin: L19, L22, L23, L25, L26, L27, 166 (opo) ja 159 (biologian luokka). Lisäksi tutkimuksia tehtiin auditoriossa (1.057).

25.8.2020



Kuva 1. E-siiven tutkittavat tilat numeroituna.

1.3. Toimeksianto ja tutkimuksen tarkoitus

Tuusulan kunnan tilapalvelun rakennusmestari Pertti Elg tilasi kohteeseen sisäilmatutkimuksen WSP Finland Oy:n laatiman tutkimussuunnitelman pohjalta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ennalta määritettyjen tilojen rakenneliittymien tiiviyyttä, lattiarakenteiden kosteuspitoisuuksia sekä mahdollisia muita sisäilman laatuun vaikuttavia riskitekijöitä. Tutkimuksessa ei selvitetty rakenteiden kuntoa tilaajan esityksen mukaisesti.

1.4. Tutkimuksen rajaus ja käytetyt laboratoriot

Kohteella tehdyn katselmuksen perusteella tiloihin laadittiin tutkimussuunnitelma WSP Finland Oy:n toimesta, joka on päivätty 27.4.2020. Tutkimukset tehtiin laaditun tutkimussuunnitelman mukaisesti sekä tutkimusten aikana havaitut seikat huomioon ottaen.

Sisäilmatutkimuksessa kartoitettiin aluksi mahdollisia ongelmakohtia aistinvaraisesti havainnoiden. Sisäpuolisten tarkastuksien yhteydessä lattiapinnat käytiin läpi pintakosteusmittauksin ja alakatto- sekä muita tekniikkatiloja tarkastettiin pistokoeluontoisesti. Lattian muovimatpinnoitteen kuntoa tutkittiin viiltomittauksien avulla sekä luokan muovimatpinnoitteesta ja auditorion tekstiilimatosta otettiin VOC-materiaalinäytteitä mahdollisten materiaali-aurioiden selvittämiseksi. Auditorion sisä- ja ulkoilman välistä paine-eroa tarkasteltiin tilassa olevan Freesi -mittausjärjestelmän avulla.

Tilojen rakenteiden rakenneliittymien tiiviyyttä tarkasteltiin aistinvaraisesti sekä merkkiaiemittauksien avulla.

Kenttätutkimukset kohteella tehtiin heinä- ja elokuussa 2020. Tutkimukset tekivät rakennusterveysasiantuntija, FM Sanna Lappi ja avustavana asiantuntijana insinööriopiskelija (AMK) Simo Pitkänen WSP Finland Oy:stä.

25.8.2020

VOC-näytteet analysoitiin WSP Finland Oy:n sisäilmalaboratoriossa. Laboratorio on FINAS akkreditoitu [testauslaboratorio T269](#), jonka pätevyysalueena ovat asumisterveyskemia ja -mikrobiologia. Laboratoriolla on myös [Ruokaviraston hyväksyntä](#) mikrobiologisille ja kemiallisille asumisterveystutkimuksille.

Käytetyt tutkimusmenetelmät, epävarmuustarkastelu, tulosten tulkinnat ja mittalaitteet on kuvattu raportin liitteessä.

2. Havainnot ja mittaustulokset

2.1. Havainnot

Tutkimukset tehtiin heinä- ja elokuun vaihteessa, joten koulu ei ollut toiminnassa. Tilojen ilmanvaihto oli kiinteistöhoitajan mukaan normaalissa käyttötilassa.

E-siipi

Opinto-ohjaajan toimiston (166) katossa oli vanhoja kosteusjälkiä väliseinän lähellä. Muilla pinnoilla ei havaittu kosteuden aiheuttamia materiaalimuutoksia.



Kuva 2: Opinto-ohjaajan toimiston (166) katossa kosteusjälkiä.



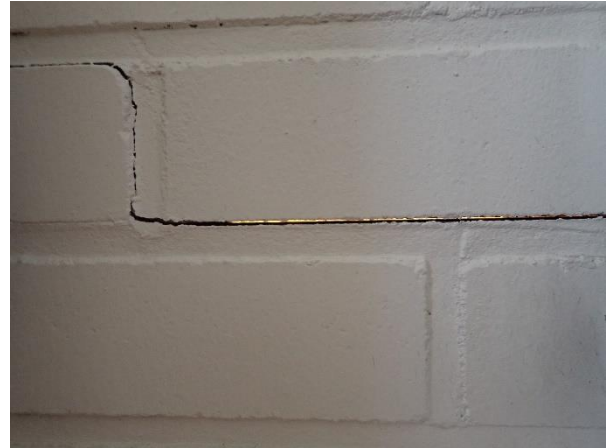
Kuva 3: E-siiven yläpohjassa paikoin veden valumajälkiä (opo:n huoneen kohdalla).

25.8.2020

Tiloissa havaittiin yleisesti tiiliväliseinissä rakenteiden liikkumiseen viittaavia halkeamia ja rakoja. Paikoin myös ulkoseinän sisäpinnassa oli rakenteen liikkumisesta aiheutuvaa halkeilua tiilisaumoissa.



Kuva 4: Rakenteiden liitoksissa halkeilua.



Kuva 5: Väliseinärakenteissa halkeilua.



Kuva 6: Opinto-ohjaajan toimistossa (166) ulkoseinärakenne ei ole tiivis.

25.8.2020

E-siiven käytävällä oli paikoin betoniin viittaavaa hajua. Betonin hajua aiheuttaa alaslasketujen kattojen ilmatilan maalaamattomista tiili-/betonipinnoista, joille ei ole tehty pölynsidontamaalausta. Alakattotilasta on epätiivittä läpivientejä myös luokkiin, joten hajujen on mahdollista kulkeutua myös näihin tiloihin. Alakattotiloissa oli paikoin paljaita mineraalivillapintoja ja niistä on mahdollista päästä kuituja sisäilmaan. Alakattotilassa oli myös epätiivittä läpivientejä yläpohjaan.



Kuva 7: Alakattotilassa paljaita mineraalivillapintoja.



Kuva 8: Alakattotilassa maalaamatonta tiilipintaa, josta aiheutuu betonin hajua.



Kuva 9: Alakattotilasta on avoimia läpivientejä yläpohjaan.



Kuva 10: Alakattotilassa on epätiivittä läpivientejä luokkiin.

25.8.2020



Kuva 11: luokka L27, syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaitteeseen lisätty jälkeen päin suodatinkangas ja kiinnitetty rautalangalla.



Kuva 12: L23 luokassa sähkökoteloinnissa havaittavissa mineraalivillaa.

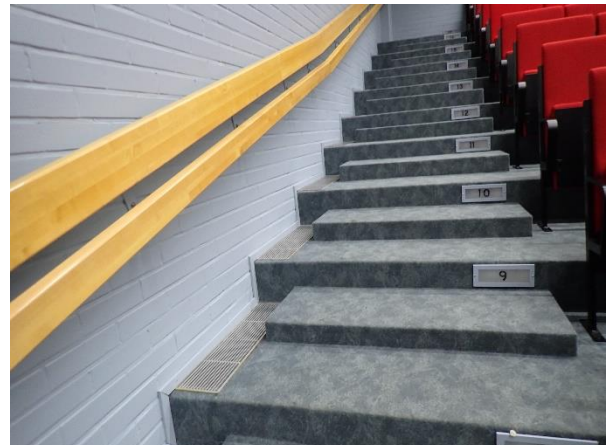
Auditorio

Auditorion etuosan tekniikkahormissa havaittiin pinnoittamattomia mineraalivillapintoja ja rakennusjätteitä. Hormiin menevä ovi ei ole tiivis ja paine-ero auditorion ja hormin lähellä on lähes tasapainossa, joten epäpuhtauksien on mahdollista kulkeutua hormista auditorioon.

Auditorion alapuolen tekniikkahormissa oli pinnoittamattomia mineraalivillapintoja ja kuitujen kulkeutuminen auditorioon on mahdollista etuosan hormin ja välipohjan paikallisten epätiivien rakenneliittymien kautta. Auditorion alapuolisessa tekniikkahormissa säilytettiin alapohjarakennetta vasten orgaanista materiaalia (pahvilaatikoita yms.). Rakenteesta on mahdollista tiivistyä kosteutta säilytettäviin materiaaleihin.



Kuva 13: Yleiskuva, auditorio.



Kuva 14: Auditorion reunoilla on molemmin puolin tuloilmapäätelaitteet lattiassa.

25.8.2020



Kuva 15: Auditorion portaikon tuloilmapäätelaitteiden kehykset on tiivistetty.



Kuva 16: Auditorion etuosan tekniikkahormissa paljaita mineraalivillapintoja ja rakennusjätteitä.



Kuva 17: Auditorion etuosan tekniikkahormissa avoimia läpivientejä.

25.8.2020



Kuva 18: Auditorion alaosan tekniikkahormissa pinnoittamatonta mineraalivillaputkieristettä.



Kuva 19: Auditorion alaosan tekniikkahormissa säilytetään betonista alapohjaa vasten orgaanisia materiaaleja.

Auditorion viereinen luokka (1.044) on otettu pois käytöstä. Auditorio oli noin -25 Pa alipaineinen viereiseen käytöstä poistettuun luokkaan nähden, joten pois käytöstä olevasta luokasta mahdolliset epäpuhtaudet siirtyvät auditorioon päin.

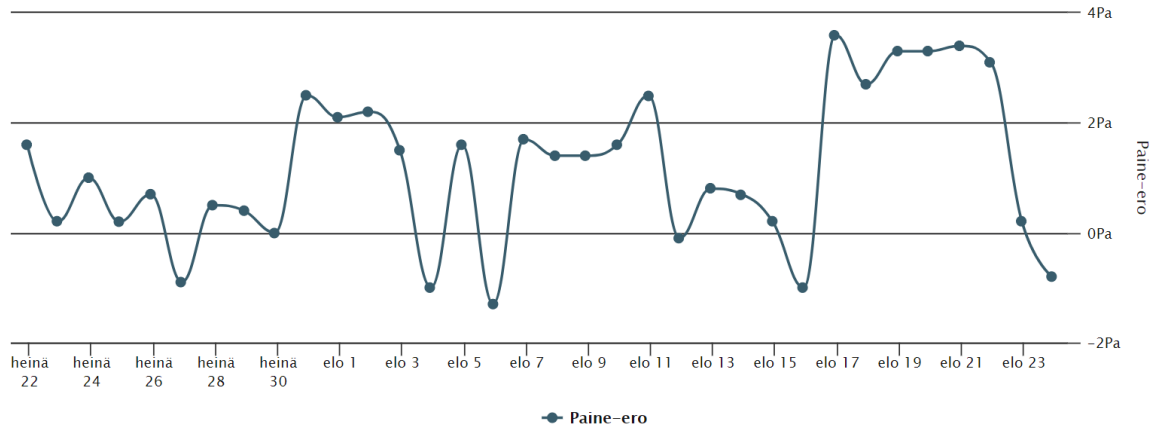


Kuva 20: Auditorio oli alipaineinen noin -25 Pa viereiseen käytöstä poistettuun luokkaan (1.044) nähden.

Auditoriossa on Tuusulan kaupungin puolesta Freesi -järjestelmän paine-eromittaus ulkovaipan yli. Paine-erojen mittaustulokset on esitetty kuvassa 2. Sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero on suurimman osan ajasta hieman ylipaineinen -1,3 ... +3,6 Pa. Sisäilmälähtöisesti paine-eron on suositeltavaa olla hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden 0 ... -5 Pa, mutta tilassa ei ole muuta ylimääräistä kosteuslisää, kuin henkilöistä tuleva kosteuskuorma, joten ko. paine-eroilla ei ole riskinä kosteuden siirtyminen rakenteisiin. On kuitenkin huomioitava ilmanvaihdon ja paine-erojen kokonaistarkastelussa, että auditorion ja

25.8.2020

viereisen käytöstä poistetun luokan paine-eroissa oli huomautettavaa: auditorio oli voimakkaasti alipaineinen käytöstä poistettuun luokkaan nähden ja tämä vaatii ilmanvaihdon ja paine-erojen säätötyötä.



Kuva 21. Auditorion sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero 21.7. – 24.8.2020.

Ilmanvaihtokonehuoneen ja rakennuksen ulkopuolen havainnot:



Kuva 22: Ilmanvaihtokonehuoneessa pölykertymää koneiden ja kanavien päällä.



Kuva 23: Rakennuksen ulkopuolella, opinto-ohjaajan toimiston edessä avoin sadevesiputki (täynnä vettä). Onko käytöstä poistettu?

25.8.2020



Kuva 24: Rakennuksen ulkopuolella on sorakaista rakennuksen vierustalla, mutta kasvillisuus on liian lähellä ulkoseinää.



Kuva 25: Rakennuksen ulkopuolella ikkunapellityksien liittymät eivät ole tiiviitä.

2.2. Kosteusmittaukset

Tilojen lattiapinnoitteena on pääosin muovimatto, auditoriossa on tekstiilimatto ja käytävillä vinyylilaatta. Lattiapintojen pintakosteusarvot olivat pääosin tavanomaisina pidettäviä. Paikoin luokissa oli pienillä alueilla korkeampia lukemia, jotka tarkastettiin viiltomittauksella muovimaton ja tasoitteen välistä. Viiltomittauksen kosteuspitoukset olivat korkeimmilla kohdilla n. 71 % ja vertailukohdalla n. 56 %. Kaikki mitatut kosteuspitoukset alittavat tällä hetkellä pinnoituskosteus lukemat, mutta on nähtävissä, että jossakin vaiheessa kosteuspitoukset ovat voineet olla korkeita, koska tuloksissa on eroja. Tästä syystä otettiin VOC-materiaalinäytteet, joilla haluttiin tietoa mahdollisesta muovimaton ja liiman kemiallisesta vaurioitumisesta.

Auditorion ja käytävän välisen seinän alaosa (käytävän puolella) havaittiin pintakosteuden osoittimella kosteuspoikkeamaa. Auditorion puolella kosteuspoikkeamaa ei havaittu (kohdalla on portaat).

Alapohjan viiltokosteusmittauksen tulokset on esitetty taulukossa 1. Mittaustulokset olivat tavanomaisena pidettäviä. Mittauspisteiden tarkemmat sijainnit on esitetty liitteenä olevassa pohjakuvassa.

Taulukko 1: Viiltomittauksen tulokset. Kosteusmittaukset tehtiin 21.7.2020.

Mittauspiste	Sijainti	Rakenne	RH [%]	T [°C]	abs [g/m ³]
Ulkoilma	---	---	60,4	22,4	11,8
Sisäilma	Auditorio	---	48,8	25,3	11,5
Sisäilma	L26	---	56,1	23,1	11,7
VM1	L26	alapohja	70,9	22,2	13,9
VM2	L27	alapohja	64,8	22,1	12,7
VM3	Auditorio	alapohja	55,0	23,8	11,9
VM4	Auditorio	alapohja	48,5	25,4	11,5

25.8.2020



Kuva 26: Auditorion kohdalla käytävän puolella seinän alaosassa kosteuspoikkeamaa.

2.3. Materiaalinäytteiden VOC-analyysit

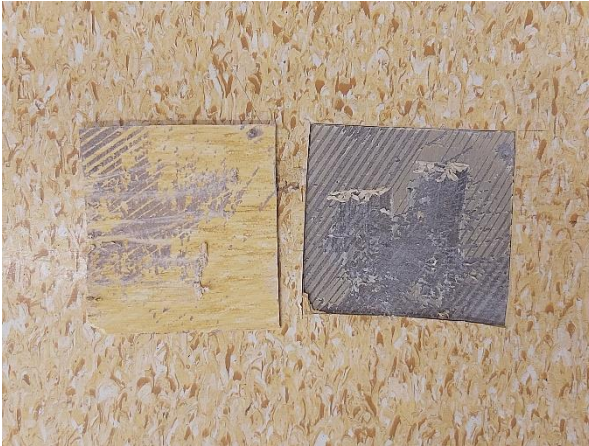
Tutkimusten yhteydessä otettiin tilojen lattiapinnoitteista 3 kpl materiaalinäytteitä VOC-analyysiin (haihtuvat orgaaniset yhdisteet). Analyysivastaus on tämän raportin liitteenä ja näytteiden tulokset ovat esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 2: VOC-materiaalinäytteiden tulosten tulkinta. Näytteenottopäivämäärä 21.7.2020.

Näyte	Tila	Selite	Tulkinta
MNVO1	Auditorio	tekstiilimatto + liima	ei viitettä vauriosta
MNVO2	L27	muovimatto + liima	ei viitettä vauriosta
MNVO3	L26	muovimatto + liima	ei viitettä vauriosta

Näytteiden laboratoriotulokset olivat tavanomaisia eikä viitteitä vaurioitumisesta havaittu. Muovimaton ja liiman vaurioitumisesta kertovien 2-etyyli-1-heksanolin ja C9 -alkoholien määrät olivat tavanomaisen pieniä. Kerättyjen näytteiden kunto oli näytteenottohetkellä hyvä. Näytteissä ei havaittu aistinvaraisesti poikkeavaa kemiallista hajua tai värimuutoksia.

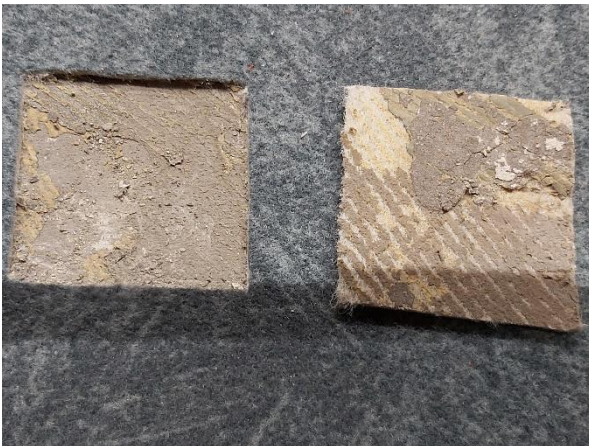
25.8.2020



Kuva 27: Luokan L26 VOC-materiaalinäytteessä ei havaittu poikkeavia VOC-pitoisuuksia.



Kuva 28: Luokan L27 VOC-materiaalinäytteessä ei havaittu poikkeavia VOC-pitoisuuksia.



Kuva 29: Auditorion VOC-materiaalinäytteessä ei havaittu poikkeavia VOC-pitoisuuksia.

25.8.2020

2.4. Rakenteiden tiiviystarkastelu

Tilojen ala- ja välipohja- sekä ulkoseinärakenteiden tiiviyttä tarkasteltiin tiloissa L22, L25, biologia 159 ja auditorio. Tiiviystarkastelua tehtiin aistinvaraisesti sekä merkkiainemittauksin. Tutkimushetkellä tilojen ilmanvaihto oli normaalissa käyttötilassa, jolloin paine-ero oli tutkittavan rakenteen eristetilan ja sisäilman välillä noin -1 Pa.

Ulkoseinärakenteen ja alapohjan merkkianetutkimus tehtiin myös tilanteessa, jossa sisätiloja alipaineistettiin puhaltimen avulla noin -10 Pa.

Rakennuksen E-siiven tiloissa alapohjarakenteena on ryömintätilainen tuulettuva alapohja. Rakenne on: noin 120 mm pintabetoni, 200 mm eps-eriste ja ontelolaatta sekä ryömintätila. Ulkoseinärakenteet ovat E-siivessä tiili-villa-tiili: noin 130 mm tiili, 200 mm villa, tiili.

Merkkianetutkimuksessa ulkoseinärakenteen eristetilaan laskettu merkkiaine kulkeutui sisätiloihin jo ilmanvaihdon normaalissa käyttötilassa, vaikka paine-ero sisätilojen ja rakenteen välillä oli lähes tasapainossa. Vuotokohtia olivat ikkunoiden ja ulkoseinien rakenneliittymät, pilareiden ja ulkoseinien rakenneliittymät, ulkoseinä- ja lattialiittymät (paikoin) sekä tiiliseinissä olevat halkeamat. Kun tiloja alipaineistettiin sisä- ja ulkoilman välillä noin -10 Pa, niin ulkoseinän eristetilasta oli voimakasta ilmavuotoa sisätiloihin myös lattia- ja seinäliittymistä.

Alapohjarakenteen eristetilaan ilmanvaihdon normaali tilanteessa syötetty merkkiaine kulkeutui myös tilojen sisäilmaan. Vuotokohtia olivat väliseinä- ja lattialiittymät sekä viemäriputkien läpivientien liittymät. Läpivientien kohdalta eristetilasta oli silmin havaittava ilmayhteys alapohjan ryömintätilaan, joten ryömintätilojen epäpuhtaudet pääsevät kulkeutumaan sisäilmaan.



Kuva 30: Luokka L22: merkkianetutkimuksessa ilmavuotoa ikkuna- ja seinäliittymistä.



Kuva 31: Luokka L22: merkkianetutkimuksessa ilmavuotoa tiiliseinän halkeamista.

25.8.2020



Kuva 32: Luokka L22: merkkiainetutkimuksessa havaittiin ilmavuotoa ulkoseinä- ja pilariliittymistä.



Kuva 33: L25: merkkiainetutkimuksessa havaittiin ilmavuotoa alapohja- ja väliseinäliittymistä ja viemäriämpivienneistä.



Kuva 34: Auditorio: paikoin ilmavuotoa väliseinä- ja välipohjaliittymistä alapuolen tekniikkatunnelista.



Kuva 35: Auditorio: paikoin ilmavuotoa tuloilmapäätelaitteiden ja välipohjaliittymistä alapuolen tekniikkatunnelista.

2.5. Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Auditorion sisäänkäynnin vieressä väliseinän alaosassa, käytävän puolella havaittiin kohonneita pintakosteusarvoja. Väliseinän kohonneen kosteuden syy tulee selvittää ja rakenne kuivattaa sekä uusia pintaosan materiaalit.

Muutamissa kohdissa luokkien latioilla E-siivessä havaittiin korkeampia pintakosteusarvoja. Muovimaton ja tasoitteen välistä mitatut viiltomittauksien kosteuslukemat olivat tällä hetkellä alle pinnoitettavuusarvojen, mutta olivat selvästi korkeampia vertailuarvoihin nähden. Kohdilta otettiin muovimatoista VOC-materiaalinäytteet, joilla selvitettiin muovimattojen kuntoa. Näytteiden VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudet ja yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet olivat tavanomaisena pidettäviä ja viitteitä vaurioista ei havaittu. Tutkimusten perusteella lattiapinnoitteille ei ole tarvetta kohdistaa toimenpiteitä.

25.8.2020

E-siiven rakenneliittymien tiiviydessä havaittiin puutteita. Ulkoseinä-, väliseinä- ja alapohjarakenteiden massatiivisteet ovat haurastuneet, jonka seurauksena liittymien tiiviyks on puutteellinen ja rakenteista on mahdollista kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan. Lattia- ja seinäliittymissä on listan takana selvä rako alapohjabetonin kuivumiskutistumasta johtuen. Ulkoseinän rakenneliittymät, väliseinäliittymät sekä ulkoseinän ja väliseinän halkeamat tulee korjata erillisen korjaussuunnitelman mukaisesti huomioiden rakenneliittymien tiiviyks. Lisäksi alapohjarakenteiden ja välipohjan (auditorio) rakenneliittymät tulee tiivistää. Rakenteiden kuntoa ei tässä selvityksessä tutkittu.

Rakennuksen ulkopuolella on ikkunapellityksen ja seinän tiiveydessä havaittiin puutteita. Ikkunapeltien reunat on suositeltavaa tiivistää, että veden pääsy ulkoseinärakenteeseen estyy.

E-rakennuksen käytävän alaslaskettujen kattojen paljaat tiili- ja betonipinnat on suositeltavaa pinnoittaa hajujen kulkeutumisen estämiseksi ("betonin" haju käytävällä ja katon alaslaskutiloissa). Samassa yhteydessä väliseinien läpivientien ja halkeamien tiivistykset ovat suositeltavia.

Auditorion etuosan ja alapuolen tekniikkahormissa havaittiin pinnoittamattomia mineraalivillapintoja ja rakennusjätteitä. Auditorion etuosassa olevat hormiin menevät ovet eivät ole tiiviitä ja paine-ero auditorion ja hormin välillä on lähellä tasapainoa, joten epäpuhtauksien on mahdollista kulkeutua hormista auditorioon. Hormin puhdistaminen, villapintojen poisto/korvaaminen soveltuvalla materiaalilla ja ovien tiivistäminen ovat suositeltavia toimenpiteitä. Myös hormissa olevat putkiläpiviennit on suositeltavaa tiivistää. Tekniikkahormi on suositeltavaa olla koko ajan noin -5 Pa alipaineinen auditorioon nähden epäpuhtauksien kulkeutumisen estämiseksi.

Auditorion alapuolella tekniikkahormissa betonilattialla varastoituna olevat tavarat on suositeltavaa siirtää hyllyihin, jotta betonilaatan mahdollinen kosteus ei tiivisty säilytettäviin tavaroihin ja vaurioita niitä.

Auditorio oli alipaineinen noin -25 Pa viereiseen käytöstä poistettuun luokkaan (1.044) nähden, joten pois käytöstä olevasta luokasta mahdolliset epäpuhtaudet siirtyvät auditorioon päin. Paine-eron on oltava niin, että auditorio on koko ajan noin 5 Pa ylipaineinen käytöstä poistettuun tilaan nähden.

Auditoriossa on Tuusulan kaupungin puolesta Freesi -järjestelmän paine-eromittaus ulko-vaipan yli. Sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero oli suurimman osan ajasta hieman ylipaineinen -1 ... +4 Pa. Sisäilmälähtöisesti paine-eron on suositeltavaa olla hieman alipaineinen ulkoilmaan nähden 0 ... -5 Pa, mutta tilassa ei ole muuta ylimääräistä kosteuslisää, kuin henkilöistä tuleva kosteuskuorma, joten ko. paine-eroilla ei ole riskinä kosteuden siirtyminen rakenteisiin. On kuitenkin huomioitava ilmanvaihdon ja paine-erojen kokonaistarkastelussa, että auditorion ja viereisen käytöstä poistetun luokan paine-eroissa oli huomautettavaa: auditorio oli voimakkaasti alipaineinen käytöstä poistettuun luokkaan nähden ja tämä vaatii ilmanvaihdon ja paine-erojen säätötyötä.

Yläpohjassa rakennusten liitoskohdassa väliseinässä ja opinto-ohjaajan toimiston katossa havaitut kosteusvauriojäljet on suositeltavaa korjata ja poistaa vaurioituneet materiaalit.

Ilmanvaihtokonehuone on suositeltavaa siivota säännöllisesti ja poistaa kertyneet tavarat ja pölyt pinnoilta.

25.8.2020

Paikoin rakennuksen vierustalla oli pensaat kasvaneet lähes kiinni ulkoseinään, mikä lisää ulkoseinälle aiheutuvaa kosteusrasitusta. Kasvillisuuden on suositeltavaa olla irti rakennuksesta.

Rakennuksen ulkopuolella, opinto-ohjaajan toimiston edessä avoin sadevesiputki (täynnä vettä). Putken tarpeellisuus nykyisessä järjestelmässä on suositeltavaa selvittää ja tarvittaessa poistaa (maassa kiinni olevaan putkeen ei ohjata katolta tällä hetkellä vettä).

Paikoin luokkien sähkökouruissa havaittiin pölyjä ja mineraalivillaa. Suositeltavaa on puhdistaa tilojen sähkökoteloinnit.

Luokkien tuloilmapäätelaitteissa havaittiin paikoin itse lisättyjä suodatinkankaita. Näiden käyttötarkoitus on kiinteistöhuollolla selvityksessä ja tarvittavat toimenpiteet varmistuvat selvitysten jälkeen.

Rakenneliittymiin tehtävien tiivistyskorjausten onnistuminen tulee varmistaa merkkiainekokein korjaustyön aikana sekä todentaa tiivistysten pitävyyttä säännöllisesti korjausten jälkeen.

Jyväskylä 25.8.2020

WSP Finland Oy

Laatinut:



Sanna Lappi
rakennusterveysasiantuntija, FM
C-9796-26-13

Tarkastanut:

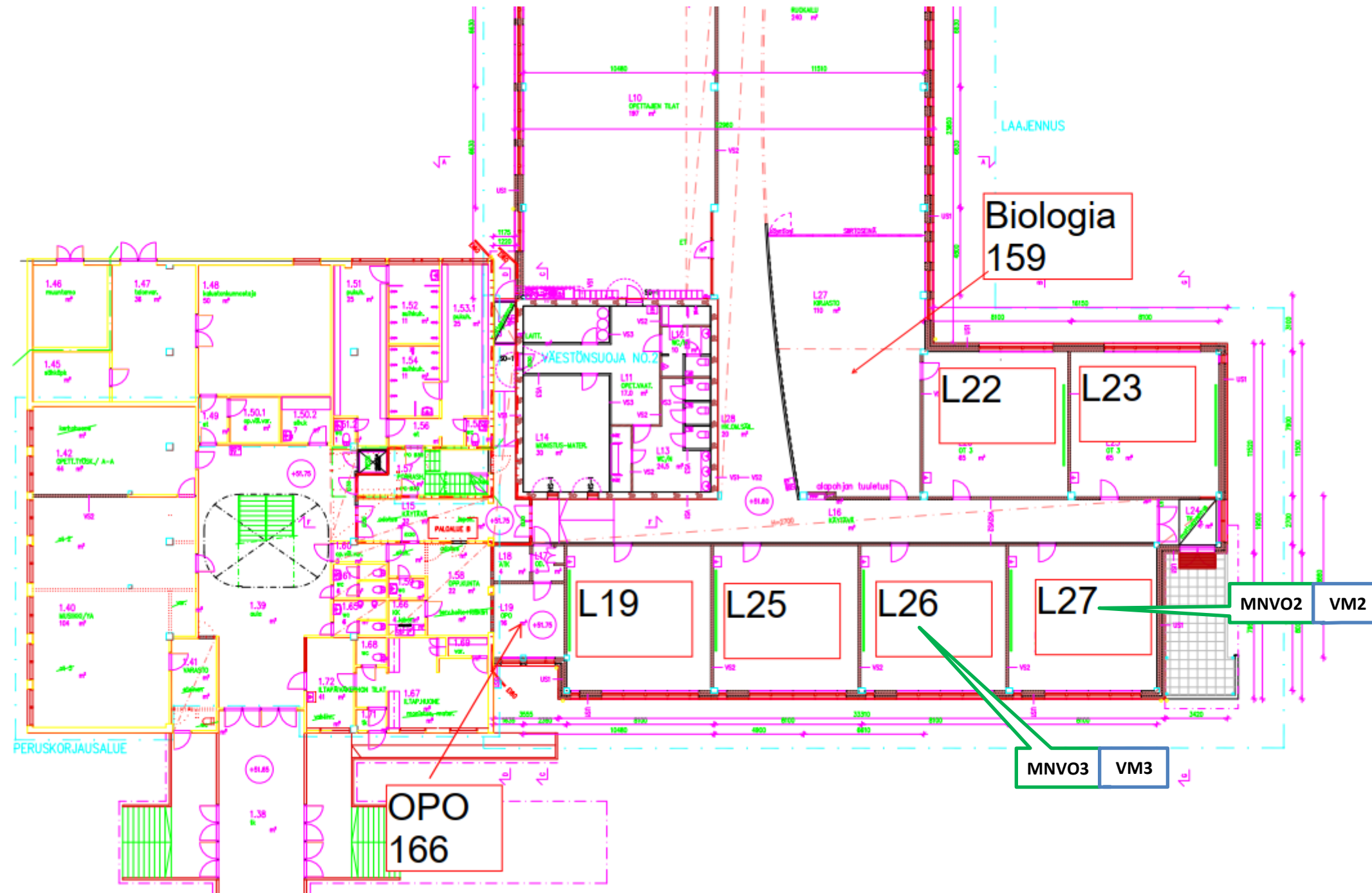


Mika Pälvé
rakennusterveysasiantuntija, Ins. (AMK)
C-23688-26-18

Liitteet

- 1) Pohjakuva
- 2) WSP Finland Oy:n VOC-materiaalinäytteiden analyysivastaus 2007230925SS
- 3) Tutkimusmenetelmät, tulosten tulkinta, viitearvot ja epävarmuustarkastelu

E-siipi



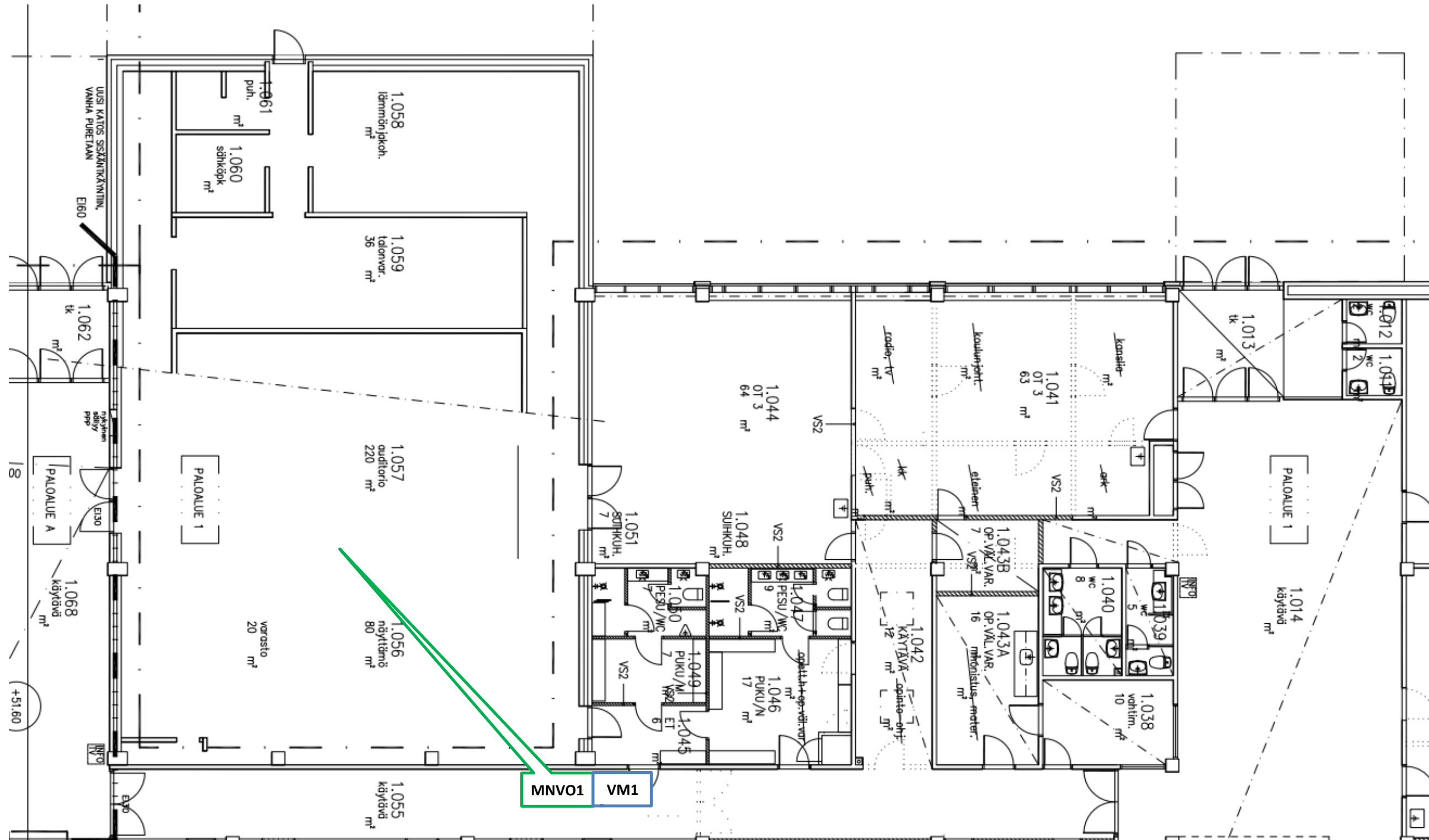
MNVO# VOC-materiaalinäyte, materiaalivaurio

VM# Viiltomittaus

MNVO# VOC-materiaalinäyte, viite materiaalivauriosta

MNVO# VOC-materiaalinäyte, pitoisuus tavanomainen

Auditorio



MNVO# VOC-materiaalinäyte, materiaalivaurio

VM# Viiltomittaus

MNVO# VOC-materiaalinäyte, viite materiaalivauriosta

MNVO# VOC-materiaalinäyte, pitoisuus tavanomainen

3.8.2020

Tilaaaja

WSP Finland Oy
Sanna Lappi
Kympinkatu 3B
40320 Jyväskylä

**VOC-analyysi materiaalinäytteestä**

Näytteenottaja Sanna Lappi, WSP Finland Oy
Näytteenottoaika Hyökkälän koulu, Kirkkotie 11, Tuusula
Näytteenottopäivämäärä 21.7.2020
Vastaanottopäivämäärä 23.7.2020
Näytemäärä 3 kpl
Analyysin suorituspaikka WSP Sisäilmalaboratorio, Kympinkatu 3 B, Jyväskylä

Näytteenotto- ja analyysimenetelmä

Materiaalin pinnoilta kerättiin ilmanäyte VOC-analyysiä varten Markes μ CTE-250-mikrokammioilaitella adsorptioputkeen (Tenax-TA). Kaasuna oli instrumenttityppi. Näyte analysoitiin TD-GC-MS -laitteistolla (Markes Unity 2, Agilent GC-MS (7890A/5975C) standardin ISO 16000-6:2011 (muunneltu) mukaisesti. Yhdisteet tunnistettiin puhtaiden vertailuaineiden / massaspektrikirjaston (NIST) avulla. Kvantitointiin käytettiin puhtaiden vertailuaineiden vastetta tai tolueenivastetta. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC) on määritetty tolueeniekvivalentteina väliltä n-heksaani-heksadekaani (C6-C16) nämä mukaan lukien. Analyysimenetelmän laajennettu kokonaismittausepävarmuus 95 % luottamusvälillä ilman näytteenottoa on 22- 55 % yhdisteistä riippuen ollen keskimäärin 29 % pitoisuusalueella 5-68 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$. Pitoisuusalueella 1-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ kokonaismittausepävarmuus 95 % luottamusvälillä ilman näytteenottoa on 22-74 % yhdisteistä riippuen. Määrittämissärajat (LOQ) on yhdistekohtainen ollen keskimäärin 3,0 ng/näyte eli 0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ laskettuna 2,0 gramman ja 2,0 litran näytteelle. Tulosten ilmoittamisraja on 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$. Yhdistekohtaiset määrittämissärajat ja mittausepävarmuudet on tarvittaessa saatavissa laboratorion. Tunnistettujen yhdisteiden CAS-numerot voidaan myös tarvittaessa toimittaa laboratorion. Näytteistä voidaan määrittää myös TVOC-alueen ulkopuolella olevien yhdisteiden pitoisuuksia, mikäli niiden pitoisuudet ovat tulosten tulkinnan kannalta merkittäviä. Analyysi kertoo, mitä yhdisteitä ja missä suhteessa niitä emittoituu koeolosuhteissa. Tällä menetelmällä analysoitujen näytteiden tulokset eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä eikä materiaalien päästöluokitusta (M-luokat).

3.8.2020

Tulokset

Näyte/mittauskohde:	Näyte 1, Auditorio etuosa, Hyökkälän koulu, Kirkkotie 11, Tuusula	
Materiaali:	tekstiilimatto	
Analysointipvm:	4.8.2020	
Keräin:	185789	
Näytepalan koko:	1,99 g	
Ilmanäytteen tilavuus:	2,00 l	
Yhdisteryhmä	Yhdiste	Pitoisuus (µg/m ³ g)
Alifaattiset ja alisykliset hiilivedyt	Alifaattisia hiilivetyjä (tarkemmin tunnistamattomia, yht.)*	56
Alkoholit	2-etyyli-1-heksanoli	18
TVOC _{MS} *		85

*Tolueenivaste

Näyte/mittauskohde:	Näyte 2, Luokka 27, Hyökkälän koulu, Kirkkotie 11, Tuusula	
Materiaali:	Muovimatto	
Analysointipvm:	4.8.2020	
Keräin:	277196	
Näytepalan koko:	2,37 g	
Ilmanäytteen tilavuus:	2,01 l	
Yhdisteryhmä	Yhdiste	Pitoisuus (µg/m ³ g)
Alifaattiset ja alisykliset hiilivedyt	Alifaattisia hiilivetyjä (tarkemmin tunnistamattomia, yht.)*	29
Alkoholit	2-etyyli-1-heksanoli	5,1
	3,5,5-trimetyyli-1-heksanoli*	3,3
	6-metyyli-1-oktanoli*	12
	Muita C9-alkoholeja (tarkemmin tunnistamattomia, yht.)*	45
TVOC _{MS} *		120

*Tolueenivaste

3.8.2020

Näyte/mittauskohde:	Näyte 3, Luokka 26, Hyökkälän koulu, Kirkkotie 11, Tuusula	
Materiaali:	Muovimatto	
Analysointipvm:	4.8.2020	
Keräin:	277167	
Näytepalan koko:	1,71 g	
Ilmanäytteen tilavuus:	2,00 l	
Yhdisteryhmä	Yhdiste	Pitoisuus ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$)
Alifaattiset ja alisykliset hiilivedyt	Alifaattisia hiilivetyjä (tarkemmin tunnistamattomia, yht.)*	26
Alkoholit	1-butanoli*	2,6
	2-etyyli-1-heksanoli	11
	6-metyyli-1-oktanoli*	11
	3,5,5-trimetyyli-1-heksanoli*	1,4
	Muita C9-alkoholeja (tarkemmin tunnistamattomia, yht.)*	30
TVOC_{MS}*		99

*Tolueenivaste

WSP Finland Oy
 Laboratoriopalvelut
 Sisäilmalaboratorio



Jenni Lehtinen
 tutkija

WSP Finland Oy Laboratoriopalvelut on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T269, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025. Akkreditoituun pätevyysalueeseen sisältyvä toiminta ja toimipaikat ovat nähtävissä verkkosivuilta www.finas.fi. Akkreditointi ei koske tulosten tulkintaa. Laboratorio ei vastaa näytteenotosta. Näytteenottoa ei ole akkreditoitu. Raportissa mainitut tulokset koskevat vain vastaanotettuja ja testattuja näytteitä. Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Osittaisesta kopioinnista on oltava WSP Finland Oy:n lupa.

Yhtiön toiminimi
 WSP Finland Oy

Puhelin
 0207 864 11

E-mail
etunimi.sukunimi@wsp.com

Posti- ja käyntiosoite
 Kämpinkatu 3 B
 40320 JYVÄSKYLÄ

URL
www.wspgroup.fi

Y-tunnus
 0875416-5

TUTKIMUSMENETELMÄT, TULOSTEN TULKINTA, VIITEARVOT JA EPÄVARMUUSTAR- KASTELU

Sisällysluettelo

1. VOC-materiaalinäytteet (volatile organic compounds).....	3
1.1. Epävarmuustarkastelu	3
2. Paine-ero	4
3. Kosteusmittaukset.....	5
3.1. Pintakosteuskartoitus.....	5
3.2. Viiltokosteusmittaus	5
3.2.1. Epävarmuustarkastelu	5
3.3. Rakennekosteusmittaus	6
3.3.1. Porareikämittausmenetelmä	6
3.3.2. Näytepalamittaus	6
4. Rakenteiden tiiveys merkkiainemittauksella	6
4.1.1. Epävarmuustarkastelu	7
5. Käytetyt mittalaitteet.....	7
5.1. Mittalaitteiden tarkkuus	7
Viitteet	8

1. VOC-materiaalinäytteet (volatile organic compounds)

Näytteet pakattiin tiiviisti alumiinifolioon ja uudelleensuljettavaan pussiin. Laboratoriossa näytteet analysoitiin käyttäen mikrokammio- (Micro-Chamber/Thermal Extractor, μ -CTE) ja TD-GC-MS -laitteistolla.

Näytteet analysoitiin WSP Finland Oy:n sisäilmalaboratoriossa. Laboratorio on Finasin akkreditoima testauslaboratorio T269.

Materiaalinäytetulosten arviointiin on olemassa viitearvot Työterveyslaitoksen julkaisussa ”Kooste toimistoympäristöjen epäpuhtaus- ja olosuhdetasoista (rakennuksissa, joissa on koneellinen ilmanvaihto), joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin”. Julkaisu on päivitetty 19.03.2019. Näytteet on analysoitu WSP Finland Oy:n laboratoriossa ja laboratorion referenssikirjaston perusteella viitearvot ovat saman suuntaisia.

Taulukko 1: VOC-materiaalinäytteiden viitearvot (Työterveyslaitos 2019).

Materiaali	TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$]	2-etyyli-1-hek- sanoli [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$]	C9-alkoholit [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$]	Propani- happo [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$]
PVC, pehmitin DEHP	200	70	---	---
PVC; pehmitin DINCH, DINP tai DIDP	500 ⁽¹⁾	50	320 ⁽¹⁾	---
Tasoiitteet ja betoni	50	40	---	---
Linoleum	650	---	---	100

1) = Työterveyslaitos on asettanut osalle materiaaleista viitearvot palvelunäytteiden bulk-emissiotulosten perusteella. Näitä viitearvoja voidaan hyödyntää bulk-emissiomenetelmällä saatujen tulosten arvioinnissa. Tällä menetelmällä tehdyt näytteet eivät vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä eivätkä materiaalien päästöluokitusta (M-luokat).

1.1. Epävarmuustarkastelu

Materiaaleissa on ns. primääriemissioita eli materiaalille tyypillisiä ominaispäästöjä sekä sekundääriemissioita, joita vapautuu vaurioitumisen yhteydessä. Materiaalinäytteenotossa tutkijan on varmistuttava materiaalien primääri- ja sekundääriemissioista ottamalla näytteitä niin oletetulta vauriokohdalta kuin vertailupinnalta.

Kaikista rakennusmateriaaleista vapautuu VOC-päästöjä. Virheettömistä rakennusmateriaaleista VOC-päästöt pienenevät yleisesti ajan mittaan. Jos rakennusmateriaali on kosteusvaurioitunut, VOC-päästöt voivat nousta tai niiden koostumus muuttua.

Materiaalien voivat kontaminoitua ulkoisen tekijän seurauksena ja tämä on myös huomiotava tuloksia tarkasteltaessa ja mahdollisuuksien mukaan poissuljettava ennen näytteenottoa (edellinen siivous, lattiavahaus, näytteen likaantuminen) (Laboratorio-opas 2019, Kallio 2017, Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016, Asumisterveysopas 2009).

Laboratorion mittausepävarmuutta on käsitelty analyysivastauksessa.

2. Paine-ero

Seuraavassa taulukossa on esitetty tavoitteelliset paine-erot eri ilmanvaihtojärjestelmissä Asumisterveysoppaan (Aurola ja Välikylä, 2009) mukaisesti.

Taulukko 2: Tavoitteelliset paine-erot eri ilmanvaihtojärjestelmissä (Asumisterveysopas, 2009).

Ilmanvaihtotapa	Paine-ero	Huomautuksia
Painovoimainen ilmanvaihto	0 ... -5 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat voimakkaasti sään mukaan
Koneellinen poistoilmanvaihto	-5 Pa ... -20 Pa ulkoilmaan 0 ... -5 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	0 ... -2 Pa ulkoilmaan ± 0 Pa porraskäytävään	Paine-erot vaihtelevat sään mukaan

Jos alipaine on suurempi kuin 15 Pa, tulee alipaineen syy selvittää ja alipainetta mahdollisuuksien mukaan pienentää (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, 2016).

A-Insinöörien 2019 tekemässä rakennusten paine-erojen mittausohjeessa on ehdotus tiiviiden rakennusten paine-erojen tavoitetasoista. Tavoitetasot on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 3: Ilmanvaihtojärjestelmän aikaansaaman sisä- ja ulkoilman välisen paine-eron tavoitetaso (Rakennusten paine-erojen mittausohje -projektin loppuraportti, 2019).

Rakennuksen tyyppi	Normaali käyttötilanne	Maksimiarvo	Lisätieto
Asuinpienitalo	0 ... -2 Pa	+2 ... -15 Pa (tehostus)	Pieni mitoitusilmavirta suhteessa ulkovaipan pinta-alaan tehostusratkaisut, esim. liesituuletin ja keskuspölynimuri, huomioitava suunnittelussa lyhytaikainen ylipaine sallittua (ns. takkakytkintoiminto)
Asuinkerrostalo	0 ... -10 Pa	0 ... -15 Pa (tehostus)	Pienissä huoneistoissa suuri mitoitusilmavirta suhteessa ulkovaipan pinta-alaan tehostusratkaisut, esim. tehostussäätöinen liesikupu, huomioitava suunnittelussa
Toimisto-, liiket- tai opetusrakennus, perustapaus	+5 ... -5 Pa	+5 ... -10 Pa	Ei erillispoistoja, mitoitusilmavirta noin 2 l/(s·m ²) vähäinen kosteuslisä
Paine-erojen hallinnan kannalta vaativa kohde	+5 ... -15 Pa	määritetään tapauskohtaisesti	Muuttuvilmavirtaiset ja siirtoilman käyttöön perustuvat järjestelmät, suuret mitoitusilmavirrat, poikkeuksellisen tiivis ulkovaippa, erillis- tai kohdepoistoja yli 25 m korkuinen rakennus

3. Kosteusmittaukset

3.1. Pintakosteuskartoitus

Pintakosteuskartoitukset ovat ainetta rikkomattomia vertailututkimuksia, joissa saman rakenteen eri kohdista havaittuja arvoja verrataan keskenään. Näin saadaan kartoitettua arvoiltaan poikkeavat alueet. Epäilyt poikkeavasta kosteudesta tarkastetaan rakennekosteusmittauksin.

Pintakosteusmittalaitteen toiminta perustuu materiaalien sähkönjohtavuuteen, johon kosteuden lisäksi vaikuttaa mm. rakenteiden sisässä olevat vesiputket, teräkset, lämmityskaapelit sekä mitattavan materiaalin koostumus ja rakenteiden pintaosien vaihtelut. Mittaustuloksia voidaan käyttää suuntaa-antavina ja eri mittauskohtien vertailussa (Ympäristöopas 2016).

Mittalaitteena käytettiin Gann LG1 pintakosteusmittalaitetta ja LB70 anturia. Mittalaittevalmistajan mukaan lukema-arvot tarkoittavat seuraavaa:

Betoni sisätiloissa:

- alle 70 → kuiva
- 70 – 110 → kostea
- yli 110 → märkä

3.2. Viiltokosteusmittaus

Viiltomittauksella voidaan selvittää liimattavan lattiapäällysteen alapintaan ja liimakerrokseen kohdistuva todellinen kosteusrasitus. Viiltomittauksessa tehdään viilto lattiapäällysteeseen tutkittavalle kohdalle. Viiltoon asennetaan heti viillon teon jälkeen kosteusmittausanturi ja viiltokohta tiivistetään hyvin vesihöyrytiiviiksi.

Liimojen ja mattojen kriittisenä kosteuspitoisuutena pidetään 85 %RH päällystämisen jälkeen, jos materiaalitiedoissa ei muuta mainita. Vanhoissa rakenteissa saatuja kosteuspitoisuuksia on arvioitava erikseen, jolloin on huomioitava kosteusrasituksen kesto ja käytetty materiaali (kestääkö materiaali 75-80 %RH kosteuspitoisuutta pitkällä aikavälillä). Vanhoissa lattiarakenteissa voi olla tasoitteita, jotka eivät kestä yli 75 %RH kosteuspitoisuutta, koska ne sisältävät orgaanisia ainesosia, kuten kaseiinia. Arvioitaessa rakennekosteuden vaikutusta tilanteissa, joissa rakenne on kuivunut jo pitkään, tulee ottaa huomioon alhaisemmassa kosteuspitoisuudessa myös vähäisemmätkin kosteuspitoisuuserot (Keinänen, H. 2013).

3.2.1. Epävarmuustarkastelu

Lattiapäällysteen ja tasoitteen välistä on tehtävä useita kosteusmittauksia, joilla saadaan varmistettua pintakosteusmittauksia vastaavat todelliset kosteuskokemat. Viiltomittauksia on tehtävä siinä laajuudessa, että saadaan rajattua ns. tavanomaisen ja poikkeavan kosteuden alueet.

Viiltomittaus on tarkimmillaan +20 °C lämpötilassa. Oikean mittaustuloksen saamiseksi anturi on tiivistettävä huolellisesti kitillä. Luotettavan mittaustuloksen kannalta on myös huomioitava riittävä anturin tasaantuminen (noin 15 – 20 min). Mittausta ei saa tehdä ns. vanhaan viiltoon, vaan mittaussaukko (viilto) on tehtävä juuri ennen mittausta.

3.3. Rakennekosteusmittaus

3.3.1. Porareikämittausmenetelmä

Porareikämittaukset tehtiin RT-14-10984 ohjetta noudattaen. Porareikämittausmenetelmällä voidaan selvittää rakenteen kosteusprofiili. Menetelmä on tarkimmillaan lämpötilan ollessa + 15 ... + 25 °C.

Mittaussyvyyksien ja kosteuspitoisuuksien arvioinnissa on tehty noudattaen ohjeita: Betonirakenteiden päällystäminen (2008) ja Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi (2015).

3.3.2. Näytepalamittaus

Näytepalamittaus tehtiin RT 14-10984 ohjetta noudattaen. Rakenteeseen porataan kuivaporausmenetelmällä halkaisijaltaan 50 ... 100 mm reikä ennalta määritetyille mittaussyvyyksille. Poraus ulotetaan viisi millimetriä mittaussyvyuden yläpuolelle, jonka jälkeen porattu reikä puhdistetaan tasaiseksi piikkaamalla ja imuroimalla. Tämän jälkeen reiässä irrotetaan piikkaamalla betonikappaleita, jotka asetetaan tiiviiseen mittaustastiaan yhdessä suhteellisen kosteuden mittapään kanssa tasaantumaan vakioämpötilaan mittapään tasaantumisajasta riippuen vähintään 5 ... 12 tunniksi. Vaaditun tasaantumisajan jälkeen tulokset luetaan mittalaitetta käyttäen. Menetelmää voidaan käyttää tutkittavan rakenteen lämpötilan ollessa - 20 ... + 80 °C.

Taulukko 4: Betonialustan suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot (Lähde: Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet).

Päällystemateriaali	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1 ... 3 cm:n syvyydellä (0,4 x A)
Muovimatot	85	
Linoleumi	85	
Kumimatot	85	
Korkkilaatat	85	75
Tekstiilimatot, jossa tiivis alusta (vinyyli, kumi, kumilateksisively)	85	
Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot	85	
Flokatut matot ja laatat	85	
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	75
Muovi-, kumi- ja linoleumilaatat	90	

4. Rakenteiden tiiveys merkkiainemittauksella

Merkkiainetutkimuksella selvitettiin eri rakenneliittymien tiiveyttä (ulkoseinä-, alapohja-, yläpohja- ja välipohjarakenteet). Merkkiainetutkimuksen avulla tutkittiin rakenteissa mahdollisesti olevien epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin. Merkkiainetutkimus tehtiin RT-kortin 14-11197 mukaisesti.

Merkkiainetutkimus tehtiin ensiksi tilojen normaalissa käyttöolosuhteessa ja toinen mittaus noin -10 Pa tilanteessa. Alipaineen aikaansaamiseksi tilaan voidaan asentaa ovipuhallinlaitteisto, muu alipainepuhallin tai alipaine luodaan rakennuksen omilla ilmanvaihtolaitteistoilla.

Merkkiainetutkimuksessa merkkiainekaasua (5 % vetyä ja 95 % typpeä) johdettiin tutkittavaan rakenneosaan ja merkkiaineen kulkeutumista sisäilmaan tutkittiin kaasuanalysointin avulla. Ilmavuotokohdat merkittiin, valokuvattiin ja kirjattiin ylös.

Ilmavuotojen merkittävyys on arvioitu raportissa.

4.1.1. Epävarmuustarkastelu

Merkkiainekokeissa tärkeimmät kokeen luottavuuteen vaikuttavat tekijät ovat paine-ero, merkkiaineen leviäminen rakenteeseen ja mahdolliset havaintovirheet.

Tutkimuksessa on oltava sopiva ja jatkuva paine-ero sisäilman ja tutkittavan rakenteen välillä. Liiallinen paine-ero (yli 20 Pa) korostaa vuotohavaintoja ja voi johtaa virheellisiin havaintoihin. Jos alipainetta ei ole, tutkimusta ei voi tehdä. Paine-eroa on seurattava koko tutkimuksen ajan. Paine-eron vaihtelut muuttavat havaintokynnystä tehden tutkimuksista epäluotettavia.

Merkkiainekaasun syöttömäärä vaikuttaa tehtäviin havaintoihin. Rakenteen liian pienellä merkkiainekaasun määrällä ei saada ilmavuotoja esille. Kun taas liian suurella kaasumäärällä pienetkin vuodot korostuvat tarpeettomasti.

Erilaiset materiaaliominaisuudet on otettava huomioon merkkiainetutkimusten havainnoimisessa. Vety pystyy tunkeutumaan joidenkin materiaalien läpi (vrt. maalaamaton / maalattu) pinta. Suuret ilmavuodot voivat levittää merkkiainetta laajalle alueelle, jolloin tarkempien havaintojen teko on keskeytettävä (RT 14-11197).

5. Käytetyt mittalaitteet

5.1. Mittalaitteiden tarkkuus

Vaisala HMI41-näyttölaite

Mittausalue - 20...+ 60 °C: tarkkuus + 20 °C:ssa ± 0,1 °C

Mittausalue % RH kosteus: tarkkuus + 20 °C:ssa ± 0,1 % RH

Vaisala HMP42- ja HMP46-mittapää

Mittausalue - 40 ... + 100 °C tarkkuus + 20 °C:ssa ± 0,2 °C

Mittausalue 0 ... 90 % RH: tarkkuus + 20 °C:ssa ± 2 % RH

Mittausalue 90 ... 100 % RH: tarkkuus + 20 °C:ssa ± 3 % RH

Kalibrointi: marraskuu 2019

GANN Hydromette RTU 600, mittapää B 50

Tiili / höyrykarkaistu kevytbetoni: < 50 = normaali kosteus; > 50 = kohonnut kosteus

Betoni: < 80 = normaali kosteus; > 80 = kohonnut kosteus

Levyrakente / puu: < 40 = normaali kosteus; > 40 = kohonnut kosteus

Trotec TS 800 SDI -vetyanturi ja Trotec T 2000 E -mittalaite
Käytetty kaasuseos: Formier 5

Minneapolis Model 4 (230 V) Blower Door –tiiveysmittauskalusto
Käyttöalue (50 Pa): 8...7200 m³/h

Viitteet

- 1) A-Insinöörit, 2019. Rakennusten paine-erojen mittausohje -projektin loppuraportti.
- 2) Betonikeskus ry, 2015. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi.
- 3) Järnström Helena, 2005. Muovimattopinnoitteen lattia rakenteen VOC-emissiot sisäongelmatapauksissa. VTT julkaisu 571.
- 4) Järnström Helena, 2007. Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. VTT Publications 672.
- 5) Kallio Sanna, 2017. Sisäilmastutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, tekniikan ja liikenteen ala.
- 6) Keinänen Hanna, 2013. Hyvät tutkimustavat betonirakenteiden lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin. Opinnäytetyö. Itä-Suomen yliopisto, koulutus- ja kehittämiskeskus Aducate.
- 7) Rakennustietosäätiö RTS, 1999. RT 80-10712. Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot.
- 8) Rakennustietosäätiö RTS, 2010. RT 14-10984. Betonin suhteellisen kosteuden mittaus.
- 9) Rakennustietosäätiö RTS, 2015. RT 14-11197. Rakenteiden ilmatiiveyden tarkastelu merkkiainekokein.
- 10) Rakennustietosäätiö RTS, 2018. RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.
- 11) RakMK D2-2012. Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Osa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. 2012. Ympäristöministeriö.
- 12) Suomen säädöskokoelma, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta, 1009/2017, Ympäristöministeriö.
- 13) 1994/763 Terveysturvallisuuslaki.
- 14) STMa 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Annettu Helsingissä 23 päivänä huhtikuuta 2015 sekä Valviran soveltamisohjeet 2016.
- 15) Asumisterveysopas, 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen soveltamisopas. Ympäristö- ja terveys -lehti.
- 16) Kansanterveyslaitos, 2008. Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot. Opas ongelmien selvittämiseen.
- 17) Ympäristöministeriö, toim. Miia Pitkäranta, 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus.
- 18) Pessi & Jalkanen, 2018. Laboratorio-opas – Mikrobiologisten asumisterveystutkimuksien näytteenotto ja analyysimenetelmät. Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy.
- 19) <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot> (luettu 28.8.2019).
- 20) Salonen Heidi (ym.), 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Työterveyslaitos.
- 21) Työterveyslaitos, 2012. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa, tavoitetaso TY-01-2012, www.ttl.fi/tavoitetasot
- 22) Työterveyslaitos, 2010. Mineraalikuivattujen siivousohje.
- 23) Työterveyslaitos, 2016. Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen. Yhteistyössä Kosteus- ja hometalkoot ja Suomen JVT- ja Kuivausliikkeen Liitto ry.
- 24) Työterveyslaitos, 2017. Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen.

- 25) Työterveyslaitos, 2019. Kooste epäpuhtaustasoista, joiden ylittyminen voi viitata sisäilmasto-ongelmiin toimistotyyppisillä työpaikoilla. Päivitetty 19.3.2019.
- 26) Työterveyslaitos, 2016. Asbestikuitujen löytyminen työtiloista – toimintaohje ja terveysvaarat.
- 27) Työterveyslaitos, 2020. Teolliset mineraalikuidut toimistotyyppisissä työtiloissa. Esiintyminen, altistumisen arviointi, terveysvaikutukset ja päästöjen hallinta. ISBN 978-952-261-916-7.
- 28) Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, 2017. Otsonointi sisäympäristössä, kirjallisuuskatsaus.