

Pasi Väyrynen

# **Kapselointikorjauksen toimivuus sisäilmahaittaa aiheuttavissa betonilattioissa**

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työnjohto

Tekijä: Pasi Väyrynen

Työn nimi: Kapselointikorjauksen toimivuus sisäilmahaittaa aiheuttavissa betonilattioissa

Ohjaaja: Jussi Korpinen

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 33

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Muovisten lattiapäällysteiden ja niiden kiinnitysliimojen aiheuttamat VOC-päästöt ovat tutkimusten perusteella yhtenä syynä rakennusten sisäilmaongelmiin. Korjausvaihtoehtoja kyseisiin lattiasaneerauksiin on useita ja korjaustavan valintaan vaikuttavat monet asiat.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Laukaan kunnan kiinteistöissä tehtyjen lattiasaneerauksien vaikutus sisäilmaan, sekä toimia laadunvarmistuksena tehdyille korjauksille. Sisäilmaoireilujen seurauksena tehtyjen tutkimusten perusteella yhdeksi ongelman aiheuttajaksi on osoittautunut betonilaatan päälle liimatun muovimaton aiheuttamat emissiot.

Tutkimukseen valittiin kaksi korjattua kohdetta, joissa lattiasaneeraukseen oli päädytty sisäilmaoireilujen ja VOC-mittauksissa saatujen tulosten perusteella. Korjausmenetelmäksi kunnan kohteisiin on valittu kapselointi, jonka toimivuutta tässä tutkimuksessa arvioidaan.

Avainsanat: sisäilmaongelma, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, kapselointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Site Management

Author/s: Pasi Väyrynen

Title of thesis: Functionality of encapsulation repair in indoor air problems caused by concrete floor

Supervisor(s): Jussi Korpinen

Year: 2020

Number of pages: 30

Number of appendices: 0

---

VOC emissions caused by plastic floorings and their mounting glues are believed to be one cause of indoor air problems in buildings. There are many repair options and many aspects that affect the selection of a repair method.

The purpose of this thesis was to find out how the executed repairs in buildings of the municipality of Laukaa had affected indoor air and to check the quality of the repairs. Studies done previously showed that one cause to indoor air problems was the emissions from glued plastic flooring on concrete slabs.

The thesis studied two repaired objects. The floor repair was done in these two buildings because of the symptoms caused by poor indoor air quality and the results of VOC measurements. The thesis studied the functionality of encapsulation, the chosen repair method.

Keywords: indoor air problem, volatile organic compounds, encapsulation

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
1 TYÖN TAUSTA .....	7
2 HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET .....	9
3 KÄYTETYT NÄYTTEENOTTOMENETELMÄT .....	12
3.1 VOC-kupunäyte .....	12
3.2 VOC-ilmanäyte.....	12
3.3 VOC-materiaalinäyte (BULK näyte).....	13
3.4 VOC-näyte FLEC laitteella .....	14
4 TUTKITTAVAT KOHTEET JA LÄHTÖTIEDOT .....	16
4.1 Vehniän koulu .....	16
4.2 Taitojen talo .....	18
5 KORJAUSVAIHTOEHDOT .....	21
5.1 Kapselointi .....	21
5.2 Rakenteen lämmitys ja tuuletus .....	22
5.3 Rakenteen uusiminen .....	23
6 MITTAUSTULOKSET.....	25
6.1 Vehniän koulu .....	25
6.1.1 VOC-ilmanäyte.....	25
6.1.2 FLEC-näyte lattiasta.....	26
6.2 Taitojen talo .....	27
6.2.1 VOC-ilmanäyte.....	28
6.2.2 FLEC-näyte lattiasta.....	29
7 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	30
LÄHTEET .....	32

## **Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo**

Kuva 1. Tiettyjen yhdisteiden toimenpiderajat (Valvira 2016b) .....	10
Kuva 2. Vehniän koulun ilmanäytteenotto .....	13
Kuva 3. Vehniän koulun FLEC-näytteenotto .....	15
Kuva 4. Vehniän koulu .....	16
Kuva 5. Taitojen talo .....	18
Kuva 6. Viitearvot materiaalinäytteestä (Työterveyslaitos 2019) .....	19
Kuva 7. Kapseloitu lattia Vehniän koululta .....	21
Kuva 8. Mittauspisteet (Vahanen 2020) .....	25
Kuva 9. Ilmanäytteen tulokset (Vahanen 2020).....	26
Kuva 10. FLEC-näytteen tulokset (Vahanen 2020) .....	26
Kuva 11. Mittauspisteet (Vahanen 2020) .....	27
Kuva 12. Ilmanäytteen tulokset (Vahanen 2020).....	28
Kuva 13. FLEC-näytteen tulokset (Vahanen 2020) .....	29

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>2-etyyli-1-heksanoli</b>	Haihtuva orgaaninen yhdiste, joka on rakennusten sisäilmassa kosteus- ja mikrobivauriota ilmaiseva yhdiste.
<b>Emissiot</b>	Materiaalissa olevia kaasumaisia yhdisteitä, jotka haihtumalla siirtyvät ympäröivään sisäilmaan.
<b>Epoksilakka</b>	Alustaan imeytyneiden haitta-aineiden kapseointiin käytettävä lakka.
<b>FLEC</b>	Field and Laboratory Emission Cell. pintaemissioiden keräyslaite.
<b>Kapselointi</b>	Korjausmenetelmä, jolla estetään haitta-aineiden ja epäpuhtauksien siirtyminen rakenteesta sisäilmaan konvektion tai diffuusion vaikutuksesta.
<b>Linoleumi</b>	Lattiapinnoite, joka koostuu jopa 97% luonnonaineista.
<b>PVC</b>	Polyvinyylidikloridi, rakennusmateriaaleissa käytettävä muovi, mm. muovimatot.
<b>Toluene</b>	Haihtuva orgaaninen yhdiste, käytetään liuotteena mm. liimoissa.
<b>TVOC</b>	Total volatile organic compounds, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaismäärä, joka voidaan ilmoittaa pitoisuutena (sisäilma) tai emissiona (materiaalit).
<b>VOC</b>	Volatile organic compound, haihtuva orgaaninen yhdiste.

# 1 TYÖN TAUSTA

Kosteuden kertyminen PVC- ja linoleumipinnoitteiden alle saattaa käynnistää pinnoitteessa ja kiinnitysliimassa hajoamisprosessin, josta voi vapautua sisäilmaan erilaisia yhdisteitä. Nämä yhdisteet voivat aiheuttaa hajuja ja olla terveydelle haitallisia. Lattiapinnoitteiden aiheuttamissa sisäilmaongelma epäilyissä on hyvä suorittaa aina jatkotutkimuksia kosteus- ja VOC-mittauksilla. (Valvira 2017.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää betonilattioiden vaurioituneiden pintarakenteiden korjausmenetelmän toimivuutta, sekä toimia laadunvarmistuksena tehdyille korjauksille. Laukaan kunnan korjauskohteissa on usein sisäilmaan liittyviä ongelmia, joiden yksi aiheuttaja on betonilaatan päälle liimatun pintamateriaalin aiheuttamat emissiot. Korjausmenetelmänä näissä sisäilmaongelmia aiheuttavissa lattiasaneerauskohteissa on käytetty kapselointia, jolla haitta-aineet suljetaan rakenteeseen. Sisäilmaongelmien aiheuttajia on useita ja tällä tutkimuksella selvitetään, kuinka tehdyt lattiakorjaukset ovat onnistuneet. Eli onko saatu toivottu lopputulos.

Sisäilmaongelma epäilyssä Laukaan kunnassa on käytössä sähköinen palvelu, jossa työntekijä täyttää sisäilmaongelma ilmoituksen ja suorittaa tarkastuslistan mukaiset työtiloja koskevat toimenpiteet. Mikäli ongelma ei toimenpiteistä huolimatta korjaudu, kiinteistövastaava välittää tiedon tilapalvelulle, jonka jälkeen kiinteistönhoito tutkii ilmoituksen kohteen ja antaa palautteen esimiehelle tai kiinteistön käyttövastaavalle. Jos kiinteistöhoidon tarkastuksessa sisäilmaongelmaan ei löydy syytä, asia siirtyy työterveyteen. Kunnassa toimivan sisäilmatyöryhmän selvitystyön perusteella voidaan vuosittain joutua tekemään pikaisia kiinteistöjen sisäilman parantamiseen tähtääviä korjaus- tms. toimenpiteitä. Sisäilmatyöryhmän esityksestä tehtävillä toimenpiteillä pyritään poistamaan todettu sisäilmaongelman aiheuttaja.

Opinnäytetyön kohteeksi valikoitui kaksi kunnan kiinteistöä. Ensimmäinen kohteista on koulukiinteistö, jonka 2005 valmistuneessa laajennusosassa tutkittava luokkatila sijaitsee. Osa kiinteistön käyttäjistä on kokenut sisäilmasta aiheutuvia ärsytysoireita ja tutkimusten perusteella kiinteistöön on tehty korjauksia mm. lattioihin ja väliseiniin. Alapohjarakenteena kiinteistössä on maanvarainen betonilaatta ja alkuperäisenä pintamateriaalina PVC-matto.

Toinen kohteista on vuonna 1999 rakennettu kiinteistö, joka toimii Laukaan kunnan toimintakeskuksena. Kiinteistössä järjestetään kehitysvammaisten työ- ja päivätoimintaa. Alapohjarakenteena kohteessa on maanvarainen betonilaatta, tasoite ja alkuperäisenä pintamateriaalina linoleumimatto. Osalla kiinteistön käyttäjistä on ilmennyt sisäilmaan liittyvää oireilua, jonka seurauksena kiinteistössä on tehty sisäilma- ja materiaalitutkimuksia keväällä 2018. Näiden syiden johdosta kiinteistön linoleumi pinnoitteiset tilat on päätetty uusida.



## 2 HAIHTUVAT ORGAANISET YHDISTEET

Rakennusten sisäilma sisältää pieninä pitoisuuksina satoja orgaanisia kaasumuodossa olevia yhdisteitä. Näiden pitoisuudet ovat yleensä pieniä, eivätkä aiheuta ihmisille mitään oireita. Kaasumuodossa olevien yhdisteiden lähteenä voi olla rakennus- ja sisustusmateriaalit, ihmisten oma toiminta, rakenteiden kosteusvaurio tai rakennukseen ulkopuolelta tulevat päästöt. Suurina määrinä nämä kemialliset aineet vaikuttavat asuinviihtyvyyteen ja voivat aiheuttaa terveyshaittaa. (Sisäilmayhdistys 2008.)

*Materiaaleista vapautuvista orgaanisista yhdisteistä käytetään nimitystä VOC (= volatile organic compound) ja niiden kokonaispitoisuudesta TVOC (= total volatile organic compound). TVOC-pitoisuutta ei voida käyttää sellaisenaan terveyshaitan arvioinnissa. Toisaalta kohonnut TVOC-pitoisuus (yli 400 µg/m<sup>3</sup>) on osoitus kemiallisten aineiden epätavallisen suuresta määrästä sisäilmassa, ja lisäselvitykset yksittäisten yhdisteiden tutkimiseksi ovat todennäköisesti tarpeen. Kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuudet ovat usein korkeampia uudisrakennuksissa ja korjatuissa rakennuksissa. (Valvira 2016a.)*

Orgaanisia yhdisteitä vapautuu sisäilmaan lähes kaikista rakennusmateriaaleista. VOC-päästöt ovat suurimmillaan uusissa rakennusmateriaaleissa, mutta pienenevät yleensä ajan mittaan. Tutkimusten perusteella VOC-päästöistä vain noin puolet aiheutuu rakennusmateriaaleista ja puolet mm. ihmisten ja kotieläinten aineenvaihdunnasta, huonekaluista, tekstiileistä, puhdistusaineista ja kosmetiikasta. Rakennusmateriaalin vaurioitua niiden VOC-päästöt voivat kasvaa huomattavasti kemiallisten reaktioiden ja mikrobiologisen aineenvaihdunnan takia. Vaurion syynä on useasti rakenteessa oleva liiallinen kosteus. (Valvira 2016b.)

*Asumisterveysasetuksen mukaan VOC-yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 400 µg/m<sup>3</sup>. Yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja huoneilmassa on 50 µg/m<sup>3</sup>. (STM asetus 545/2015 15§.)*

Mikäli huoneilman haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus ylittää 400 µg/m<sup>3</sup>, on ryhdyttävä toimenpiteisiin. Tässä tapauksessa selvitetään mahdolliset terveyshaitat ja tehdään tarvittavat toimenpiteet päästöjen aiheuttajan selvittämiseksi.

Samalla tarvittaessa poistetaan ongelmakohta tai rajoitetaan päästön lähde. Haihtuvista orgaanisista yhdisteistä voi aiheutua terveyshaittaa, vaikka niiden kokonaispitoisuus jää alle  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Valvira 2016b.)

Lisäksi seuraaville yhdisteille on säädetty omat toimenpiderajansa, jotka on ilmoitettu alla olevassa kuvassa 1.

Yhdiste	Toimenpideraja
<b>2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaanidioli diisobutyraatti (TXIB)</b>	<b><math>10 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
<b>2-etyyli-1-heksanoli (2-EH)</b>	<b><math>10 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
<b>Naftaleeni</b>	<b>ei saa esiintyä hajua, <math>10 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
<b>Styreeni</b>	<b><math>40 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>

Kuva 1. Tiettyjen yhdisteiden toimenpiderajat (Valvira 2016b)

Kokonaisvaltaisessa tutkimuksessa sisäilmaongelmia selvittäessä pelkkää VOC-mittausta käytetään vain apukeinona. Tavanomaisesta poikkeava hajua, rakenteet tai materiaalit oleskelutiloissa, jotka saattavat sisältää haitallisia yhdisteitä, ovat usein syy VOC-mittaukselle. (Valvira 2016b.)

VOC-yhdisteet aiheuttavat erilaisia terveyshaittoja mm. silmien ja limakalvojen ärsytysoireita sekä päänsärkyä. Terveydelle haitallisia ovat erityisesti useamman yhdisteen yhteisvaikutukset, mutta yksittäinen yhdistekin voi olla haitallinen. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä esiintyy satoja. Uusissa taloissa on paljon materiaalipäästöjä. Rakennuksen valmistumisen jälkeen noin puolessa vuodessa päästöt yleensä laskevat normaalitasolle. Tämä edellyttää, että talossa on oikein toimiva ilmanvaihto. (Valvira 8.2.2011.)

Tutkimusten mukaan betonin alkalisuus (korkea pH n.13) ja liiallinen kosteus, voivat olla syynä erilaisten pintamateriaalien vaurioitumiseen. Kemiallinen yhdiste 2-etyyli-1heksanoli indikoi tällaista ongelmaa ja säädetty toimenpideraja on  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Myös pehmittimien, pinnoitteiden ja liimojen tuotannossa käytetään 2-etyyli-1heksanolia ja sitä voi vapautua sisäilmaan näiden tuotteiden hajoamisen seurauksena. Näiden

materiaalipäästöjen syynä ovat yleensä kosteusongelmat. Hajoamista on havaittu jossain tutkimuksissa betonilaatan 75%:n suhteellisessa kosteudessa. DEHP ftalaatti on uudemmissa muovimatoissa usein korvattu muilla pehmittimillä ja niistä aiheutuu hajoamistuotteina erilaisia pitkäkestoisia C9 – C10-alkoholeja. Joidenkin yhdisteiden epäillään aiheuttavan oireita, kun pitoisuudet sisäilmassa ylittävät 10 – 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Valvira 2016b.)

Kolu kertoo opinnäytetyössään mm. siitä, kuinka betonin suhteelliselle kosteudelle (RH) otettiin jo vuonna 1981 käyttöön enimmäisarvot, jotka sisältyvät rakennustöiden yleisiin laatuvaatimuksiin (RYL). On huomattu, että tiiviit lattiapinnoitteet (mm. muovimatot), sekä niiden kiinnitysliimat vaurioituvat erityisen herkästi kosteuden takia. Vuosien varrella lattiapinnoitevalmistajat ovat laatineet raja-arvoja erilaisille pinnoitekohtaisille kosteuspitoisuuksille. Tutkimuksissa on selvinnyt, että muovimatot kestävät noin RH 90 %:n, kun mattoliimoissa suhteellisen kosteuspitoisuuden (ns. kriittiset kosteuspitoisuusrajat) kestävyys on yleensä noin RH 85 %. Betonilattaiyhdistyksen (RYL / By) ja Lattiapäällysteyhdistyksen annetuissa ohjeissa on annettu sallitut kosteuspitoisuusraja-arvot eri materiaaleille. (Kolu, 2013, 25.)

### 3 KÄYTETYT NÄYTTEENOTTOMENETELMÄT

#### 3.1 VOC-kupunäyte

VOC-yhdisteet kerätään rakenteen pinnalta lasisella kuvulla, joka asetetaan tiiviisti rakennepinnan päälle, käyttäen Tenax TA adsorbenttia sisältävää keräinputkea matalavirtauspumulla. Pumpun virtaama on 0,2 l/min, keräysaika on 25 minuuttia. Näyte toimitetaan suljettuna laboratoriolle, jossa analysointi suoritetaan MS-GC laitteella.

*Rakennepinnalta otetulle VOC-näytteelle ei ole olemassa lähdekirjallisuudessa virallisia viitearvoja, mutta tulosten tulkintaan voidaan soveltaa sisäilmalle asetettuja viitearvoja, joiden mukaisesti TVOC-pitoisuus yli 400 µg/m<sup>3</sup> on osoitus kemiallisten aineiden epätavallisen suuresta määrästä sisäilmassa, jolloin lisäselvitykset ovat tarpeen. (PTS-kiinteistötekniikka Oy 2013, 4.)*

#### 3.2 VOC-ilmanäyte

Sisäilmanäytteet kertovat todellisen tilanteen VOC-yhdisteiden määrästä sisäilmassa, siitä millaista ilmaa asukkaat hengittävät. VOC-yhdisteet kerätään sisäilmasta Tenax TA adsorbenttia sisältävään keräinputkeen käyttäen matalavirtauspumppua. Pumpun virtaama on 0,2 l/min, keräysaika 45-120 min. Näyte toimitetaan suljettuna laboratoriolle, jossa analysointi suoritetaan MS-GC laitteella. Kuvassa 2 on ilmanäytteenotto Vehniän koulun luokkatilasta.

Valvira ohjeistaa ilmanäytteenottoa seuraavasti: Ilmanäyte on otettava oleskeluvyöhykkeeltä tilan tai huoneen keskialueelta noin 1,1 metrin korkeudelta. Näytteenotto suoritetaan sellaisessa huoneessa tai oleskelutilassa, jossa tutkittavaa kemiallista yhdistettä parhaiten esiintyy. Ilmanvaihdon on vastattava tutkittavassa tilassa tavanomaista olosuhdetta, ikkunat on oltava suljettuna, samoin myös ulko-ovet ja tuuletusluukut pidetään kiinni näytettä otettaessa. Näytteen keräysaika ilmoitetaan jokaisen kemiallisen aineen mittausmenetelmässä. (Valvira 2016b.)



Kuva 2. Vehniän koulun ilmanäytteenotto

Sisäilma-, FLEC-, kupu-, viilto- tai materiaalinäytteistä saatuja mittaustuloksia ei voida verrata keskenään.

### 3.3 VOC-materiaalinäyte (BULK näyte)

Epäiltäessä rakennusmateriaalin olevan syynä sisäilmaongelmiin, voidaan materiaalitutkimuksessa selvittää haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC), formaldehydin ja muiden aldehydien tai ammoniakin emissioita mikrokammiolaitetta hyödyntävällä kokonaisemissiomenetelmällä. Mittauksessa ilmoitetaan kokonaisemissio- eli ns. BULK-määritys käyttämällä yksikköä  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ . Haluttaessa selvittää sisäilmassa havaittujen yhdisteiden päästölähde, käytetään apuna kokonaisemissiotulosta. Sisäilmapitoisuuksien ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tai pintaemissio- eli pitoisuuksien ( $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$ ) arvioinnissa ei

voi käyttää analyysitulosta. Samaa materiaalinäytettä voidaan käyttää VOC-, formaldehydi-, aldehydi- että ammoniakkiemissioiden analysointiin. (Työterveyslaitos [Viitattu 2.3.2020].)

Rakenteesta emittoituvia kemiallisia yhdisteitä tutkitaan suoraan materiaalista tehtävän emissiomittauksen (VOC materiaalinäytteestä, BULK-VOC) avulla. (Mikrobioni, [viitattu 2.3.2020].)

*Yleensä näytteeseen tulee mukaan pintamateriaalin lisäksi liimaa, tasoitetta ja pohjustusainetta, ja saatu analyysitulokset kuvaakin näiden kaikkien materiaalien yhteisemissiota. Eri näytteissä on aina erilaisessa suhteessa liimaa, tasoitetta, pohjustusainetta tai muita komponentteja, lisäksi rakenteesta irrotettu näyte sisältää uusia leikkauspintoja. (Mikrobioni, [viitattu 2.3.2020].)*

Tämän takia kyseessä ei ole kvantitatiivinen menetelmä. Tutkimuksessa selviää mitä yhdisteitä ja missä keskinäisissä suhteissa niitä emittoituu kyseisestä näytteestä käytetyissä olosuhteissa. (Mikrobioni, [viitattu 2.3.2020].)

Arvioitaessa emissioiden määrää ja eroja kosteusvaurio- ja vertailualueilla, voidaan BULK-tutkimusta käyttää osana kokonaisselvitystä ja kartoittavana menetelmänä. Huonosti haihtuvia yhdisteitä saadaan materiaalinäytteessä esiin myös materiaalin alapuolelta. (Mikrobioni, [viitattu 2.3.2020].)

### **3.4 VOC-näyte FLEC laitteella**

*FLEC-mittausmenetelmässä mitattavan rakenteen pintaan asennetaan kammio, johon syötetään puhdasta, synteettistä ilmaa ja kammioista poistuvan ilman VOC-pitoisuudet mitataan. Kupumittaus poikkeaa FLEC-mittauksesta siinä, että kammioon syötetään huoneessa olevaa sisäilmaa. Materiaalinäytteestä voidaan analysoida VOC-päästöt asettamalla näyte lasipurkkiin ja mittaamalla hetken päästä purkissa olevan ilman VOC-pitoisuudet. FLEC – laitteiston etu muihin näytteenottome-*

*netelmiin on esimerkiksi se, että saatu emissionopeus voidaan muuntaa laskukaavan kautta huoneilman pitoisuudeksi, jos tiedossa on emittoiva pinta-ala, huoneen tilavuus sekä ilmanvaihtokerroin. (Valvira 2016b.)*

Vehniän koulun FLEC-mittauksessa mittauskammio asetettiin laattalattialle siten, että myös laattasaumaa tulisi mitattavalle alueelle mahdollisimman paljon (kuva 3). Saumausaineena lattioissa on käytetty sementtisiideaineisia saumalaasteja.



Kuva 3. Vehniän koulun FLEC-näytteenotto



## 4 TUTKITTAVAT KOHTEET JA LÄHTÖTIEDOT

### 4.1 Vehniän koulu

Ensimmäinen kohde on Laukaan kunnan Vehniän kylällä sijaitseva koulukiinteistö, joka on rakennettu vuonna 1977. Kiinteistö on peruskorjattu ja laajennettu vuonna 2005, jolloin kiinteistöön on rakennettu 3 uutta opetustilaa, päiväkotia, ruokala sekä varastotiloja. Koulukiinteistö on yksikerroksinen, alapohjarakenteena opetustiloissa on alapuolelta eristetty maanvarainen betonilaatta, tasoite ja alkuperäisenä pintamateriaalina PVC-matto.



Kuva 4. Vehniän koulu

Sisäilmaongelmien seurauksena koulun tiloissa on vuonna 2013 suoritettu tutkimuksia, joissa on havaittu lattiapinnoitteiden vaurioitumista kosteuden vaikutuksesta.



Lattiapinnoitteita tutkittiin tuolloin materiaalinäyttein (BULK-näyttein). Tutkimuksen suoritti PTS-Kiinteistötekniikka Oy.

Kesällä 2013 Laukaan kunnan tilapalvelu suoritti lattian korjauksen laajenusosassa olevaan opetustilaan (OT 5), josta betonirakenteiden VOC-emissiot tutkittiin kohdennetusti VOC-kupunäyttein. Tilasta otettiin kaksi näytettä. Tilapalvelun korjausmiehet olivat ennen tutkimusta purkaneet lattiapinnoitteet tilasta ja jysineet tasoitteet pois siten, että betonin huokospinta oli avoinna. Tilaa tuuletettiin ennen näytteenottoa 1 vuorokausi.

Analyysivastauksen perusteella ensimmäisen näytteen kokonaisemissiot betonissa olivat erittäin korkeat, TVOC pitoisuus mittauksen perusteella oli  $2143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Näytteessä oli korkeana pitoisuutena muovimattopinnoitteen vaurioitumiseen viittaavia yhdisteitä 2-etyyli-1-heksanoli ( $1359 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), joka muodostaa lähes 33% emissioista. Lisäksi betonissa oli poikkeavan korkea pitoisuus tolueeni emissioita ( $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Em. yhdisteet eivät ole betonille tavanomaisia, vaan viittaavat todennäköisimmin muovimattopinnoitteen VOC-emissioiden adsorboitumiseen betonissa.

Toisen näytteen VOC-emissiot olivat alhaisemmat. Betonin kokonaisemissiot TVOC oli  $836 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Näytteen perusteella betonissa oli kuitenkin erittäin korkeana pitoisuutena 2-etyyli-1-heksanoli ( $886 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), joka viittaa selkeästi mattopinnoitteen emissioiden adsorboitumiseen myös betoniin.

Molempien näytteiden VOC-emissiot olivat korkeat ja poikkeavana pidettävät. Tulosten perusteella korjaustavaksi tilaan on valittu lattiapintojen kapselointi BASF:in Master Protect 255 epoksilakalla. Ennen kapselointia lattiapinnat on jysitty puhtaalle betonipinnalle. Uudeksi lattiapinnoitteeksi on asennettu keraaminen laatta.

## 4.2 Taitojen talo

Taitojen talo on Laukaan kunnan Kuhankosken alueella sijaitseva kiinteistö, joka toimii kehitysvammaisten toimintakeskuksena ja jossa järjestetään työ- ja päivätoimintaa. Kiinteistö on rakennettu vuonna 1999 ja peruskorjattu osittain vuonna 2017. Rakennuksessa on yksi maanpäällinen kerros, ullakkotiloissa IV-konehuone ja ensimmäisen kerroksen alla on osittain kellaritilaa. Kerrosala rakennuksessa on 1224m<sup>2</sup>. Alapohjarakenteet ovat maanvaraisia betonilaattoja.



Kuva 5. Taitojen talo

Rakennuksen peruskorjaamattoman osan tiloissa sisäilmanlaatu on koettu heikoksi ja käyttäjillä on esiintynyt oireilua, jonka on epäilty johtuvan mahdollisesti sisäilmaongelmasta. Tämän johdosta Laukaan kunta on teettänyt kiinteistöstä sisäilmaselvityksen keväällä 2018, tutkimuksen on suorittanut WSP Finland Oy. Tutkimus on

rajattu rakennuksen peruskorjaamattomalle osalle. Tutkimus on suoritettu rakenteita avaamatta, ainoastaan tiloissa olevaan alkuperäiseen linoleumi mattoon on tehty viiltomittauksia sekä otettu näytteet VOC-materiaalinäytteisiin.

Analyysivastauksen perusteella materiaalin kokonaisemissiot TVOC ovat suuruudeltaan 1200 µg/m<sup>3</sup>g. Näytteessä suurimpina yksittäisinä yhdisteinä esiintyivät muut alifaattiset ja alisykliset hiilivedyt pitoisuudella 430 µg/m<sup>3</sup>g, Dodekaani pitoisuudella 57 µg/m<sup>3</sup>g ja 2-etyyli-1-heksanolia pitoisuudella 20 µg/m<sup>3</sup>g. Näytteen kohonnut alifaattisten ja alisyklisen hiilivetyjen pitoisuus johtuu näytteeseen kiinnittyneestä lattiatasoitteesta ja betonista.

Työterveyslaitoksen tutkimuksissa on todettu, että tämä viitearvo ei koske linoleumimattoja, joiden ominaispäästöt ovat huomattavasti tätä suuremmat (kuva 6).

<b>Kemialliset yhdisteet</b>		
<b>Altiste</b>	<b>Viitearvo</b>	<b>Lähde</b>
<b>Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)</b>		
<b>Materiaalinäytteet, bulk-emissiot<sup>1</sup></b>		
<b>PVC, jossa pehmittimenä DEHP</b>		
<b>TVOC</b>	<b>200 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
2-Etyyli-1-heksanoli	<b>70 µg/m<sup>3</sup>g</b>	Työterveyslaitoksen sisäinen aineisto.
<b>PVC, jossa pehmittimenä DINCH, DINP tai DIDP</b>		
<b>TVOC</b>	<b>500 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
2-Etyyli-1-heksanoli	<b>50 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
C <sub>9</sub> -alkoholit	<b>320 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
<b>Tasoitteet ja betoni</b>		
<b>TVOC</b>	<b>50 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
2-Etyyli-1-heksanoli	<b>40 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
<b>Linoleum</b>		
<b>TVOC</b>	<b>650 µg/m<sup>3</sup>g</b>	
Propanihappo	<b>100 µg/m<sup>3</sup>g</b>	

<sup>1</sup>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).

Kuva 6. Viitearvot materiaalinäytteestä (Työterveyslaitos 2019)

Taitojen talon lattiasaneeraukseen on kuitenkin päädytty käyttäjien oireilun ja VOC-mittausten perusteella, vaikka näytteen tulos on tavanomaisena pidettävä. Saneerauksessa on poistettu linoleumi matto, mattoliima ja tasoiteet. Puhdas betonipinta on kapseloitu BASF:in Master Protec 255 epoksilakalla ja uudeksi pinnoitteeksi on asennettu keraaminen laatta. Lattiasaneeraukset on suoritettu kunnan omana työnä keväällä 2019.

## 5 KORJAUSVAIHTOEHDOT

### 5.1 Kapselointi

Kapselointimenetelmällä pyritään parantamaan sisäilman laatua purkamatta tai uusimatta rakennetta kokonaan. Tarkoituksena on siis estää haitta-aineiden ja muiden epäpuhtauksien siirtyminen rakenteesta sisäilmaan diffuusion ja konvektion vaikutuksesta. Tämä saadaan aikaan aineilla, joilla muodostetaan kaasutiivis kalvo tiivistävän rakenteen ja pintamateriaalin väliin. Kapselointiin käytetyt aineet sopivat monenlaisille levytetyille katto- ja seinäpinoille, kuitenkin paras tulos saadaan betonisten pintojen tiivistyksessä. Kuva Vehniän koululta, jossa laatoittaminen on aloitettu kapseloidun betonin päälle.



Kuva 7. Kapseloitu lattia Vehniän koululta

Kapselointi on valittu Laukaan kunnan lattiasaneerauskohteisiin kustannus- ja aika- taulusyistä, koska kohteena ovat useimmiten koulu- tai toimistokiinteistöjen lattiat. Lattiasaneerauksien ajaksi väistötilojen hankinta on usein haastavaa, koska tilojen käyttöaste on suuri, eikä ylimääräistä tilaa kiinteistöissä yleensä ole.

Kapselointiaineena Laukaan kunta on käyttänyt BASF:in Master Protect 255. Tuote on vesiohenteinen epoksilakka, jota käytetään mm. alustaan imeytyneiden haitta- aineiden kapselointiin. Tuote soveltuu myös pohjusteeksi ja kosteussuluksi, mutta sulkevana kerroksena minimimenekki on 700 g/m<sup>2</sup>. Tämä saadaan aikaan kahdella käsittelykerroksella.

**Korjauksen edut:** Rakenteen purkamiseen ja uudelleen rakentamiseen verrattuna kapselointitekniikalla tehtävän korjaustyön etuna on nopeus ja edullisuus. Purku- työtä on vähän, vain pintamateriaalit ja tasoitteet poistetaan. Kapselointityövaihe on yksinkertainen ja ajallisesti nopea, kestoltaan noin kaksi vuorokautta aineen levityk- sen ja kuivumisajan kanssa.

**Korjauksen riskit:** Korjaustavalla, jossa haitta-ainelähdettä pyritään eristämään si- säilmasta, korostuu työn huolellinen tekeminen sekä liittymien ja läpivientien tiivis- tys. Myöskään kapselointiaineiden elinkaaresta ja kestävydestä ei ole vielä tarkkaa tietoa, arvioitu käyttöikä on 15-20 vuotta.

## 5.2 Rakenteen lämmitys ja tuuletus

Korjausvaihtoehtona voidaan käyttää myös rakenteen lämmitystä ja tuuletusta, jossa lattiabetoniin emittoituneita yhdisteitä pyritään poistamaan lämmittämällä joko huonetta tai tasolämmittimillä suoraan betonia sekä tuulettamalla. Kapselointiin ver- rattuna tämä korjaustapa on huomattavasti pitkäkestoisempi ja kalliimpi. Lopputu- loksena voidaan kuitenkin saada rakenne, josta haitta-aineet ovat riittävässä määrin saatu poistumaan.

*Betonirakennetta lämmitettäessä betonin huokosen pintaan fysikaalisesti sitoutunut vesi haihtuu betonihuokosen ilmatilaan, jolloin huokosen suhteellinen kosteus / vesihöyryn osapaine kohoaa. Vesihöyryn osapaineen kohotessa vesihöyryn siirtyminen betonirakenteesta ympäröivään ilmaan kasvaa. Vesihöyryn siirtymisen tehostuessa voidaan myös olettaa, että haihtuvien yhdisteiden siirtyminen betonirakenteesta ympäröivään ilmaan tehostuu. Lämmitysvaiheen aikana myös sisäilman lämpötila sekä emissiopitoisuus nousee. Sisäilman lämpötilan ja emissiopitoisuuden laskemiseksi tulee lämmityksen aikana olla korjattavassa tilassa tarvittava tuuletus, mahdollisesti jopa jäähdytys. Tuuletuksen ansiosta korjattava tila on alipaineinen viereisiin tiloihin verraten, jolloin epäpuhtauksien pääsy niihin on estetty. (Kylliäinen 2010, 29.)*

**Korjauksen edut:** Purkutyö on vähäistä, vain pintamateriaalit ja lattiatasoite poistetaan. Korjauksen erona kapselointiin verrattuna on, että rakenteesta pyritään poistamaan kaikki siihen imeytyneet haitta-aineet.

**Korjauksen riskit:** Lämpötilan seuranta lattiabetonissa on haastavaa ja riskinä on vaurioittaa muovisia taloteknisiä järjestelmiä. Korjaustapa vaatii pätevää ammattiosaamista ja erikoislaitteita hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi.

### 5.3 Rakenteen uusiminen

Perustelut koko rakenteen uusimiseen on vaikeaa pelkän pintamateriaalista emittoituneiden haitta-aineiden takia. Koko betonisen rakenteen purkaminen ja uudelleen rakentaminen on kustannukseltaan iso ja voi olla järkevää tilanteissa, jossa lattian alapuolisia rakenteita tai taloon liittyvää tekniikkaa joudutaan uusimaan tai lisäämään. Esimerkkinä voisi olla viemäreiden uusiminen tai alapohjan kosteusolosuhteiden ja lämpöeristeiden parantaminen. Myös rakennuksen suunniteltu elinkaari ja käyttötarkoitus vaikuttavat korjauksen laajuuteen. Rakenteen poisto haitta-aineiden takia olisi silloin osa suurempaa peruskorjausta.

**Korjauksen edut:** Korjauksen yhteydessä voidaan uusia lattian alapuolisia rakenteita ja tekniikkaa. Oikein ja huolellisesti toteutettuna päästään hyvään ja turvalliseen lopputulokseen.

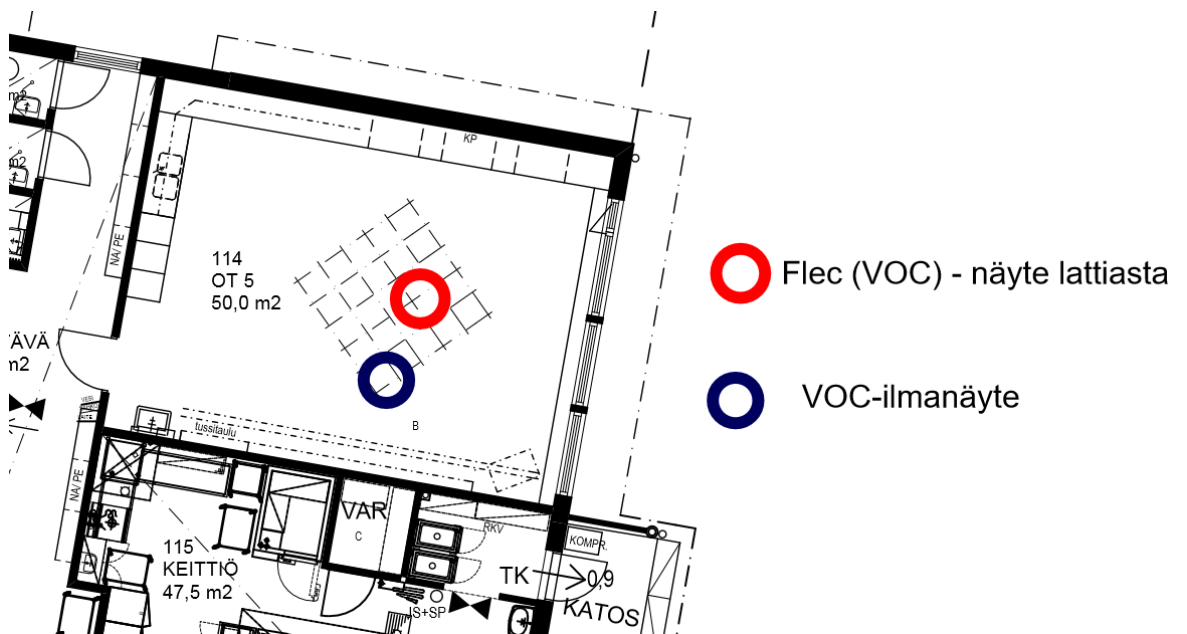
**Korjauksen haitat:** Purku- ja rakennustyön massiivisuus aiheuttaa suuret kustannukset ja on korjausvaihtoehdoista hitain. Lisäksi aikataulua pidentää uuden betonivalun kuivatusajat.



## 6 MITTAUSTULOKSET

### 6.1 Vehniän koulu

Mittauksen tavoitteena oli selvittää opetustilan 5 (kuva) lattian ja sisäilman haihtuvien yhdisteiden pitoisuutta tehtyjen korjaustoimien jälkeen. Tutkimukset tehtiin 27.2.2020 ja tutkimuksen tekijänä oli Vahanen Jyväskylä Oy.



Kuva 8. Mittauspisteet (Vahanen 2020)

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) mitattiin keräämällä ilmapumpulla 103 ml/min Tenax-TA adsorbentilla täytettyyn putkimaiseen ATD-keräimeen sisäilmasta 90 minuutin ajan ja kohdistettuna FLEC-näytteenä lattiamateriaalista 30 minuutin ajan. Näytteet toimitettiin analysoitaviksi Työterveyslaitoksen laboratorioon Helsinkiin.

#### 6.1.1 VOC-ilmanäyte

Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 545/2015 mukaan haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tolueenivasteella lasketun kokonaispitoisuuden (TVOC) toimenpideraja huoneilmassa on  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vastaavasti yksittäisen haihtuvan orgaanisen yhdisteen tolueenivasteella lasketun pitoisuuden toimenpideraja-arvo huoneilmassa on

50 µg/m<sup>3</sup>. Lisäksi neljälle erilliselle yhdisteelle on asetettu matalampi toimenpideraja. Kuvassa 9 Vehniän koululta 27.2.2020 otetut ilmanäytteen tulokset.

Yhdiste	VOC µg/m <sup>3</sup>	Tulkinta
Aromaattiset hiilivedyt		Ei poikkeavaa
Bentseeni	0,3	
Aldehydit		
Bentsaldehydi	0,9	
Nonanaali	0,3	
Ketonit		
Asetofenoni	0,7	
<b>TVOC</b>	<b>&lt; 10</b>	

Kuva 9. Ilmanäytteen tulokset (Vahanen 2020)

Tutkittujen tilojen yksittäisten yhdisteiden ja yhteenlasketut pitoisuudet (TVOC) alittavat niille asetetut STM 545/2015:n mukaiset raja-arvot. Mittaustulosten perusteella sisäilmassa esiintyy hyvin pieniä määriä yksittäisiä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Näytteessä ei esiinny yhtään yhdistettä, jolle on erikseen määritetty alle 50 µg/m<sup>3</sup> toimenpideraja. Tutkimustulokset ovat olemassa olevien viitearvojen perusteella normaalit.

### 6.1.2 FLEC-näyte lattiasta

VOC -näyte otettiin kohdistettuna opetustilan 5 lattiasta 27.02.2020 FLEC-näytteenottomenetelmää käyttäen. Mittaustulokset kuvassa 10. Tilassa on lattiapinnoitteena keraaminen laatta.

Yhdiste	VOC µg/m <sup>2</sup>	Tulkinta
<b>TVOC</b>	<b>&lt;20</b>	Näytteessä ei esiinny materiaalien hajoamiseen viittaavia yhdisteitä.

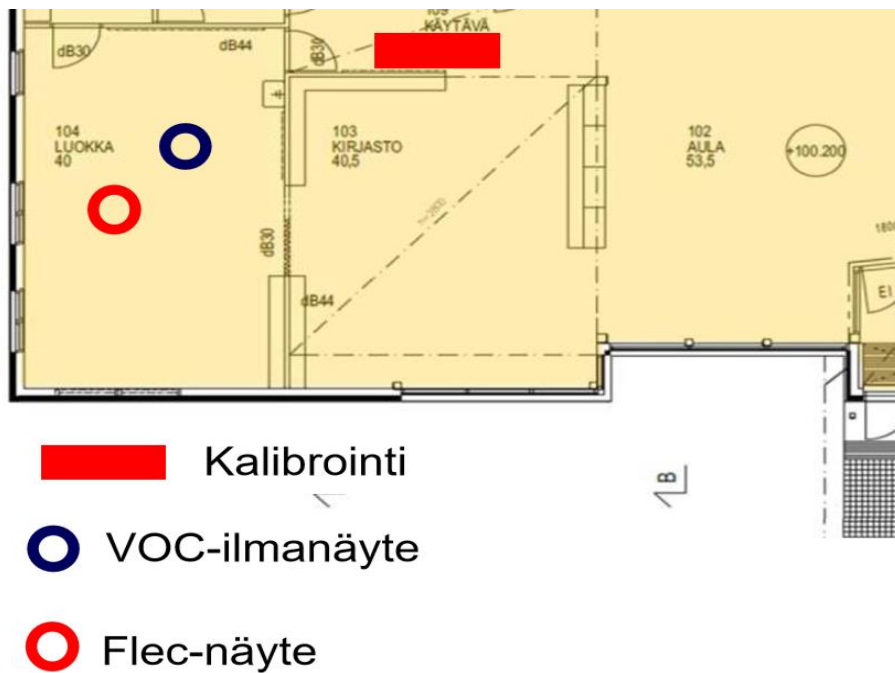
Kuva 10. FLEC-näytteen tulokset (Vahanen 2020)

FLEC-emissioanalyysien tulosten mukaan tutkitun tilan lattiapinnoitteen emissiot ovat erittäin pieniä, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta tutkittujen tilojen sisäilman laatuun.

Sisäilman VOC-näytteessä tutkitun tilan yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet sekä yhteenlasketut pitoisuudet (TVOC) alittavat selkeästi niille asetetut STMa 545/2015:n mukaiset raja-arvot. FLEC-emissioanalyysien tuloksen mukaan tutkitun tilan lattiapinnoitteen emissiot ovat erittäin pieniä, eikä näytteiden yksikään yhdiste ylittänyt niiden määrittämisrajaa. Tutkimustulokset ovat olemassa olevien viitearvojen perusteella normaalit, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta tutkittujen tilojen sisäilman laatuun.

## 6.2 Taitojen talo

Tutkimusten tavoitteena oli selvittää luokkatilan 19 (kuva 11) lattiarakenteen ja sisäilman haihtuvien yhdisteiden pitoisuuksia aiemmin tehtyjen korjaustoimien jälkeen. Tutkimukset tehtiin 27.2.2020 ja tutkimuksen tekijänä oli Vahanen Jyväskylä Oy.



Kuva 11. Mittauspisteet (Vahanen 2020)

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) mitattiin keräämällä ilmapumpulla 103 ml/min Tenax-TA adsorbentilla täytettyyn putkimaiseen ATD-keräimeen sisäilmasta 90 minuutin ajan ja kohdistettuna FLEC-näytteenä lattiamateriaalista 30 minuutin ajan. Näytteet toimitettiin analysoitaviksi Työterveyslaitoksen laboratorioon Helsinkiin.

### 6.2.1 VOC-ilmanäyte

VOC-näyte otettiin sisäilmasta 27.2.2020 Laukaan Taitojen talon luokkatilasta 19. Näyte otettiin tilan keskeltä noin metrin korkeudelta lattiasta. Ilmanäytteen tulokset kuvassa 12. Näytteenottopaikka on merkitty yllä olevaan pohjakuvaan.

Yhdiste	VOC µg/m <sup>3</sup>	Tulkinta
Aromaattiset hiilivedyt		Ei poikkeavaa
Bentseeni	0,5	
Tolueneeni	0,4	
Terpeenit ja niiden johdannaiset		
a-Pineeni	0,9	
b-Pineeni	0,3	
Aldehydit		
Bentsaldehydi	0,9	
Nonanaali	0,3	
Ketonit		
Asetofenoni	0,5	
<b>TVOC</b>	<b>&lt; 10</b>	

Kuva 12. Ilmanäytteen tulokset (Vahanan 2020)

Tutkittujen tilojen yksittäisten yhdisteiden ja yhteenlasketut pitoisuudet (TVOC) alittavat niille asetetut STM 545/2015:n mukaiset raja-arvot. Mittaustulosten perusteella sisäilmassa esiintyy hyvin pieniä määriä yksittäisiä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Näytteessä ei esiinny yhtään yhdistettä, jolle on erikseen määritetty alle 50 µg/m<sup>3</sup> toimenpideraja. Tutkimustulokset ovat olemassa olevien viitearvojen perusteella normaalit.

### 6.2.2 FLEC-näyte lattiasta

VOC-näyte otettiin kohdistettuna lattiasta 27.2.2020 opetustilasta 19 FLEC-näytteenottomenetelmää käyttäen. Tilassa on lattiapinnoitteena keraaminen laatta. Mit-taustulokset kuvassa 13. Näytteenottoaika on merkitty kappaleessa 6.2 olevaan Taitojen talon pohjakuvaan.

Yhdiste	VOC µg/m <sup>2</sup> h	Tulkinta
Aromaattiset hiilivedyt		Näytteessä esiintyy pieninä pitoisuutena yhdisteitä joilla ei ole merkitystä sisäilmasto olosuhteisiin
Bentsyylialkoholi	3	
1-Butanoli	3	
Aldehydit		
Bentsaldehydi	1	
<b>TVOC</b>	<b>&lt; 20</b>	

Kuva 13. FLEC-näytteen tulokset (Vahananen 2020)

FLEC-emissioanalyysin tuloksen mukaan tutkitun tilan lattiapinnoitteen emissiot ovat erittäin pieniä. Tutkimustulokset ovat olemassa olevien viitearvojen perusteella normaalit, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta tutkittujen tilojen sisäilman laatuun.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Muovipinnoitteiden ja liimojen aiheuttamat päästöt ovat iso osa Laukaan kunnan kiinteistöissä tehtävistä sisäilmakorjauksista. Lattiapinnoitteiden ongelmat eivät liity minkään tietyn aikakauden kiinteistöihin, vaan ongelmia on ilmennyt niin vanhoissa alkuperäisissä, vanhoissa ja saneeratuissa kuin myös muutaman vuoden vanhoissa lattiarakenteissa. Sisäilmasta johtuvaa oireilua on ollut vinyylipinnoitteisten lattioiden lisäksi myös linoleumi pinnoitteisissa tiloissa. Tämä herättää miettimään, mikä niin usein epäonnistuu varsinkin uudemmissa kohteissa. Ohjeistuksia tänä päivänä kyseisten pinnoitteiden asennuksen sekä asennuspohjan olosuhteiden osalta on tarjolla. Tapahtuuko virheet kosteusmittauksessa, valvonnassa, asennustyössä vai näiden yhteisvaikutuksesta. Pinnoitteiden elinkaari jää useasti kuitenkin todella lyhyeksi ongelmien takia ja kalliita korjauksia joudutaan suorittamaan, vaikka itse pinnoite olisi päällisin puolin hyväkuntoinen. Tästä syystä kunnan kiinteistöissä on luovuttu liimattavista muovipinnoitteista lähes kokonaan ja korvaavana tuotteena on useimmiten ollut keraaminen laatta.

Laukaan kunnassa kapselointitekniikkaa on sisäilmakorjauksissa käytetty noin kymmenen vuotta. Sisäilmahaittaa aiheuttavien lattioiden korjauksessa se on ollut ainoa korjaustapa. Perusteluna siihen on ollut alhaiset korjauskustannukset sekä nopeus ilman suuria purkutöitä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on toimia laadunvarmistuksena tehdyille korjauksille ja selvittää saneerauksen muutosta sisäilmaan. Sisäilmaongelmat ovat useasti moninaisia, eikä yksittäisen vian korjaaminen aina poista koettua haittaa. Onnistuneilla lattiasaneerauksilla voidaan kuitenkin poistaa ongelmakohteista yksi sisäilmaoireilun aiheuttaja.

Ensimmäinen tutkituista kohteista oli Vehniän koulu, jossa lattiasaneeraus oli tehty kesällä 2013. Muovimaton ja tasoitteen jyrsinän jälkeen kupunäytteellä mitatut kokonaisemissiöt olivat erittäin korkeat, TVOC pitoisuus oli  $2143 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 2-etyyli-1-heksanoli  $1359 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lisäksi tolueeni emissioita  $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tulokset viittasivat vaurioon muovimatossa.

Tätä tutkimusta varten helmikuussa 2020 otetuissa näytteissä muutos oli huomattava. Vaikka eri näytteenottomenetelmillä saatuja tuloksia ei voida suoraan verrata toisiinsa, vauriota indikoivia yhdisteitä ei uusissa näytteissä enää ollut. Ilmanäytteen

yhteenlasketut pitoisuudet (TVOC) olivat erittäin alhaiset (alle  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). FLEC-emissioanalyysien tuloksen mukaan tutkitun tilan lattiapinnoitteen emissiot ovat erittäin pieniä, eikä näytteiden yksikään yhdiste ylittänyt niiden määräysrajaa. Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että kapseloimalla tehty korjaus on onnistunut.

Toisen kohteen, Taitojen talon ensimmäiset vuonna 2018 otettujen näytteiden kokonaisemissiot TVOC olivat suuruudeltaan  $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ . Näytteessä suurimpina yksittäisinä yhdisteinä esiintyivät muut alifaattiset ja alisykliset hiilivedyt pitoisuudella  $430 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{g}$ , niiden pitoisuus johtuu näytteeseen kiinnittyneestä lattiatasoitteesta ja betonista. Vaikka linoleumimatosta otettujen VOC-näytteiden tuloksia voidaan pitää tavanomaisina, lattiasaneeraukseen päädyttiin kiinteistön käyttäjien oireilujen vuoksi. Osalla käyttäjistä ilmeni hengitystieongelmia sekä silmä- ja iho-oireita.

Uusissa, helmikuussa 2020 otetuissa Taitojen talon ilma- ja FLEC-näytteissä, esiintyy vain hyvin pieniä määriä yksittäisiä yhdisteitä. Nyt vuosi lattiaremontin jälkeen tehdyssä kyselyssä käy ilmi, että lattialaatoituksen ja perussiivouksen jälkeen koko talon ilmanlaatu vaikuttaa paremmalta kuin aiemmin. Henkilökunnasta ei kenelläkään ole ollut sisäilman laatuun liittyviä ongelmia remontin valmistumisen jälkeen. Tulosten perusteella voidaan todeta, että myös tämä kapseloimalla tehty korjaus on onnistunut.

Lattiasaneerauksien onnistumista parantaisi myös korjattavan tilan tuulettaminen jyrsinän ja kapselointityövaiheen välissä. Aikataulujen takia se ei ole aina mahdollista, mutta esim. kahden viikon tehokas tuuletus ja tilan lämpötilan nostaminen poistaisi betonista ison osan siihen imeytyneitä yhdisteitä. Tämä antaisi kapseloinnille vielä lisävarmuutta.

## LÄHTEET

- Kolu, P. 2013. [Verkkajulkaisu]. VOC-vaurioituneiden ja mattopinnoitettujen betonilattioiden korjaushanke projektihallinnan näkökulmasta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 21.2.2020]. Saatavana: <https://docplayer.fi/16282363-Voc-vaurioituneiden-ja-mattopinnoitet-tujen-betonilattioiden-korjaushanke-projektihallinnan-nakokulmasta.html>
- Kylliäinen, K. 7.2010.[Verkkajulkaisu]. Betonirakenteiden VOC-emissiot ja niiden vähentäminen lämmittämällä. Itä-Suomen yliopisto. Opinnäytetyö. [Viitattu 18.3.2020]. Saatavana: [https://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-0052-4/](https://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-0052-4/)
- Mikrobioni. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Kemiaaliset analyysit, VOC-analyysi materiaalinäytteestä. [Viitattu 2.3.2020]. Saatavana: <https://mikrobioni.fi/analyysipalvelut/kemiaaliset-analyysit/>
- PTS-Kiinteistötekniikka Oy. 18.10.2013. Raportti VOC-kupunäytteet. [Viitattu 12.3.2020]. Saatavana Laukaan kunta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Sisäilmayhdistys ry. 2008. [Verkkajulkaisu]. Terveelliset tilat. [Viitattu 14.2.2020]. Saatavana: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat>
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 23.4.2015. [Verkkajulkaisu]. 545/2015 15§. [Viitattu 17.2.2020]. Saatavana: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545#Pidp446311824>
- Työterveyslaitos. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Näytteenotto-ohje bulk- eli kokonaisemissiota varten. [Viitattu 2.3.2020]. Saatavana: <https://www.ttl.fi/service-document/naytteenotto-ohje-materiaalien-bulk-eli-kokonaisemissiotutkimustavarten/>
- Valvira 2016a. Päivitetty 22.2.2016. [Verkkajulkaisu]. Sisäilman kemikaalit. [Viitattu 14.2.2020]. Saatavana: <https://www.valvira.fi/ymparistoverveys/terveyden-suojelu/asumisterveys/kemikaalit>
- Valvira 2016b. Päivitetty 30.11.2016. [Verkkajulkaisu]. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016 osa 3. [Viitattu 26.2.2020]. Saatavana: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7a-df6ef7ee0e9c>
- Valvira. 27.3.2017. [Verkkajulkaisu]. Ohje asunnon terveyshaitan selvittämiseen. [Viitattu 14.2.2020]. Saatavana: [https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Ohje\\_asunnon\\_terveyshaitan\\_selvittamisprosessiin.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Ohje_asunnon_terveyshaitan_selvittamisprosessiin.pdf)



Valvira. 9.9.2011. [Verkkajulkaisu]. Lausunto VOC-mittaustulosten tulkinnasta asuntojen terveyshaitta-asioissa. [Viitattu 8.2.2020]. Saatavana: <https://www.valvira.fi/-/lausunto-voc-mittaustulosten-tulkinnasta-asuntojen-terveyshaitta-asioissa>