

# **Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu**

Sanna Kallio

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Kallio, Sanna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä toukokuu 2017
	Sivumäärä 74	Julkaisun kieli suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu</b>		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Korpinen Jussi, Konttinen Jukka (JAMK), Jokipii Marko, Ahola Susanna (Ramboll Finland Oy)		
Toimeksiantaja(t) Ramboll Finland Oy		
Tiivistelmä <p>Toukokuussa 2015 voimaan tullut Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista toi mukanaan vaatimuksen tarkastella mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuutta toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa. Ramboll Finland Oy:n kehittämissä hankkeissa täydennetään kuntotutkimusraporttipohjan tutkimusmenetelmät-liitettä vastaamaan uutta asetusta. Tätä varten tavoitteena oli selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat mikrobien ilma- ja materiaalinäytteenoton sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ilma-, materiaali- sekä pintaemissionäytteenoton mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuteen ja miten sisäilma-asiantuntijan tulee huomioida mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuus tulosten tarkastelussa.</p> <p>Mittaus- ja näytteenottotapahtumaan vaikuttavia epävarmuustekijöitä selvitettiin kirjallisuuskatsauksena ja sanallisen epävarmuustarkastelun vaikutusta toimenpiderajan ylittymiseen kyselytutkimuksella, minkä tulokset analysoitiin laadullisesti.</p> <p>Tuloksena saatiin selvitettyä mittaus- ja näytteenottotapahtumassa vaikuttavia epävarmuustekijöitä ja niiden vaikutuksia tulokseen. Sanallista epävarmuustarkastelua toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa ei useissa yrityksissä olla vielä otettu käyttöön. Vaikka opinnäytetyössä saatiin selville eri näkökulmia siihen, kuinka sanallinen epävarmuustarkastelu tulisi laatia, on edelleen epäselvää, miten numeerinen ja sanallinen epävarmuus tulee yhdistää. Epävarmuustarkasteluun liittyvää ohjeistusta tarvitaan lisää.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Asumisterveysasetus, sanallinen epävarmuustarkastelu, toimenpiderajan ylittyminen, mittaus- ja näytteenottotapahtuma		
Muut tiedot		

Author(s) Kallio, Sanna	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: finnish
	Number of pages 74	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Verbal uncertainty assessment of measuring and sampling event of indoor air surveys</b>		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Korpinen Jussi, Konttinen Jukka (JAMK), Jokipii Marko, Ahola Susanna (Ramboll Finland Oy)		
Assigned by Ramboll Finland Oy		
Abstract  <p>The Decree of the Ministry of Social Affairs and Health on Health-related Conditions of Housing and Other Residential Buildings and Qualification Requirements for Third-party Experts, which came into effect in May 2015, carried with it the requirement to perform the uncertainty assessment regarding the measuring and sampling event, when evaluating whether an action limit is exceeded. The development project of Ramboll Finland Oy completes the survey method annex of the condition survey report template to match the new decree. Therefore, the aim was to find out which factors affect the uncertainty of the measurement and sampling event of the air and material sampling of microbes and air, material and surface emission sampling of volatile organic compounds and how the indoor air specialist should take into consideration the uncertainty of the measurement and sampling event in the inspection of the results.</p> <p>The uncertainty factors affecting the measurement and sampling event were gathered using literature review and the effect of the verbal uncertainty assessment on the exceeding of an action limit with survey the results of which were analyzed qualitatively.</p> <p>As a result, the uncertainties affecting the measurement and sampling event and their effect on the result were clarified. In many companies, the verbal uncertainty assessment has not yet been implemented. Although the thesis revealed different perspectives on how to formulate a verbal uncertainty assessment, it still remains unclear how the numeric and verbal uncertainty should be combined. More guidance is needed for the uncertainty assessment.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) The decree of the residential health, verbal uncertainty assessment, exceeding of an action limit, measurement and sampling event		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>4</b>
1.1	Keskeisimmät käsitteet .....	4
1.2	Tausta .....	6
1.3	Tavoitteet ja rajaukset.....	7
1.4	Tutkimus- ja analyysimenetelmät .....	8
<b>2</b>	<b>Mittausvirhe ja mittausepävarmuus yleensä .....</b>	<b>10</b>
2.1	Karkea, systemaattinen ja satunnainen virhe .....	10
2.2	Mittausvirhettä ja -epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä .....	11
2.3	Mittausepävarmuuden huomioiminen mittaustekniikassa .....	12
2.4	Mittausepävarmuuden määrittäminen.....	13
<b>3</b>	<b>Lainsäädäntö ja ohjeistus.....</b>	<b>14</b>
3.1	Muutokset lainsäädännössä ja ohjeistuksessa .....	14
3.2	Voimassa oleva lainsäädäntö ja ohjeistus.....	14
3.2.1	Asumisterveysasetus .....	14
3.2.2	Asumisterveysasetuksen soveltamisohje .....	15
3.2.3	Työterveyslaitoksen ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen .....	16
<b>4</b>	<b>Mittaus- ja näytteenottomenetelmät.....</b>	<b>16</b>
4.1	Mikrobien näytteenottomenetelmät.....	17
4.1.1	Sisäilman mikrobinäyte .....	17
4.1.2	Mikrobinäyte materiaalista .....	22
4.2	Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteenottomenetelmät .....	24
4.2.1	Sisäilman VOC-näyte.....	24
4.2.2	Pintaemissiomittaus .....	27
4.2.3	VOC-materiaalinäyte .....	31
<b>5</b>	<b>Mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijät.....</b>	<b>32</b>
5.1	Sisäilman mikrobinäytteenottotapahtuman epävarmuus.....	32

5.2	Mikrobien materiaalinäytteenottotapahtuman epävarmuus .....	37
5.3	Sisäilman VOC-näytteenottotapahtuman epävarmuus .....	39
5.4	Pintaemissiomittaustapahtuman epävarmuus .....	42
5.5	VOC-materiaalinäytteenottotapahtuman epävarmuus.....	43
<b>6</b>	<b>Mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuden huomioiminen ja vaikutus toimenpiderajan ylittymiseen .....</b>	<b>44</b>
6.1	Toimenpiderajan ylittyminen .....	44
6.2	Epävarmuuden huomioiminen.....	47
6.3	Epävarmuustarkastelu.....	47
<b>7</b>	<b>Kyselytutkimuksen tulokset .....</b>	<b>49</b>
7.1	Kyselyn toteutus.....	49
7.2	Taustatiedot .....	50
7.3	Toimenpiderajan ylittyminen .....	51
7.4	Sanallisen epävarmuustarkastelun vaikutus toimenpiderajan ylittymiseen 55	
<b>8</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>63</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>66</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>70</b>

## **Kuviot**

Kuvio 1.	Epävarmuuden huomiointi raja-arvon ylittymisen arvioinnissa .....	12
Kuvio 2.	Andersen 6-vaihekeräin .....	17
Kuvio 3.	Andersen 6-vaihekeräin purettuna .....	18
Kuvio 4.	Tenax-putki ja Gilian pumppu .....	25
Kuvio 5.	Pintaemissiomittaus FLEC-menetelmällä standardin SFS ISO 16000-10 mukaan.....	29
Kuvio 6.	Pintaemissiomittaus FLEC-menetelmällä ohjeen NT Build 484 mukaan .....	29

Kuvio 7. Asumiseen liittyvät toiminnot kohottavat sisäilman sieni-itiöpitoisuutta.....	35
Kuvio 8. Pertti Metiäisen esitys toimenpiderajan ylittymisestä mittausepävarmuus huomioiden .....	45
Kuvio 9. Sisäilmaan liittyvien kenttätutkimusten tekeminen (n = 18) .....	51
Kuvio 10. Kyselyyn vastanneiden kokemus sisäilmateknisistä asioista vuosina (n = 18) .....	51
Kuvio 11. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun mittaustulos on epävarmuuksineen toimenpiderajan alapuolella (n = 17) .....	52
Kuvio 12. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään ja varsinainen mittaustulos alittaa toimenpiderajan lievästi (n = 16) .....	53
Kuvio 13. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään ja varsinainen mittaustulos ylittää toimenpiderajan lievästi (n = 16) .....	53
Kuvio 14. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun mittaustulos on epävarmuuksineen toimenpiderajan yläpuolella (n = 16) .....	54
Kuvio 15. Väittämä mittaus- tai näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun perusteella tehtävistä johtopäätöksistä (n = 18).....	56
Kuvio 16. Mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun käyttöönotto kyselyyn vastanneiden yrityksissä (n = 18) .....	58

## **Taulukot**

Taulukko 1. Kyselyyn vastanneiden koulutus (n=18) .....	50
---	----

# 1 Johdanto

## 1.1 Keskeisimmät käsitteet

**Adsorbentti:** VOC-yhdisteiden erottelumenetelmässä (kaasukromatografiassa) käytetty kiinteä aine, jonka pintaan yhdisteet voivat tarttua (Kromatografiset menetelmät n.d.).

**Altisteen toimenpideraja:** Asumisterveysasetuksessa (A 545/2015) määritelty pitoisuus, mittaustulos tai ominaisuus, jolloin sen, kenen vastuulla haitta on, tulee ryhtyä terveydensuojelulain edellyttämiin toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa poistamiseksi tai rajoittamiseksi (A 545/2015, 2 §).

**Asumisterveysasetus:** 15.5.2015 voimaan tullut Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (A 545/2015).

**Diffuusio:** Aineiden siirtyminen väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan. Diffuusiossa pitoisuuserot tasoittuvat. (Diffuusio 2006.)

**Emissio:** Epäpuhtauksien haihtuminen ilmaan materiaalin pinnasta (Tieteen termipankki 2014b).

**FLEC:** Field and Laboratory Emission Cell -laitteistolla mitataan materiaalien pintaemissioita (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 5-6).

**Kalibrointi:** Mittauslaitteen epävarmuuden määrittäminen, jossa laitteen antamia arvoja verrataan mittastandardeihin (Keinänen & Järvinen 2014, 173).

**Kemiallinen tekijä:** Terveydelle haitallisia hiukkasmaisia tai kaasumaisia orgaanisia tai epäorgaanisia aineita tai yhdisteitä, jotka ovat peräisin esimerkiksi rakennusmateriaaleista tai rakennuksen muista tiloista. Tässä opinnäytetyössä kemiallisten tekijöiden osalta käsitellään vain haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 6.)

**Kenttänollanäyte:** Esimerkiksi sisäilman VOC-näytteenotossa mukana pidettävä näytteenottoputki, jota ei avata, eikä käytetä näytteenottoon. Laboratorio varmistaa

kenttänollanäytteen avulla näytteenottoputkien, niiden kuljetuksen ja säilytyksen puhtautta. (VOC-näytteenotto-ohje 2017, 2.)

**Kontaminaatio:** Ei toivottujen osatekijöiden läsnäolo, esimerkiksi mikrobien joutuminen sisäilmatutkijan vaatteista sisäilmasta otettavaan mikrobinäytteeseen, joka voi aiheuttaa näytteen saastumisen ja tuloksen vääristymisen (Terveyskirjasto 2016).

**Mikrobi:** Mikrobeja ovat home- ja hiivasienet sekä bakteerit (Asumisterveysopas 2009, 145).

**Ohjearvo:** Ennen Asumisterveysasetuksen voimaantuloa voimassa olleessa Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohjeessa käytetty termi, jolla tarkoitetaan viranomaisten antamia ohjearvoja, jotka määrittävät eri tekijöiden määrää tai pitoisuutta sisäilmassa, jota ei tule ylittää (Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki E. & Reiman, M. 2012, 33).

**Oleskeluvyöhyke:** Huonetilan osa, jossa sisällä olevat pääasiassa oleskelevat ja jonka yläpinta rajoittuu 1,8 metrin korkeuteen, alapinta lattiaan ja sivupinnat 0,6 metrin etäisyydelle seinistä tai muusta vastaavasta kiinteästä rakennuksen osasta (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 5-6).

**Reaktiivinen:** Kemialliseen reaktioon helposti osallistuva (Tieteen termipankki 2014b).

**Sisäilma:** Rakenteiden rajaamalla alueella olevaa ilmaa, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia (Perustietoa sisäilmasta n.d.).

**Tavanomaiset olosuhteet:** Tavanomaisilla olosuhteilla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä tilan tavanomaista käyttöä vastaavia olosuhteita. Esimerkiksi VOC-yhdisteitä mitattaessa on ilmanvaihdon näytteenottotilassa vastattava altistumisen kannalta tavanomaista tilannetta. (A 545/2015, 4 §, 14 §.)

**Terveyshaitta:** Merkittävä, haitallinen terveysvaikutus (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 227).

**Toistettavuus:** Peräkkäisten mittaustulosten yhdenpitävyys, kun mitataan samaa kohdetta samoissa olosuhteissa (JCGM 100:2008).



**TVOC:** Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (Total Volatile Organic Compound) (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 4).

**Vertailunäyte:** Sellainen pinta-, materiaali- tai ilmanäyte, joka on otettu vastaavasta rakennuksen sisäpinnan alueesta, rakenteen osasta tai tilasta kuin vaurionäyte, mutta jossa ei ole näkyvää kasvustoa, kosteusjälkiä, poikkeavaa hajua ja jonka asukkaat eivät oireile (Asumisterveysopas 2009, 145).

**Viitearvo:** Yksittäisten tekijöiden (esim. kemialliset yhdisteet, fysikaaliset suureet, biologiset epäpuhtaudet) tutkimuksissa todettu määrä tai pitoisuus sisäilmassa. Työterveyslaitos on koonnut viitearvoja toimistojen sisäilman tavanomaisista epäpuh- taustasoista. Viitearvot eivät ole terveysterveysteisiä ja riippuvat usein toimintaympä- ristöstä. Viitearvot eivät ole viranomaisten asettamia toimenpideraja-arvoja, mutta ne auttavat tunnistamaan poikkeavia mittaustuloksia, arvioimaan lisäselvitystarvetta ja mahdollista yhteyttä koettuihin haittoihin. (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongel- mien selvittämiseen 2016, 6-53.)

**VOC:** Haihtuva orgaaninen yhdiste (Volatile Organic Compound). Orgaaninen yhdiste, jonka kiehumispiste on 50-260 °C. VOC-yhdisteitä haihtuu esimerkiksi rakennusmate- riaaleista, huonekaluista ja puhdistusaineista. (A 545/2015, 2 §; Asumisterveysase- tuksen soveltamisohje 2016b, 5.)

## 1.2 Tausta

Toukokuussa 2015 tuli voimaan Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Asetuksessa on kohta, jossa vaaditaan mittaus- tai näytteen- ottotapahtuman epävarmuustarkastelu toimenpiderajan ylittymisen arviointia varten (A 545/2015, 4 §). Valviran Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa täsmenne- tään, että näytteenotosta tai mittauksesta arvioidaan mittaus- tai näytteenottopai- kan ja olosuhteen merkitystä mittaus- tai analyysitulokseen ja siihen, kuinka edusta- vana kyseistä näytettä tai mittauksia voidaan pitää terveyshaitan kokonaisarvion nä- kökulmasta. Soveltamisohjeessa mainitaan myös, että tarkastuskertomukseen on lii- tettävä sanallinen mittaus- ja näytteenottotapahtumaan liittyvä epävarmuustarkas- telu. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 9-10.)

Opinnäytetyössä selvitetään, mitkä tekijät vaikuttavat mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuteen ja millä tavalla sekä miten sisäilma-asiantuntijan tulee huomioida mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuus tulosten tarkastelussa. Opinnäytetyössä tarkastellaan myös aikaisempien ohjeiden viittauksia mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuteen.

Aihe on kansallisesti merkittävä, koska uusi asetus tuo mukanaan vaatimuksen tarkastella mittaus- tai näytteenottotapahtuman epävarmuutta mittalaitteiden, analyysimenetelmien ja laboratorioanalyysien mittausepävarmuuksien lisäksi toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa.

Mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun tekemisestä ei ole tällä hetkellä olemassa yksityiskohtaisempaa ohjetta kuin Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohje ja tämän vuoksi sanallisen epävarmuustarkastelun kirjoittaminen on hankalaa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Ramboll Finland Oy. Osa opinnäytetyöstä sisällytetään Ramboll Finland Oy:n korjausrakentamisen toimialan kehityshankkeen Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raporttimallin Tutkimusmenetelmät-liitteeseen.

### 1.3 Tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on koota yhteen sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuteen liittyvää tietoa ja helpottaa siten sanallisen mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustarkastelun kirjoittamista.

Tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuteen, miten näytteenotosta tai mittauksesta arvioidaan mittaus- tai näytteenottoa paikan ja olosuhteen merkitystä mittaus- tai analyysitulokseen ja miten arvioidaan kuinka edustavana kyseistä näytettä tai mittausta voidaan pitää terveyshaitan kokonaisarvion näkökulmasta sekä miten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuus vaikuttaa toimenpiderajan ylittymiseen.

Opinnäytetyö rajataan niin, että tarkastellaan mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuden osalta vain mikrobien ilmanäytteenottoa ja materiaalinäytteenottoa

sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ilma-, materiaali- sekä pintaemissionäytteenottoa. Tämä rajaus mahdollistaa syvällisemmän perehtymisen aiheeseen.

#### 1.4 Tutkimus- ja analyysimenetelmät

Opinnäytetyössä käytetään sekä kvalitatiivisia, että kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Opinnäytetyön kyselytutkimus suoritetaan käyttäen kvantitatiivisen menetelmän survey-tutkimusmenetelmää. Kyselytutkimuksella pyritään selvittämään, kuinka sisäilma-asiantuntijan tulisi huomioida mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuus toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa. Tutkimusaineisto kuitenkin analysoidaan kvalitatiivisesti pienen otannan vuoksi. Opinnäytetyössä survey-tutkimusmenetelmän lisäksi käytetään kirjallisuuskatsausta. Kirjallisuuskatsauksessa pyritään koamaan yhteen sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöitä. Opinnäytetyön aineistonkeruumenetelminä käytetään siis kyselyä ja kirjallisuutta.

Kyselytutkimuksen etuna on, että niiden avulla saadaan kerättyä helposti tutkimusaineistoa ja kyselyssä voidaan kysyä monia asioita. Aineisto voidaan käsitellä nopeasti tallennettuun muotoon. Kyselymenetelmällä voidaan säästää tutkijan aikaa. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2016, 195.)

Kysely toteutetaan survey-tutkimuksena. Hirsjärven ja muiden mukaan Survey-tutkimuksella tarkoitetaan sellaisia kyselyn muotoja, joissa koehenkilöt muodostavat otoksen tietystä perusjoukosta ja joissa aineisto kerätään standardoidusti. Standardoituus tarkoittaa, että esimerkiksi koulutusta kysytään kaikilta vastaajilta samalla tavalla. Survey-tutkimuksella kerätyn aineiston avulla pyritään selittämään, kuvailemaan ja vertailemaan ilmiötä. Yleensä survey-tutkimuksissa käytetään kyselylomaketta. Kyselylomakkeella voidaan kerätä tietoa vastaajien käsityksistä, mielipiteistä ja tiedoista. Lomakkeilla voidaan lisäksi pyytää perusteluja mielipiteille. (Hirsjärvi ym. 2016, 134-197.)

Kyselyssä käytetään monivalintakysymyksiä, asteikkoihin perustuvaa kysymystyyppiä sekä avoimia kysymyksiä. Avoimia kysymyksiä käytetään tämän opinnäytetyön kyselytutkimuksessa, koska ne antavat vastaajalle mahdollisuuden ilmaista mielipiteensä

ja muut ajatuksensa vapaasti. Avoimet kysymykset auttavat myös monivalintatehtäviin annettujen poikkeavien vastausten tulkinassa. Monivalintakysymykset puolestaan kahlitsevat vastaajan valitsemaan vastauksensa valmiiksi annetuista vaihtoehdoista, mutta ne tuottavat vastauksia, joita on helpompi käsitellä tietokoneella. Monivalintakysymyksiä ja asteikkoihin perustuvia kysymystyyppejä käytetään tämän opinnäytetyön kyselytutkimuksessa, koska ne mahdollistavat vastausten mielekkään vertailun, kun jokaiselle vastaajalle on tarjolla samat vastausvaihtoehdot. Monivalintakysymykset helpottavat kyselyyn vastaajaa, kun valmiit vastausvaihtoehdot on annettu. (Hirsjärvi ym. 2016, 201.) Kyselyn asteikkoihin perustuvissa kysymyksissä käytetään vastausvaihtoehtoina likert-asteikkoa. Likert-asteikossa on ääripäästä toiseen olevia vastausvaihtoehtoja ja sillä voidaan mitata mielipiteiden eri asteita kyllä/ei-kysymysten sijaan ja näin olleen asteikkoa voi hyödyntää vaikeissa tai arkaluontoisissa aiheissa. (Likert-asteikko n.d.)

Hirsjärven ja muiden mukaan kyselytutkimuksen haittoja ovat, että ei voida olla varmoja, kuinka vakavasti vastaajat ovat suhtautuneet tutkimukseen ja ovatko vastaajat pyrkineet vastaamaan huolellisesti. Ei myöskään tiedetä, ovatko vastausvaihtoehdot olleet vastaajan näkökulmasta onnistuneita. Mahdollisia kyselytutkimuksessa tapahtuvia väärinymmärryksiä on vaikea kontrolloida. Myöskään ei tiedetä, kuinka selvillä vastaajat ovat aihealueesta, josta kysymyksiä esitetään. (Hirsjärvi ym. 2016, 195.)

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa tutkitaan kirjallisuutta, julkaisuja ja aiempia tutkimuksia mikrobien ilma- ja materiaalinäytteenoton sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ilma-, materiaali- ja pintaemissionäytteenoton mittaus- ja näytteenotto-tapahtuman epävarmuuteen liittyen. Opinnäytetyössä perehdytään voimassa olevaan lainsäädäntöön ja ohjeisiin sisäilmatutkimusten mittauksiin ja näytteenottoon liittyen sekä tutkitaan, miten sisäilmatutkimusten epävarmuustarkasteluun viitataan ennen asumisterveysasetusta voimassa olleissa ohjeissa ja mitä muutoksia asumisterveysasetus tuo aikaisempaan ohjeistukseen. Opinnäytetyössä tutkitaan myös aineistoja, jotka jollain tapaa viittaavat siihen, miten sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu vaikuttaa toimenpiderajan ylittymiseen.

Hirsjärven ja muiden (2009, 193-194) mukaan survey-tutkimuksen aineisto käsitellään yleensä kvantitatiivisesti. Tässä opinnäytetyössä kyselytutkimuksen otanta on

pieni, joten tutkimustulokset analysoidaan laadullisesti. Hirsjärven ja muiden (2009, 224) mukaan laadullisessa tutkimuksessa aineiston analysointiin ei ole olemassa tiukoja sääntöjä. Tässä opinnäytetyössä analyysimenetelmänä käytetään kvalitatiivista analyysimenetelmää: sisällön analyysia. Tutkimuksissa, joissa pyritään joko sanallisesti tai tilastollisesti kuvailemaan dokumenttien sisältöä, käytetään sisällön analyysia. Sisällön analyysissa kuvataan analysoitavan materiaalin rakennetta tai sisältöä tai molempia. (Seitamaa-Hakkarainen 2014.)

## **2 Mittausvirhe ja mittausepävarmuus yleensä**

Mittaustulos ei ole koskaan täysin oikein, vaan jokaisessa mittaustuloksessa on jonkin verran virhettä. Mittausvirhe on havainnoitavan suureen todellisen ja mitatun arvon ero. Mittaustuloksen yhteydessä tulee ilmoittaa mittausepävarmuus, joka on arvio mittaustuloksen suuruudesta. Mittausepävarmuus kuvaa mittaussuureen arvojen odotettua vaihtelua. (Keinänen & Järvinen 2014, 95-98.)

### **2.1 Karkea, systemaattinen ja satunnainen virhe**

Mittausvirhettä on kolmea eri lajia: karkea, systemaattinen ja satunnainen virhe (Keinänen & Järvinen 2014, 95).

Karkeaa virhettä syntyy, jos esimerkiksi mittalaitteeseen tulee toimintahäiriö tai jos tulos luetaan väärin. Yleensä mittaustulokset hylätään, mikäli niissä epäillään olevan karkeaa virhettä ja mittaajalla on selvä käsitys, mistä karkea virhe saattaa aiheutua. (Mts. 95.)

Systemaattinen virhe muuttuu säännönmukaisella tavalla tai on aina sama ja se johtuu käytetystä mittalaitteesta tai mittausten menetelmästä. Mittalaitteissa olevan systemaattisen virheen minimoimiseksi laite tulee kalibroida. (Mts. 95-98.)

Satunnaista virhettä voi aiheutua useista, toisistaan riippumattomista tekijöistä. Mittalaitteen ollessa erittäin tarkka satunnaisen virheen osuus kasvaa. Mikäli mittaukset toistetaan monta kertaa, eri suuntiin olevat virheet kumoavat toisensa, eikä satunnainen virhe näin ollen aiheuta harhaa tuloksiin. Satunnaista virhettä kutsutaan myös tilastolliseksi virheeksi. (Mts. 95-98.)

## 2.2 Mittausvirhettä ja -epävarmuutta aiheuttavia tekijöitä

Mittalaitteista voi aiheutua mittausvirhettä. Mittalaitteen kunto voi heikentyä, jolloin mittausvirheet lisääntyvät tietyillä mittausalueilla. Tästä aiheutuvaa virhettä voidaan kuitenkin pienentää toimivan kalibrointijärjestelmän avulla. Lisäksi mittalaitteiden epäpuhtaus voi aiheuttaa mittausvirhettä. (Keinänen & Järvinen 2014, 96.) Mittalaitteen valmistaja määrittelee laitteen epävarmuuden, sillä oletuksella, että laitetta käytetään valmistajan ohjeiden mukaan. Laitteen epävarmuus koostuu usein mittausalueesta määräytyvästä systemaattisesta epävarmuudesta ja suhteellisesta epävarmuudesta, joka riippuu mitattavasta arvosta. (Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 39.)

Mittaajasta aiheutuu mittausvirhettä esimerkiksi silloin, kun mittajaan näkökyky on heikentynyt tai silloin, kun mittaus suoritetaan liian kiireellisesti, jolloin mittalaitetta käsitellään huolimattomasti. Mittajaan puutteellinen ammattitaito, huonosti laadittu mittausohje sekä mittajaan heikko motivaatio ja vireys voivat aiheuttaa mittausvirhettä. (Keinänen & Järvinen 2014, 96.) Mittaajasta aiheutuvaa epävarmuutta voi syntyä myös silloin, jos mittaja odottaa jotain tiettyä tulosta ja lopettaa mittauksen, kun odotettu tulos on saavutettu (Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 41). Millään mittalaitteilla ei saada riittävän tarkkoja tuloksia, mikäli mittaus suoritetaan virheellisesti (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37).

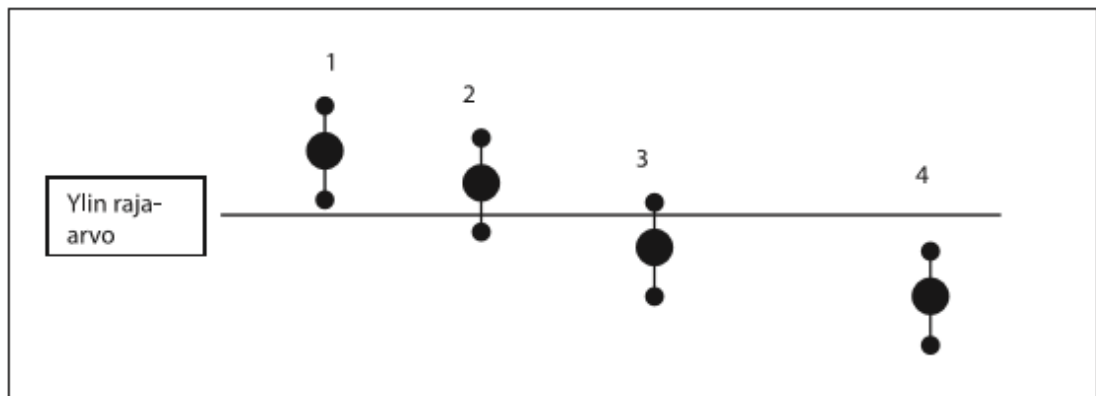
Näytteenotossa epävarmuutta voi aiheutua näytteen käsittelystä. Mikäli näytettä ei käsitellä asianomaisesti, näyte voi kontaminoitua tai määritettävän aineen määrässä voi tapahtua häviötä johtuen haihtumisesta tai absorptiosta. Näytteenottoon liittyvää virhettä voi aiheuttaa näytteenottokohteen heterogeenisyys. Tällä tarkoitetaan sitä, että kohteen eri kohdat poikkeavat toisistaan. (Mts. 42.)

Myös epäpuhtaat mittausolosuhteet sekä ympäristölämpötilan vaihtelu voivat aiheuttaa mittausvirhettä. Mittaustekniikassa huomioitavia ympäristötekijöitä ovat lämpötila, ilman kosteus, värähtely, valaistus, puhtaus sekä ilman väreily. Esimerkiksi ilmastointikoneen syklistä voi aiheutua lämpötilamuutoksia. (Keinänen & Järvinen 2014, 96-98.) Mikäli mittausolosuhteilla on suuri vaikutus mittaustulokseen, on alan standardeissa yleensä erikseen määritelty sellaiset ympäristöolosuhteet, joissa mittaus tulee suorittaa (Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 40).

### 2.3 Mittausepävarmuuden huomioiminen mittaustekniikassa

Mittaustulosten perusteella voi joutua tekemään päätöksiä ja niistä voi joutua antamaan lausuntoja. Tällöin on huomioitava tuloksen epävarmuus. Mittausepävarmuustietojen perusteella voidaan arvioida, onko mittauksen tarkkuus riittävä päätöksen kannalta (Hirvi 2005, 13). Jollei mittaukseen liittyvää epävarmuutta ole tiedossa, ei mittaustuloksesta voida tehdä johtopäätöksiä. (Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 35-49.)

Mikäli mittaustulokset ovat mittausepävarmuuksineen selkeästi raja-arvon ylä- tai alapuolella, se ei aiheuta ongelmia tulosten tulkinnassa. Mikäli näin ei ole, tulokset voidaan tulkita joko raja-arvon ylä- tai alapuolelle. Erityisesti näissä tapauksissa tarvitaan asiantuntijan harkintaa ja epävarmuustarkastelua. Kuvio 1 havainnollistaa mittausepävarmuuden huomiointiin liittyvää ongelmaa. Mittaustulos 1 on epävarmuuksineen raja-arvon yläpuolella, mittaustulos 2 on raja-arvon yläpuolella, mutta raja-arvo on epävarmuuden sisällä, mittaustuloksen 3 epävarmuus on myös raja-arvon sisällä, mutta mittaustulos on raja-arvon alapuolella ja mittaustulos 4 on epävarmuuksineen raja-arvon alapuolella. (Hirvi 2005, 13; Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 49-50.)



Kuvio 1. Epävarmuuden huomiointi raja-arvon ylittymisen arvioinnissa (Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 49)

FINAS-akkrediointipalvelun internetsivujen (Mittausepävarmuus osana tulosten tulkintaa 2015) mukaan tulisi huomioida oppaassa ILAC-G8:03/2009 annetut mallit mit-

tausepävarmuuden huomioimisesta ottaessa kantaa mittausten vaatimustenmukaisuuteen, kun tuloksia verrataan tiettyyn raja-arvoon. Lakien vaatimukset ja viranomaisten ohjeistukset tulosten tulkinnasta tulee kuitenkin huomioida.

Oppaan ILAC-G8:03/2009 mukaan raja-arvon jäädessä mittausepävarmuuden sisään (ks. kuvio 1 tapaus 2 ja 3), ei ole mahdollista todeta, onko tulos määräystenmukainen vai määräystenvastainen. Jos kansalliset tai muut määräykset vaativat, että päätös tehdään hylkäämisen tai hyväksymisen suhteen, niin kuvion 1 tapaus 3 voidaan todeta määräystenmukaiseksi ja tapaus 2 määräysten vastaiseksi. (ILAC-G8:03/2009, 5-6)

## 2.4 Mittausepävarmuuden määrittäminen

Mittausepävarmuuksia on kahta eri tyyppiä. Tyyppin A epävarmuus voidaan määrittää tilastollisin menetelmin ja se liittyy mittausten toistettavuuteen. Mittauksen toistettavuus voidaan määrittää toistamalla mittaus useamman kerran. Tällöin mittaustulos on kaikkien mittausten keskiarvo ja epävarmuutena voidaan käyttää keskihajontaa.

Keskiarvo voidaan laskea kaavalla

$$(\bar{x}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

Keskihajonta voidaan laskea kaavalla

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - (\bar{x}))^2} \quad (2)$$

Kaavassa N tarkoittaa mittauskertojen määrää. (Laadukkaan mittaamisen perusteet, 2011, 38-46.)

Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuutta ei voida numeerisesti määrittää, koska täsmälleen samasta kohdasta ja samoista olosuhteista ei välttämättä oteta kovin montaa näytettä. Tällöin N eli mittauskertojen määrä on pieni, eikä kenttänäytteenotolle silloin kannata määrittää numeerista epävarmuutta.

Vartialan (2009, 11) mukaan laboratorion mittausepävarmuus koostuu systemaattisesta ja satunnaisesta virheestä, jotka puolestaan voidaan määrittää tilastollisin menetelmin laskemalla keskiarvot ja keskihajonnat hyödyntämällä laboratorion omia



laadunvalvontanäytteitä ja sertifioitujen vertailunäytteitä tai laboratorioiden välisten pätevyyskokeiden tuloksia.

Tyyppin B epävarmuus voidaan saada selville esimerkiksi laitteen kalibrointitodistuksesta, aiemmasta mittauskokemuksesta tai arvioimalla, eikä sitä voida määrittää tilastollisin menetelmin. (Laadukkaan mittaamisen perusteet 2011, 38.)

### **3 Lainsäädäntö ja ohjeistus**

#### **3.1 Muutokset lainsäädännössä ja ohjeistuksessa**

Vuonna 2000 voimaantulleen perustuslain mukaan ministeriö ei enää voi antaa sitovia ohjeita, vaan ne tulee antaa asetuksina. Siitä syystä Asumisterveysohje on uusittu asetuksena: Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista ja ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Tämä on selkeyttänyt sitovan normin ja ohjeen rajaa. (Pekkola 2016, 5.) Uuden Asumisterveysasetuksen tarkoituksena on lisäksi selkeyttää rakennusten terveydellisten olosuhteiden arviointia. Asumisterveysasetus korvaa Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen 2003:1. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, 2016a, 3.) Asumisterveysasetusta on täydennetty Valviran soveltamisohjeella (Pekkola 2016, 5). Asumisterveysasetusta edeltäneessä ohjeistuksessa, Asumisterveysohjeessa (2003), viitataan mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöiden huomioimiseen mikrobinäytteenoton osalta niin, että kohonneita sisäilman mikrobipitoisuuksia tai -suvustoa tulkittaessa tulee huolellisesti arvioida näytteenoton aikaista toimintaa sekä kaikkia mahdollisia mikrobilähteitä. (Mts. 82.)

#### **3.2 Voimassa oleva lainsäädäntö ja ohjeistus**

##### **3.2.1 Asumisterveysasetus**

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista tuli voimaan toukokuun 15. päivänä vuonna 2015. Asetuksessa vaaditaan mittaus- tai näytteenot-

totapahtumaa ja jatkoanalyysiä koskeva epävarmuustarkastelu toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa. Mikäli Asumisterveysasetuksessa tarkoitettujen altisteiden numeeriset arvot ylittyvät mittausepävarmuus huomioon ottaen, toimenpideraja ylittyy. (A 545/2015, 4 §.)

Asumisterveysasetuksessa vaaditaan, että terveyshaittaa arvioidaan kokonaisuutena, millä tarkoitetaan sitä, että toimenpiderajaa sovellettaessa tulee ottaa huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto, mahdollisuudet välttyä altistumiselta tai poistaa haitta sekä poistamisesta aiheutuvat olosuhteet ja muut vastaavat tekijät. (A 545/2015, 3 §.)

### 3.2.2 Asumisterveysasetuksen soveltamisohje

Valviran Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa täsmennetään, että näytteenotosta tai mittauksesta arvioidaan mittaus- tai näytteenottopaikan ja olosuhteen merkitystä mittaus- tai analyysitulokseen ja siihen, kuinka edustavana kyseistä näytettä tai mittausta voidaan pitää terveyshaitan kokonaisarvion näkökulmasta. Soveltamisohjeessa mainitaan myös, että tarkastuskertomukseen on liitettävä sanallinen mittaus- ja näytteenottotapahtumaan liittyvä epävarmuustarkastelu. Sen lisäksi tarkastuskertomukseen on liitettävä tiedot tutkimuksessa käytettyjen mittareiden ja analyysimenetelmien mittausepävarmuuksista ja laboratorioanalyysien mittausepävarmuudesta. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 9-10.)

Toimenpiderajan katsotaan ylittyvän tai alittuvan, jos Asumisterveysasetuksessa tarkoitettujen altisteiden numeeriset arvot ylittyvät tai alittuvat mittausepävarmuus huomioon ottaen. Mittausepävarmuus annetaan numeerisena silloin kun se on mahdollista, muutoin sanallisena selvityksenä. (Mts. 9-10.)

Kemiallisten tekijöiden mittausten perusteella tehtävissä lopullisissa päätelmissä tulisi ottaa huomioon mittausolosuhteet. Mittausolosuhteiden merkitystä tulisi arvioida toimenpiderajojen ylittymisen tai alittumisen kannalta. Mittaukset pitäisi pyrkiä tekemään myös tavanomaisissa olosuhteissa, jos mittausolosuhteet ovat olleet hyvin poikkeuksellisia. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 3.)

Kun arvioidaan sisäilman mikrobipitoisuuksia ja -suvuston tavanomaisuutta, tulee ottaa huomioon rakennuksen ikä ja sijainti, vuodenaika ja asukkaiden toiminta. Lisäksi

tulee tarkastella huolellisesti näytteenottotilannetta, muita mikrobilähteitä sekä ulkoilman lajistoa. Kun arvioidaan altistumisen todennäköisyyttä, tulee huomioida vaurion sijainti, laajuus, painesuhteet sekä ilmayhteys sisätiloihin. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 9-13.)

Sisäilman mikrobimittausten yhteydessä kaikki mahdolliset mikrobilähteet tulee selvittää ja mahdollisuuksien mukaan poistaa. Mikäli mikrobilähteiden poistaminen ei ole mahdollista, ne tulisi huomioida tulosten tulkinnessa. Tulosten tulkinnessa tulisi ottaa huomioon myös ennen näytteenottoa ja sen aikana pitoisuuksiin vaikuttavat tekijät. Jos mikrobien normaalilähteiden vaikutusta ei ole mahdollisuuksien mukaan poistettu ja tai näytteenottotilanteen aikaiset tiedot ovat puutteelliset, on sisäilman mikrobinäytteet otettava uudestaan. (Mts. 11-13.)

### 3.2.3 Työterveyslaitoksen ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen

Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan altistumisolosuhteita arvioitaessa on otettava huomioon esimerkiksi ilmanvaihto, paine-erot, mahdollinen toiminta tiloissa, ulkoilmaolosuhteet (esimerkiksi hiukkaslähteet ja tuuli) sekä päästölähteiden sijainti, laajuus, voimakkuus ja ilmayhteys sisäilmaan. (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016, 31.)

Asumiseen liittyvät taustatekijä, kuten ruoanlaitto, avotuli, polttopuut tai lemmikkieläimet voivat nostaa asuntojen epäpuhtaustasoja. Toimistotiloissa puolestaan edellä mainitut asumiseen liittyvät taustatekijät yleensä puuttuvat ja tästä johtuen toimistojen sisäilman epäpuhtaustasot ovat usein alhaisemmalla tasolla kuin asuntojen. (Mts. 31.)

## 4 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Koettujen terveyshaittojen aiheuttajien sekä korjausten tarpeellisuuden selvittämiseksi tarvitaan sisäilmaan liittyviä näytteenottomenetelmiä (Puhakka, Kärkkäinen & Korhonen 2005, 55). Mittaukset ja näytteenotto on tehtävä ensisijaisesti tavansa käyttäjä vastavissa oloissa. Mittauksessa ja näytteenotossa käytettävien lait-

teiden tulee olla valmistajan ohjeiden mukaan kalibroituja. Mittaukset ja näytteenotot on tehtävä standardoitujen tai muiden vastaavien luotettavien menetelmien mukaisesti. (A 545/2015, 4 §.) Lisäksi on tärkeää, että ainetta rikkomattomat tarkastelut tehdään aina ensin ja vasta niiden jälkeen tehdään tarvittaessa rakenneavauksia löydösten varmentamiseksi (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 29).

## 4.1 Mikrobin näytteenottomenetelmät

### 4.1.1 Sisäilman mikrobinäyte

Asumisterveysasetuksen (A 545/2015, 20 §) mukaan sisäilman mikrobinäyte voidaan ottaa Andersen 6-vaiheimpaktorilla (ks. kuvio 2). 6-vaiheimpaktori jaottelee hiukkaset kokoluokkiin (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 10). Andersen 6-vaihekeräimen mukaisessa näytteenottomenetelmässä ilmassa olevat sieni-itiöt ja bakteerisolut kerätään pumpun avulla elatusalustoille (Ilmanäytteet homeongelman selvittämisessä 2012). Näytteenotossa tulee noudattaa analysoivan laboratorion laatu järjestelmässä annettuja ohjeita (Meklin, Putus, Hyvärinen, Haverinen-Shaughnessy, Lignell & Nevalainen 2007, 20).



Kuvio 2. Andersen 6-vaihekeräin

Näytteenottopumppu on suojattava säilytyksen ja kuljetuksen aikana kylmältä ja sen annetaan tasaantua huonetilan lämpötilaan ennen näytteenottoa. (Asumisterveysasetuksen soveltamaisohje 2016c, 10.) Impaktorin osat puhdistetaan 80 % etanolilla ja kuivataan ennen jokaista näytteenottoa. Osat kuivataan nukkaamattomalla pyyhkeellä (Ilmanäytteiden ottaminen 6-vaiheimpaktorilla n.d.).

Kuviossa 3 esitetään Andersen 6-vaihekeräimen siivilät, joissa on kussakin erikokoiset reiät. Siiviläpino kootaan niin, että suurireikäisin siivilä tulee ylös ja pienireikäisin alas. Jokaisen siivilätason alle laitetaan avoin malja elatusainepinta ylöspäin. Maljat asetetaan keräimeen aloittaen alimmasta maljasta. Näytteenoton ajaksi elatusmaljojen kannet asetetaan puhdistetun työtason päällä olevan puhtaan talouspaperin päälle alassuun. Ylimmäisen siivilän mukana asetetaan siiviläpinon kansi ja suojakorkki. (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 14.)



Kuvio 3. Andersen 6-vaihekeräin purettuna

Elatusalustojen ollessa paikallaan impaktorin tilavuusvirta säädetään 28,3 l/min käyttäen rarometriä ja/tai virtausmittaria. Tilavuusvirtaa tarkkaillaan näytteenoton aikana. (Asumisterveysasetuksen soveltamaisohje 2016c, 10.) Keräin asetetaan mitattavaan tilaan oleskeluvyöhykkeelle (yleensä keskelle huonetilaa) 1-1,5 metrin korkeudelle (Ilmanäytteiden ottaminen 6-vaiheimpaktorilla n.d.). Keräysosan pohjakappa-

leeseen kytketään ilmaletku. Keräysaukon suulla oleva korkki otetaan pois suojakäsineillä, pumppu käynnistetään ja ajanotto aloitetaan. (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 15.)

Suosittelava keräysaika on 10 minuuttia, mutta mikäli näyte otetaan sulan maan aikana tai jos kohteessa on selvä epäily mikrobilähteestä, näytteenottoaika lyhennetään 5-7 minuuttiin. Vertailuasunnon näytteenottoaika voi olla pidempi (10-15 minuuttia). (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 15.)

Keräysajan jälkeen pumppu sammutetaan ja keräysosan korkki laitetaan paikoilleen. Näytteenottoaika kirjataan. (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 15.) Heti näytteenoton jälkeen puretaan keräin ja asetetaan maljojen kannet paikoilleen. Maljoihin merkitään impaktorin vaihe, eli numerot 1-6 riippuen maljojen järjestyksestä keräimessä, ja muut tarvittavat tiedot. Näytteet kuljetetaan huoneenlämpöisinä laboratorioon mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 12.)

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016c, 12) mukaan näytteenoton yhteydessä tulee kirjata seuraavat asiat: näytteenottoaika, kellonaika ja kohde, vallitseva säätila, kuvaukset rakennuksesta, näytteenottopisteestä sekä mahdollisista mikrobihaittaa koskevista havainnoista, mittausten aikana tilassa olleiden henkilöiden ja eläinten lukumäärä sekä mittauspäivänä ja mittausten aikana tai sitä ennen tapahtuneet toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa mittauksisiin.

### **Näytteenotossa huomioitavaa**

Tiloista tulisi poistaa ilmeiset tulosten tulkintaa hankaloittavat virhelähteet, kun arvioidaan rakenteista peräisin olevia epäpuhtauksia (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 36). Huoneistossa tai rakennuksessa ei tulisi käsitellä esimerkiksi tekstiilejä, juureksia, hedelmiä ja muita elintarvikkeita, joissa voi olla mikrobeja. Myöskään polttopuita tai muita ilmeisiä mikrobilähteitä esimerkiksi kukkamultaa ei tulisi käsitellä, eikä huoneistossa tai rakennuksessa tulisi siivota, eikä pitää lemmikkejä, jotka käyvät ulkona. Huoneistossa tai rakennuksessa oleva koira pitäisi käyttää ulkona vähintään kaksi tuntia ennen mittauksia, mikäli sitä ei voida sijoittaa muualle mittauspäivän ajaksi. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 10-11.)

Runsaasti pölyä nostattavaa toimintaa tiloissa tulisi välttää. Ovien ja ikkunoiden tulisi olla suljettuina (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, 2016c, 11). Asumisterveysohjeen (2003, 84-85) mukaan näytteenoton aikana tulee välttää oleskelua keräimen läheisyydessä.

Sisäilman mikrobimittaukset tulisi tehdä talvella, koska epätavanomaisten mikrobi-lähteiden havaitseminen on haastavaa sulan maan aikaan (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 10). Jos mikrobinäyte joudutaan ottamaan muuna vuodenaikana kuin talvella tai jos ulkoilma on leuto, tulee ottaa vähintään yksi vertailunäyte ulkoilmasta jokaisena näytteenottopäivänä (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 64).

Mahdollisten korjaustöiden jälkeen tulisi tiloissa tehdä perusteellinen siivous ennen näytteenottoa, ja siivouksen jälkeen tulisi odottaa vähintään 1-2 kuukautta ennen kuin sisäilman mikrobimittauksia tehdään. Tällä vältetään väärän positiivisen ja väärän negatiivisen mittaustuloksen saamista. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 63).

Kouluissa näytteet pitää ottaa koulupäivän aikana (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 11). Keskikokoisessa koulussa olisi suositeltavaa ottaa noin 10-12 näytettä. Puurakenteisten koulujen tutkimiseen ei suositella sisäilman mikrobinäytteiden käyttöä johtuen niiden suurista taustapitoisuuksista. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 64.)

Sisäilman mikrobinäytteenotossa olisi suositeltavaa käyttää pitkää keräysaikaa, koska se tasaisi ilman epäpuhtauspitoisuuksien vaihtelua. Keräysaikaa rajoittaa kuitenkin esimerkiksi Andersen-6-vaihekeräimen keräystehon laskeminen 10-15 minuutin keräysajan jälkeen, koska kasvatusmaljat kuivuvat. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37.)

Näytteenotto tulisi toistaa useita kertoja asunnon pitkäaikaisen mikrobipitoisuustason varmistamiseksi, koska asunnon sisäilman mikrobipitoisuudet voivat vaihdella voimakkaasti. Yksittäinen mikrobi-ilmanäyte ei kuvaa pitoisuustasoa luotettavasti. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 13.)

## Menetelmän käyttö

Jos muiden selvitysten avulla ei pystytä paikantamaan sisäilmaan liittyviä ongelmia ja jos mikrobivaurion olemassaolosta halutaan lisänäyttöä, voidaan käyttää sisäilman mikrobinäytteenottoa (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 63). Sisäilman mikrobinäytteitä kannattaa ottaa silloin, kun vauriot eivät ole näkyviä, mutta esimerkiksi käyttäjien oireilusta johtuen epäillään vauriota rakenteissa (Meklin ym. 2007, 18).

Sisäilman mikrobinäytteistä tutkitaan mikrobipitoisuutta sekä näytteessä esiintyvää lajistoa (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 64). Ottamalla sisäilman mikrobinäytteitä voidaan arvioida, onko sisäilman mikrobipitoisuus ja -suvusto tavanomaisia (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 9). Sisäilmanäytteillä voidaan selvittää mahdollinen tilassa olevan epätavanomaisen mikrobilähteen olemassaolo ja näyte voi auttaa paikantamaan mikrobilähteen tiettyyn rakennusosaan. Mikäli sisäilmanäytteen perusteella havaitaan tilassa oleva epätavanomainen mikrobilähde, tulee se kuitenkin varmistaa ja paikallistaa rakennusteknisin selvityksin. (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016, 49; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37.)

Sisäilman mikrobimittausten perusteella voidaan myös arvioida, kulkeutuuko mikrobeja mahdollisesti muissa tiloissa (esimerkiksi kellari tai porraskäytävä) olevista epäpuhtauslähteistä. Siinä tapauksessa on vertailtava tutkittavan tilan ilmanäytteiden ja esimerkiksi kellaritilan näytteiden mikrobien lajistoa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 9-10.)

Työterveyslaitoksen ohjeen (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016) mukaan sisäilman mittausten menetelmiin liittyy usein epävarmuustekijöitä ja menetelmät ovat epäsuoria. Sisäilmaongelmien tunnistamisessa voidaan kuitenkin mitata esimerkiksi mikrobivaurioita indikoivia epäpuhtauksia, joiden tavanomaiset pitoisuudet tunnetaan. (Mts. 46.)

Ilmanäytteiden tuloksista ei välttämättä aina selviä rakenteissa oleva mikrobivaurio, vaikka sellainen olisikin (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 63). Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016c) mukaan rakenteiden



sisällä havaitun mikrobikasvun vaikutusta sisäilmaan ei voida luotettavasti todeta ilmanäytteiden avulla (Mts. 10). Yksittäisten sisäilmamittausten perusteella ei voida tehdä luotettavia päätelmiä sisäilmaston tilasta, koska ne kuvaavat vain mittaushetken tilannetta. Pelkästään sisäilman mikrobianalyysin perusteella ei siis voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä mikrobivaurioista rakennuksessa tai myöskään poissulkea mikrobiperäisen altistumisen mahdollisuutta. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37-65.)

#### 4.1.2 Mikrobinäyte materiaalista

Materiaalinäyte tulee ottaa sellaisesta kohdasta rakennetta, joka näyttää vaurioituneimmalta. Vaurioitunein rakenteen kohta on yleensä lähellä oletettua kosteuslähdettä. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 5.) Näytteenotossa tulee noudattaa näytteet analysoivan laboratorion ohjeita. Materiaalinäytteenotossa tulee käyttää puhtaita työvälineitä ja suojakäsineitä. Työvälineet tulee puhdistaa jokaisen näytteenoton välillä.

Näytteenottovälineenä käytetään materiaalista riippuen esimerkiksi puukkoa, mattoveistä tai talttaa (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 49). Materiaalinäytettä otetaan noin 10 cm x 10 cm kokoiselta alueelta tai noin 1 dl. Näyte otetaan noin 0,5 - 1 cm:n paksuudelta materiaalin pinnasta. Materiaalista voidaan vaihtoehtoisesti irrottaa vain vaurioitunut osa, esimerkiksi kipsilevyn pahviosa. Näytteen lämpötila ei saa nousta yli +40 °C näytteenoton yhteydessä, koska kuumuus voi heikentää mikrobien elävyyttä. Esimerkiksi poran käyttö voi nostaa porattavan materiaalin lämpötilaa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 5.)

Näytteenoton jälkeen näyte pakataan käyttämättömään, puhtaaseen muovipussiin, johon merkitään näytteen tunnus. Näytteenottolomakkeeseen tulee kirjata vähintään seuraavat tiedot: näytteenottopäivä, näytteen tunnus, näytteen materiaali ja tieto siitä, jos näyte on märkä. Näytteenottoa paikka merkitään tarkasti esimerkiksi pohjakuvaan. Näytteenottokohdasta kirjataan mahdolliset vaurioon viittaavat aistinvaraiset havainnot ja mittaustulokset. Lisäksi kirjataan tiedot rakenteen toteutuksesta ja tutkittu kohta valokuvataan (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 50). Materiaalinäytteen säilytyksellä voi olla vaikutusta analyysitu-

lokseen, joten näytteet tulisi viedä analysoitavaksi mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen. Sitä ennen ne tulee säilyttää viileässä eli +4 - +8 °C lämpötilassa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 5-6.)

### **Näytteenotossa huomioitavaa**

Näytteenottotilanteessa on huolehdittava, ettei näyte kontaminoidu näytteenottajan vaatteista, käsistä tai välineistä (Jalkanen & Hyvärinen 2015, 50). Materiaalinäytteenotossa edetään puhtaimmaksi oletetuimmasta kohdasta vaurioituneimpaan näytteiden kontaminoitumisen estämiseksi (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobi tutkimuksissa 2015, 3). Vertailunäytteet tulisi ottaa ennen vauriokohtien näytteitä (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 49). Vertailunäytteet samasta materiaalista vaurioitumattomaksi oletetulta alueelta helpottavat materiaalinäytteen tuloksen tulkintaa (Asumisterveysopas 2009, 156).

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (2016c) suositellaan otettavaksi enemmän kuin yksi materiaalinäyte, koska rakennusmateriaaleissa oleva mikrobikasvusto ei aina ole tasaista. Useamman näytteen ottaminen antaa sekä vaurion laajuudesta, että mahdollisesta mikrobikasvusta rakenteesta paremman kuvan. (Mts. 5.) Näytteen edustavuuden kannalta on suositeltavaa, että näytteenottokohdat valitaan eri puolilta vaurioitunutta rakenteen osaa (Asumisterveysopas 2009, 156).

Materiaalinäytteenotossa tulee olla tiedossa, mitä näyte edustaa. Näytteenottokohdat valitaan tutkimuksen tavoitteen mukaisesti. Kun epäillään mikrobikasvua tietyssä rakenneosassa, tulee materiaalinäyte ottaa kohdasta, jossa pinnan vauriojälkien tai tiedetyn kosteusrasituksen perusteella vaurioituminen on todennäköisintä. Korjauslaajuutta selvitettyä näyte tulisi ottaa arvioidun purku- / korjausalueen reunoilta. Kun määritetään tietyn rakenneosan yleistä mikrobiologista kuntoa, otetaan näytteitä riskikohdista sekä satunnaisesti muista kohdista riittävällä otoskoolla. Materiaalinäytteiden osalta on huomioitava, että yksittäinen näyte edustaa yleensä vain paikallista otosta vaurioituneesta alueesta, jolloin mikrobilajisto läheisissä rakenteissa saattaa olla erilainen (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 48-144).

## Menetelmän käyttö

Materiaalien vaurioituneisuutta ja mikrobikasvua voidaan tarvittaessa arvioida rakennusmateriaalinäytteiden mikrobianalyysillä (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 48). Materiaalinäytteitä otetaan, kun huokoisessa tai helposti irrotettavassa ja hienonnettavassa materiaalissa epäillään olevan mikrobikasvusta (Asumisterveysopas 2009, 156). Materiaalinäytteitä ei oteta koskaan irrallisine toimenpiteinä, vaan muun rakennusteknisen tarkastelun ohessa (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 48). Rakennusmateriaalinäytteestä tutkitaan näytteen mikrobipitoisuutta ja näytteessä esiintyvää lajistoa (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 7).

## 4.2 Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden näytteenottomenetelmät

Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) voidaan mitata ilmasta, materiaalin pintaemisoina, materiaalin läpi diffuntoituvina tai materiaaleista irrotetuista näytepaloista. Mittausmenetelmäkohtaiset tarkat näytteenotto-ohjeet tulee pyytää näytteet analysoivasta laboratoriosta. Mahdolliset tuloksiin vaikuttavat tekijät sekä sisäilmaolosuhteet tulee raportoida VOC-näytteenottotapahtuman yhteydessä. Vertailunäytteen ottaminen helpottaa tulosten tulkintaa. (Keinänen 2013, 24; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69-70.)

Ennen kemiallisten epäpuhtauksien mittaamista tulisi selvittää sisäilmassa esiintyvät yhdisteet hajuhavaintojen ja materiaaliselvitysten avulla ja tutkimalla rakennuksen ulkoiset ja sisäiset olosuhteet, joihin kuuluvat esimerkiksi ilmanvaihto ja käytetyt puhdistus- ja pesuaineet. (Asumisterveysopas 2009, 129.)

### 4.2.1 Sisäilman VOC-näyte

VOC-ilmanäyte voidaan kerätä passiivisesti diffuusiokeräimeen tai aktiivisesti pumpun avulla. Passiivista keräystapaa käytetään yleensä vain poikkeustapauksissa. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69.) Passiivisessa näytteenotossa näyte kerätään Tenax-adsorbentilla täytettyyn putkimaiseen ATD-

diffuusiokeräimeen. Lyhenne ATD tulee sanoista Automatic Thermal Desorption. Passiivinen näytteenotto perustuu diffuusion ja keräysaika voi olla useita viikkoja. (VOC-näytteenotto ATD-diffuusiokeräimellä 2016, 1-2.)

Aktiivisessa VOC-näytteenotossa näyte voidaan kerätä pumpun avulla Tenax- tai Tenax-Carbograph -adsorbentilla täytettyyn ATD-keräimeen (kuvio 4) (Aktiivinen VOC-näytteenotto ATD-keräimeen (Tenax- tai Tenax-Carbograph-putkeen) 2016, 1.). VOC-ilmanäytteenotto tehdään yleensä ISO 16000-6-standardin mukaisella mittausselmällä, jolloin näyte kerätään Tenax-adsorbenttiin (Järnström 2005, 32-33).



Kuvio 4. Tenax-putki ja Gilian pumppu

Aktiivisessa näytteenotossa keräimen molemmissa päissä olevat sulikutulpat poistetaan. Keräin kiinnitetään pumppuun. Pumppu ja keräin asetetaan mittauskohteeseen. Päivämäärä, keräyksen alkamisen kellonaika, mittauskohde ja pumpun numero kirjataan muistiin. Mikäli pumppu mittaa minuuttien sijasta sykkeiden lukumäärää, alkusykkelukema tulee kirjata muistiin. Pumppu käynnistetään ja sopivan keräysajan kuluttua suljetaan. Keräin irrotetaan pumpusta ja sulikutulpat kierretään tiukasti (il-

man työkaluja) keräimen päihin. Pumpun minuutti- tai loppusykelukema sekä keräyksen lopettamisen kellonaika kirjataan muistiin. Keräin laitetaan säilytysputkeen tai muuhun pakkaukseen ja toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Mikäli näytettä ei voida heti toimittaa laboratorioon, se tulisi säilyttää puhtaassa, hajuttomassa, kemialittomassa tilassa huoneenlämmössä tai jääkaapissa. (Aktiivinen VOC-näytteenotto ATD-keräimeen (Tenax- tai Tenax-Carbograph-putkeen) 2016, 1-2.)

Näyte otetaan oleskeluvyöhykkeeltä, eli noin 1,1 metrin korkeudelta tilan keskialueelta. Keräysaikana käytetään kunkin kemiallisen aineen mittaamenetelmässä ilmoitettua keräysaikaa. (A 545/2015, 14 §.) Keräysajasta kannattaa sopia laboratorion kanssa, mikäli tilassa epäillä olevan erittäin korkeita VOC-yhdistepitoisuuksia. Suositeltava näytetilavuus on 8-12 l. Keräysnopeuden tulisi olla 50-200 ml/min. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 70.)

### **Näytteenotossa huomioitavaa**

Kun arvioidaan rakenteista peräisin olevia sisäilman epäpuhtauksia, ilmeiset tulosten tulkintaa vaikeuttavat virhelähteet, kuten puhdistuskemikaalit ja ilmanraikastimet poistetaan tiloista (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 36). Tilojen tuuletusta tulisi välttää 12 tuntia ennen VOC-ilmanäytteenottoa. Ilmanvaihto tulee olla normaalilla teholla ja korvausilmaventtiilit auki. Näytteenottopaikka on valittava niin, ettei se sijaitse tulo- tai poistoilmavirran kohdalla. Mahdollisia rakenneavauksia ei saa tehdä ennen mittauksia eikä mittausten aikana. Ennen näytteenottoa tai sen aikana näytteenottaja ei saa syödä makeisia tai purukumia, käyttää hajusteita eikä polttaa tupakkaa. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 70.) Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016a, 9) mukaan kemiallisten tekijöiden mittaukset tehdään pääsääntöisesti ikkunoiden ollessa kiinni ja ilmanvaihdon ollessa päällä osateholla.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b, 3) mukaan sisäilman kemiallisten tekijöiden mittaukset, kuten esimerkiksi VOC-mittaukset, suositellaan tehtäväksi aikaisintaan kuusi kuukautta rakennuksen tai laajan sisäilman laatuun vaikuttavan remontin valmistumisen jälkeen, koska rakennusmateriaalien VOC-emissiot ovat uutena korkeimmillaan ja pienenevät ajan mittaan.

Keräintä tulee käsitellä vain puhtain, rasvattomin käsin (Aktiivinen VOC-näytteenotto ATD-keräimeen (Tenax- tai Tenax-Carbograph-putkeen) 2016, 1). Mittausten luotettavuuden parantamiseksi on suositeltavaa ottaa rinnakkaiset näytteet ja kenttänollanäyte (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 70). Metiäisen (2012, 35) mukaan sisäilman VOC-näytteenoton yhteydessä tulee kirjata muistiin ilmanvaihdon tehokkuus mahdollisuuksien mukaan. Keinäsen (2013, 24-25) mukaan on tärkeää, että mittaustulos ilmoitetaan yleisesti käytössä olevassa yksikössä, eli  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eikä esimerkiksi  $\text{ng}/\text{m}^3$ , koska tulosten tulkinnassa saattaisi tapahtua jopa 1000-kertainen virhe.

Sisäilman epäpuhtauksia mitattaessa olisi suositeltavaa valita mahdollisimman pitkä keräysaika ilman epäpuhtauspitoisuuksien vaihtelun tasaamiseksi, mutta keräysaikaa rajoittaa kuitenkin esimerkiksi kuten kustannussyyt. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37).

Näytteiden edustavuutta tulee pohtia jo ennen näytteiden ottamista. Analyysitulokset kuvaavat emissioiden määrää ja ilman laatua vain näytteenottotilanteen mukaisissa olosuhteissa ja näytteenkeräysaikana. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 68.)

### **Menetelmän käyttö**

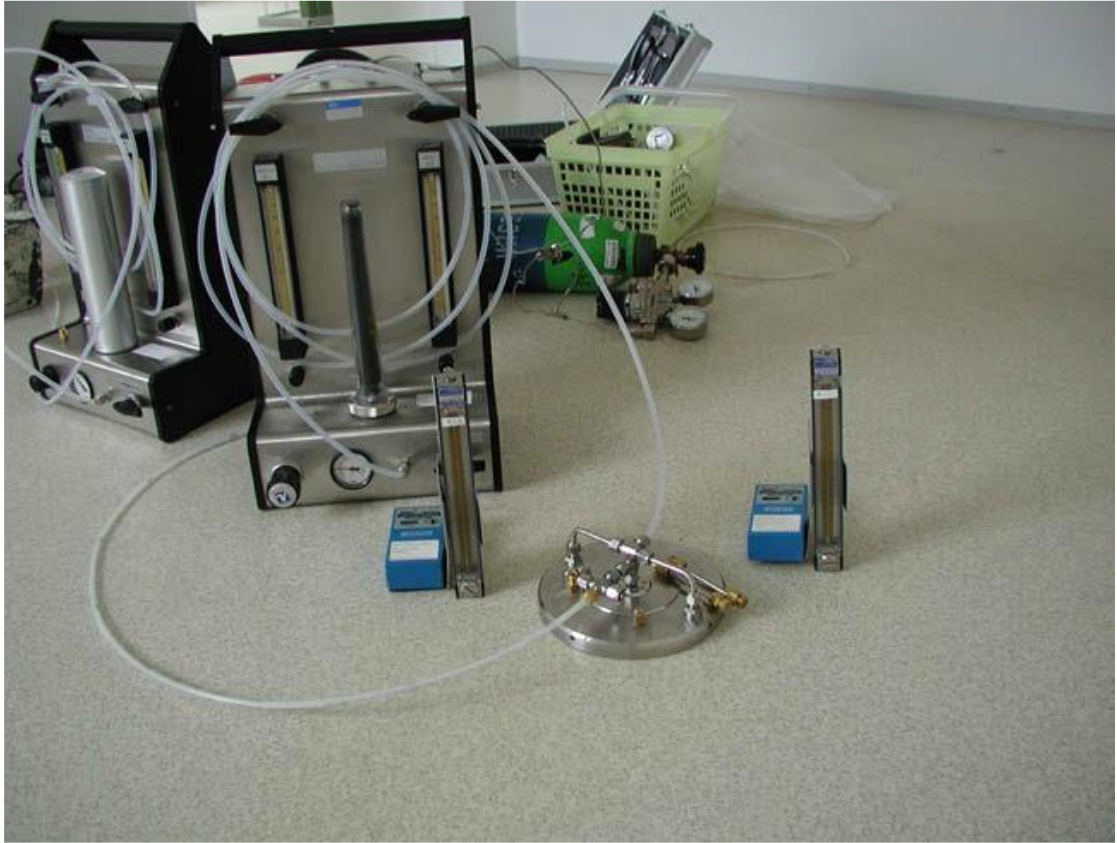
Sisäilman VOC-näytteenottoja voidaan käyttää sisäilman ja materiaalien aistinvaraisen arvioinnin ja kosteusteknisten tutkimusten tukena. Sisäilman VOC-tutkimuksilla voidaan selvittää, haihtuuko tai kulkeutuuko sisäilmaan määrältään tai laadultaan poikkeavia yhdisteitä. VOC-tutkimus ei ole yleensä yksinään riittävä tutkimusmenetelmä sisäilmahaitan tai -vaurion todentamiseen. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 67-68.)

#### **4.2.2 Pintaemissiomittaus**

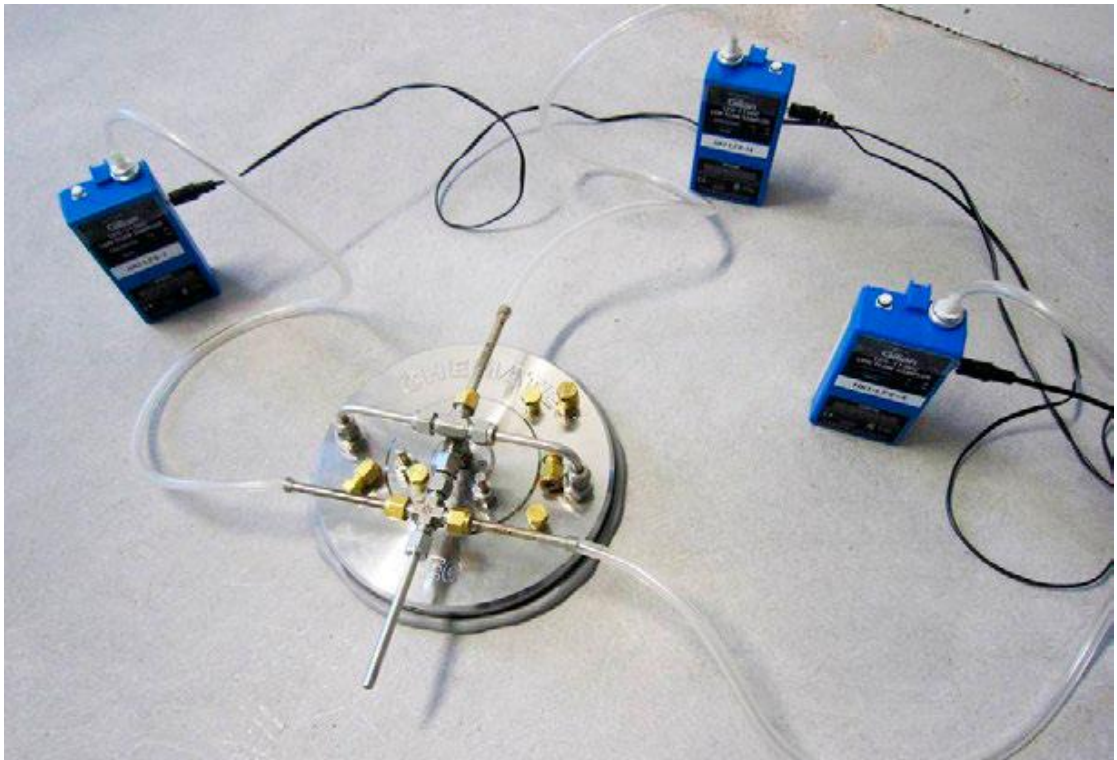
Rakenteiden pintaemissioita voidaan mitata FLEC- (Field and Laboratory Emission Cell) tai lasikupumenetelmällä. FLEC-menetelmässä asennetaan rakenteen pintaan kammio, jonne syötetään ilmaa ja kammioista poistuvasta ilmasta mitataan VOC-pitoisuudet. FLEC-mittauksia voidaan tehdä kahden eri menetelmän mukaisesti joko standardin SFS-EN ISO 16000-10 tai kevennetyllä mittaussuomenkielillä NT Build 484-

ohjeen mukaisesti. Mittaustulosten vertailtavuuden kannalta on tärkeää ilmoittaa, missä olosuhteissa näytteet on otettu ja kumman menetelmän mukaisesti. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 5-6; Lappi 2013, 44; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 71-72.)

Kuviossa viisi esitetään standardin SFS-EN ISO 16000-10 mukainen mittausmenetelmä ja kuviossa kuusi ohjeen NT Build 484 mukainen menetelmä. NT Build 484-ohjeen ja standardin SFS-EN ISO 16000-10 mukainen menetelmä poikkeavat toisistaan siten, että SFS-EN ISO 16000-10-standardin mukaisessa menetelmässä kammioon johdetaan synteettistä ilmaa, jonka suhteellinen kosteus on 50 % ja lämpötila 23 °C, kun taas NT Build 484-ohjeen mukaisessa menetelmässä kammioon johdetaan suodatettua huoneilmaa, jolloin kammioon johdetun ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat tilassa vallitsevien olosuhteiden mukaiset. Standardin SFS-EN ISO 16000-10 mukainen menetelmä on tarkoitettu lähinnä laboratorioissa käytettäväksi, kun taas NT Build 484-ohjeen mukainen kevennetty mittausmenetelmä on tarkoitettu kenttäolosuhteisiin. FLEC-näytteenoton yhteydessä tehdään aistinvarainen arviointi tutkittavasta materiaaalipinnasta sekä mitataan sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila sekä pintarakenteen lämpötila ja suhteellinen kosteuspitoisuus. (NT Build 484; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 71-72; SFS-EN ISO 16000-10:2006.)



Kuvio 5. Pintaemissiomittaus FLEC-menetelmällä standardin SFS ISO 16000-10 mukaan (Järnström 2005, 34.)



Kuvio 6. Pintaemissiomittaus FLEC-menetelmällä ohjeen NT Build 484 mukaan (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 72.)



Kupumenetelmässä lasikuvun sisälle tuleva ilma suodatetaan aktiivihiilen läpi. Materiaalin pintaan asetettavan kuvun alta imetään pumpun avulla ilmaa Tenax-putken läpi. Kuvun alle muodostuu alipaine. Osa korvausilmasta tulee hiiliputken läpi ja osa kuvun tiivistämättömien reunojen kautta. (Lappi 2013, 44.)

### **Näytteenotossa huomioitavaa**

FLEC-näytteenotossa on kiinnitettävä huomiota näytteenottopisteen valintaan, ilmavirtaukseen, näytteenotonvirtaukseen ja tasapinotusaikaan ennen näytteenottoa. Näytteenoton aikana on kiinnitettävä huomiota myös laitteen tiiveyteen. Ulosvirtauksen tulee olla vähintään 95 % sisääntulovirtauksesta. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 71.)

Mittaus aloitetaan yleensä sieltä, missä oletetaan olevan pienimmät päästöt, eli edetään puhtaammasta likaisempaan. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 72.) FLEC-laite on puhdistettava jokaisen mittauksen jälkeen, että edellisen mittauskohteen jäämät saadaan minimoitua. Laitetta käsitellessä tulee käyttää suojakäsineitä. (VOC-näytteenotto FLEC-laitteella 2016.)

Mikäli ISO 16000-10-standardin mukaista mittausmenetelmää käytetään kenttäolosuhteissa, on huomioitava, että mittauslämpötila on tilassa vallitseva lämpötila, jota tulee säätää tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan vastaamaan standardin lämpötilaa. Lisäksi on huomioitava, että sisäilman ja pinnan lämpötilaeroista johtuen, standardia ei pystytä tarkasti noudattamaan kenttäolosuhteissa. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 72.)

Mikäli FLEC-mittaus tehdään päällysteen tai pinnoitteen alapuolisesta rakennepinnoista, lattiapinnoitteen poistamisen jälkeen tulee odottaa vähintään kolme vuorokautta ennen mittauksia (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 72).

### **Menetelmän käyttö**

Poikkeavien emissioiden vahvistamiseksi tai poissulkemiseksi voidaan tehdä pintaemissiomittauksia. Materiaalien pintaemissioita mittaamalla voidaan paikallistaa päästölähteitä. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b) mukaan FLEC-laitteiston etu muihin näytteenottomenetelmiin on se, että saatu emissionopeus on

mahdollista muuntaa laskukaavalla huoneilman pitoisuudeksi, kun emittoituva pinta-ala, huoneen tilavuus ja ilmanvaihtokerroin ovat tiedossa. (Mts. 5-6.) NT Build 484-ohjeen mukaista FLEC-mittausmenetelmää voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun vertaillaan mittauskohteen eri alueiden emissioiden eroja (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 72).

#### 4.2.3 VOC-materiaalinäyte

VOC-emissioita voidaan mitata materiaaleista kammiomenetelmillä laboratoriossa. Näytepala irrotetaan tutkittavasta materiaalista ja pakataan tiiviisti alumiinifolioon ja uudelleensuljettavaan pussiin. Näyte toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Näytepala hienonnetaan ja punnitaan laboratoriossa. Hienonnetun näytepalan emissio määritetään yleensä standardin SFS-EN ISO 16000-9 emissiokammiomenetelmän mukaan. Materiaalinäytteiden analysointiin voidaan käyttää mm. mikrokammiolaitteistoa. Tällaista näytteenotto- ja analyysimenetelmää sanotaan bulk-materiaalinäytteeksi. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 73.)

#### **Menetelmän käyttö**

Päästölähteitä voidaan paikallistaa ottamalla materiaalinäytteitä (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 5). Materiaalinäytepalojen emissiomittauksia voidaan tehdä poikkeavien emissioiden vahvistamiseksi tai poissulkemiseksi. Materiaalinäytteillä voidaan selvittää päällysteen tai pinnoitteen alapinnasta emittoituvia tai materiaalin sisältä hitaasti poistuvia yhdisteitä, jotka eivät aina näy sisäilma- ja pintaemissiomittauksissa. Materiaalinäyteanalyysiä voidaan käyttää myös kartoittavana menetelmänä, kun emissioiden erot ovat selkeät vaurio- ja vertailualueella. Pelkän materiaalinäytteen perusteella ei voida määrittää korjaustarvetta, vaan lisäksi tarvitaan aina vähintään rakenneteknisiä tarkasteluja. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 68-74.)

Koska materiaalista irrotetun näytepalan kaikilta pinnoilta vapautuu yhdisteitä ja koska näytteeseen tulee usein paljon uutta voimakkaasti emittoivaa leikkauspintaa, materiaalinäyte ei kuvaa materiaalin todellista pintaemissiota huonetilaan päin. Sisäilmaongelmatapauksissa pintaemissiota tulisi tutkia ensisijaisesti FLEC-mittauksella. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 73.)

## 5 Mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijät

Mittaustuloksissa on lähes aina jossain määrin epävarmuutta, eli mittaustulos saattaa erota mitatun suureen todellisesta tasosta tai pitoisuudesta. Mittausvirhettä voi aiheuttaa mittausmenetelmän tai -laitteen ja näytteiden analysoinnin lisäksi näytteenottotapahtuma. Tarkan mittaustuloksen saamiseksi näytteenotot ja mittaukset tulee tehdä ohjeiden mukaan. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37.) Hirven (2005, 13) mukaan luotettava mittaustulos koostuu päteväksi osoitetusta mittaustoiminnasta, mittaustulosten oikeasta tulkinnasta sekä jäljitettävästä kalibroinnista epävarmuuksineen. Vartialan (2009, 11) mukaan näytteenottoon ja edustavuuteen liittyvät virhelähteet voivat olla jopa laboratorion virhelähteitä suurempia.

Mittaustulosten analysoinnin luotettavuuteen vaikuttavat mittausten ajankohta ja kesto. Mitä lyhyempi mittausjakso on, sitä suurempi vaikutus on mittauksen ajankohdan valinnalla. Liian pieni mittaus- tai näytemäärä voi aiheuttaa epävarmuutta tulokseen ja tämä tulee tiedostaa. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 30-34.) Hirven (2005, 13) mukaan mittausepävarmuuteen vaikuttavat satunnaiset vaihtelut ja vertailuarvot sekä mittausmenetelmään liittyvät arviot ja oletukset.

Mittausvälineistä ja mittaustapahtumasta aiheutuvaa satunnaista virhettä voidaan vähentää rinnakkaisilla mittauksilla. Mitattavan suureen paikallisesta ja ajallisesta vaihtelusta aiheutuvaa epätarkkuutta voidaan vähentää toistamalla mittaus eri ajankohtana tai eri kohdista, mutta esimerkiksi kalibroimattomasta mittalaitteesta aiheutuvaa systemaattista virhettä tai väärin tehdystä mittauksesta aiheutuvaa virhettä ei voida vähentää toistamalla mittauksia. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37-38.)

### 5.1 Sisäilman mikrobinäytteenottotapahtuman epävarmuus

Mikrobeja saattaa joutua näytteeseen monesta muustakin lähteestä kuin rakenteista ja lisäksi monet muut tekijät, kuten olosuhteet vaikuttavat sisäilman mikrobipitoisuu-

teen. Tämä tuo mittaustulokseen epävarmuutta, jonka käsittelyssä tarvitaan ammattitaitoa ja kokemusta. Mittaustuloksen luotettavuuteen vaikuttavat sisäilmassa olevat muut mikrobilähteet, jotka eivät aiheudu mahdollisesta mikrobivauriosta (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 10). Näitä muita mikrobilähteitä kutsutaan Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa sisäilman normaaleiksi mikrobilähteiksi. Näitä tuloksiin epävarmuutta aiheuttavia normaaleja mikrobilähteitä on paljon ja lisäksi sisäilman mikrobipitoisuuksien tiedetään vaihtelevan voimakkaasti. Sisäilman mikrobipitoisuuksien vaihtelua voidaan tasata valitsemalla mahdollisimman pitkä keräysaika. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 37-63.)

Asumisterveysohjeen (2003, 79) mukaan tulos ei todennäköisesti kuvaa luotettavasti rakennuksesta aiheutuvaa mikrobialtistusta, mikäli tulokseen vaikuttavia tekijöitä eli mikrobien normaalilähteitä on havaittavissa mittaustapahtuman yhteydessä. Mikrobien normaalilähteitä ovat Ympäristöministeriön oppaan Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (2016, 65) mukaan ulkoilma, tilan irtaimisto ja yleinen siisteystaso, elintarvikkeet ja toiminta tiloissa. Normaalilähteiden vaikutuksen lisäksi tuloksen epävarmuuteen vaikuttaa se, että mikrobikasvustoista ei irtoa tasaisesti mikrobeja, vaan niiden irtoamiseen vaikuttavat kasvualustan kosteus, lämpötila, mikrobien kasvutapa ja -vaihe, ilmavirrat ja kasvuston mekaaninen kosketus. Tästä syystä sisäilman mikrobipitoisuus voi olla hetkellisesti pieni, vaikka kyseessä olisikin vakavasti vaurioitunut kohde. (Hyvärinen, Kauhanen & Nevalainen 2009, 20.)

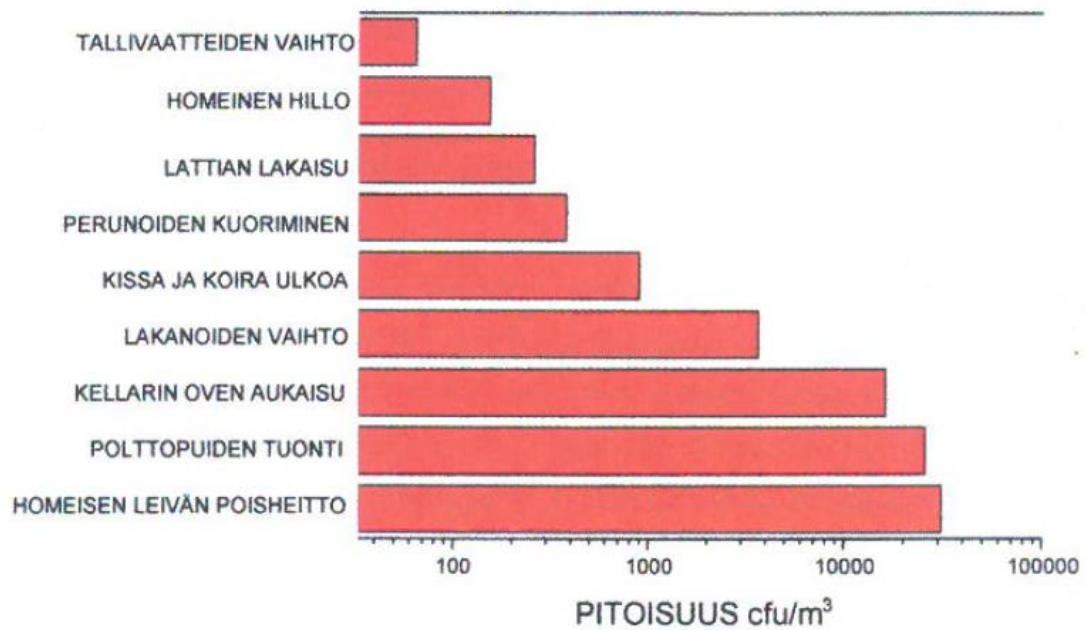
Näytteenottaja voi kontrolloida suurimman osan pitoisuuksiin vaikuttavista tekijöistä jo ennen näytteenottoa ohjeistamalla asukkaita välttämään pitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä ja toimintoja sekä valitsemalla tutkittavat tilat niin, etteivät normaalilähteet vaikuta tuloksiin. Näytteenottaja voi myös kysyä tilan käyttäjältä tilassa tapahtuvista harrastuksista ja toiminnoista, jotka voivat lisätä tilan mikrobipitoisuuksia. (Hyvärinen, Kauhanen & Nevalainen 2009, 21; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 65.)

Korttinen (2010) on tutkinut opinnäytetyössään sisäilman mikrobimittaustulosten uusittavuutta ja toistettavuutta. Tutkimuksessa todettiin, että sisäilman mikrobimittaustulosten uusittavuus ja toistettavuus ovat vähäisiä. (Mts. 59.) Taipale (2016) selvittää opinnäytetyössään, että sisäilman mikrobinäytteenottoon vaikuttavia tekijöitä

ovat ilmanvaihdon toiminta, näytepisteen sijainti tuloilmakanavaan nähden, rakennuksen paine-erot, mittausajankohta, tilojen siivous, näytepisteen valinta sekä näytteen edustavuus ja säilytys. Myös näytteenottajan vaatteiden puhtaudella sekä keräimen ja näytteiden käsittelyllä voi olla vaikutusta tulokseen. (Mts. 16.)

### **Toiminnot ja normaalilähteet**

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016c) mukaan asumiseen liittyvät toiminnot voivat tilapäisesti muuttaa sienilajistoa tai kohottaa ilman sieni-itiöpitoisuutta jopa 10-100 –kertaiseksi taustatasoon verrattuna. Asumiseen liittyviä mahdollisesti sisäilman mikrobipitoisuutta nostavia toimintoja ovat tekstiilien, kukkamullan ja mikrobeja sisältävien elintarvikkeiden käsittely, siivoaminen ja ulkona käyvien lemmikkieläinten oleskelu tiloissa. Elintarvikkeiden osalta varsinkin hedelmien, multaisen juuresten ja homehtuneiden elintarvikkeiden käsittely voi nostaa sisäilman mikrobipitoisuutta. (Mts. 10-14.) Voimakkaasti homehtuneen materiaalin käsittelyn sekä kukkamullan vaihdon vaikutus sisäilman mikrobipitoisuuksiin voi kestää useita vuoro-kausia (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 12). Myös polttopuiden sekä lemmikkieläinten ruokatarvikkeiden ja kuivikkeiden säilyttäminen sisätiloissa sekä tiloissa olevat huonekasvit ja akvaariot voivat vaikuttaa sisäilman mikrobimittausten tuloksiin (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 14; Asumisterveysohje 2003, 79). Kouluissa saatetaan käsitellä orgaanisia materiaaleja, kuten puuta, sammalta, jäkälää ja oksia. Se kohottaa sisäilman itiöpitoisuutta. Tiloissa olevien ihmisten määrä vaikuttaa ilman bakteeripitoisuuteen. (Meklin ym. 2007, 16.) Kuviossa 7 on kuvattu asumiseen liittyvien toimintojen vaikutusta sisäilmaan. Kuviossa pylväät kuvaavat itiöpitoisuuden nousua. (Asumisterveysopas 2009, 158.)



Kuvio 7. Asumiseen liittyvät toiminnot kohottavat sisäilman sieni-itiöpitoisuutta (Asumisterveysopas 2009, 158.)

Runsaasti pölyä nostattava toiminta tiloissa nostaa lattioille laskeutuneesta pölystä ilmaan mikrobeja. Pölyä nostattava toiminta tiloissa voi korostaa pölyn resuspension, eli pölyn uudelleen ilmaan nousemisen vaikutusta ilman pitoisuuksiin ja lajistoon. Se antaa todennäköisesti väärän tulkinnan vertailuaineistoon nähden. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 11; Meklin ym. 2007, 16.) Tiloissa liikkumisesta aiheutuva tärinä ja ilmvirtaukset voivat aiheuttaa itiöiden irtoamista sisäilmaan rakenteissa olevista mikrobikasvustoista (Meklin ym. 21). Myös tilojen siivouksen seurauksena sisäilman mikrobipitoisuus voi olla hetkellisesti koholla (Asumisterveysohje 2003, 82).

### Olosuhteet

Vaihtelut ilman virtauksissa ja suhteellisessa kosteudessa aiheuttavat vaihtelevuutta sisäilman itiöpitoisuuksissa. Vallitseva suhteellinen kosteus vaikuttaa itiöiden vapautumiseen pesäkkeestä. (Flannigan B., Samsom R. A. & Miller J. D. 2011, 237.) Matala ilmankosteus kovalla pakkasella voi saada itiöt kiinnittymään sähkövarauksella pintoihin ja näin ollen pienentää sisäilman mikrobipitoisuutta (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 11).

Ilmanvaihtojärjestelmän käyttö vaihtelee eri vuorokaudenaikoina ja eri viikonpäivinä. Ilmanvaihdon tila ennen näytteenottoa ja sen aikana sekä ilmanpuhdistimien käyttö voi vaikuttaa sisäilman mikrobipitoisuuksiin. (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobi tutkimuksissa 2015, 11; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 36.)

### **Vuodenaika ja sää**

Sisäilman mikrobipitoisuudet seuraavat ulkoilman mikrobipitoisuuksien vaihtelua (Meklin ym. 2007, 15). Kevään, kesän ja etenkin syksyn aikaan tehtyjä mikrobimitauksia on hankala tulkita, koska kasvukaudella ulkoilman mikrobi-itiöpitoisuudet ovat hyvin korkeat. Tällöin sisäilman poikkeavien mikrobien havaitseminen on vaikeaa. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 36.) Vuodenaikojen lisäksi myös sääolot vaikuttavat sisä- ja ulkoilman itiöpitoisuuksiin. Esimerkiksi sääoloiltaan erilaisten talvien vaikutus voidaan havaita vaikuttavan tuloksiin. (Meklin ym. 2007, 15.) Ulkoilma on sisäilman tärkein mikrobilähde ja siksi on tärkeää, että mittauksen aikana ja sitä ennen vähintään kahden tunnin ajan pidetään ikkunat kiinni (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobi tutkimuksissa 2015, 11).

### **Epäpuhtauksien kulkeutuminen**

Rakennuksen ulkopuolelta voi kulkeutua sisätiloihin mikrobeja esimerkiksi maakellarista, eläinsuojasta tai puuvarastosta ulkoilman lisäksi. Mikrobeja voi kulkeutua sisätiloihin esimerkiksi eläinsuojassa toistuvasti vierailevan henkilön vaatteiden mukana. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 11-14.)

### **Saneeraus- ja korjaustyöt**

Mahdollisten korjaustöiden jälkeen tehtävissä sisäilman mikrobimittauksissa saattaa saada väärä positiivinen tulos, mikäli korjausten jälkeen ei ole siivottu tai on siivottu puutteellisesti. Purkutyössä sisäilmaan voi kertyä mikrobipitoista pölyä, joka saattaa näkyä sisäilman mikrobimittauksen tuloksissa. Mikäli mittaukset tehdään liian pian siivouksen jälkeen, mahdolliset rakenteissa olevat vauriot eivät välttämättä ole vielä ehtineet vaikuttaa sisäilmaan. Tällöin saadaan väärä negatiivinen tulos. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 63.)

### **Rakennuksen taustapitoisuus**

Rakennuksen taustapitoisuus mikrobien osalta voi olla korkea johtuen esimerkiksi vanhoissa puurakennuksissa käytetyistä luonnonmateriaaleista, joita voivat olla turve, hiekka, oljet ja sammal. Niissä esiintyy luonnostaan mikrobeja. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 9.)

### **Näytteenottajan toiminta**

Näytteenottojärjestyksellä on vaikutusta tulokseen. Näytteet tulee ottaa edeten puhtaammasta tilasta likaisempaan kontaminaation estämiseksi (Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobi tutkimuksissa 2015, 11). Mikäli kohteessa tehdään rakenneavauksia ennen ilmanäytteenottoa, on mahdollista, että tapahtuu näytteen suora kontaminaatio. Ilmanäyte voi myös kontaminoitua epäsuorasti esimerkiksi näytteenottajan työvaatteiden välityksellä. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 12.)

Korttisen (2010) mukaan näytteiden kuljetus epätasaisessa maastossa tai liian pitkä kuljetusaika voi aiheuttaa näytteiden pilaantumisen. Näytemaljojen kasvatusalusta saattaa irrota epätasaisen maaston takia ja liian pitkä kuljetusaika puolestaan voi aiheuttaa kosteuden kehittymistä näytemaljan kanteen. (Mts. 47.)

### **Näytteenottopaikan merkitys mittaustulokseen**

Sisäilman mikrobipitoisuudet voivat vaihdella riippuen mitattavasta tilasta. Laajoissa tutkimuskohteissa tulisi tutkittavat huonetilat valita eri puolilta rakennusta, paitsi jos vaurioepäilyt kohdistuvat selvästi vain tiettyyn rakennuksen osaan. Siinä tapauksessa näytteenotto voidaan keskittää vaurioepäilylle alueelle. (Meklin ym. 2007, 22.) Esimerkiksi koulurakennusten käytävätiloista otetuista mikrobi näytteistä löytyy useammin kohonneita sieni-itiöpitoisuuksia ja kosteusvaurioindikaattorimikrobilöydöksiä kuin luokkatiloista otetuista näytteistä johtuen ulkovaatteiden säilytyksestä käytävällä ja oppilaiden toistuvasta liikkumisesta ulkoa sisälle (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 65).

## **5.2 Mikrobien materiaalinäytteenottotapahtuman epävarmuus**

Näytteenottokohta ja näytteenottotapahtuma vaikuttavat materiaalinäytteenoton edustavuuteen ja mikrobianalyysitulokseen. Esimerkiksi näytteitä voidaan ottaa liian



pieni määrä tai näyte voi kontaminoitua. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 5.) Materiaalinäyte voi kontaminoitua näytteenottajan vaatteista, käsistä tai välineistä sekä silloin, mikäli näytteenotossa ei edetä puhtaimmaksi oletetuimmasta kohdasta vaurioituneimpaan (Jalkanen & Hyvärinen 2015, 50; Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa 2015, 3).

Epävarmuutta materiaalinäytteenotossa voi aiheuttaa näytteenottokohdan valinta. Yksittäinen näyte edustaa yleensä vain pientä aluetta materiaalista, eikä mikrobikasvusto aina ole tasaista, vaan näytteenottokohdan läheisissä rakenteissa saattaa olla erilainen mikrobikasvusto (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 5; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 144). Myöskään vaurioitunut kohta ei aina ole nähtävissä, eikä aina vaurioituneimmalta näyttävässä kohdassa ole enää aktiivista mikrobikasvua (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 5).

Materiaalinäytteestä voidaan saada väärä positiivinen tulos, jos eristemateriaaliin on kertynyt ajan mittaan ulkoilman mikrobeja tai jos materiaalin pintaan on kulkeutunut mikrobeja läheisestä vauriokohdasta. Näissä tapauksissa kyseessä ei olekaan kosteusvauriosta johtuva mikrobikasvu. (Hyvärinen, Kauhanen & Nevalainen 2009, 19.) Materiaalinäytteiden pitoisuuksissa ei ole vastaavanlaista merkittävää vuodenaikaisvaihtelua kuin sisäilman mikrobinäytteiden pitoisuuksissa (Hyvärinen, Kauhanen & Nevalainen 2009, 20).

Mikäli materiaalinäyte on märkä, tulee tulosta arvioitaessa huomioida, että näyte painaa enemmän kuin kuiva näyte samasta materiaalista. Koska näytteen pitoisuus lasketaan materiaalin painoa vastaan, märän näytteen pitoisuus on hieman pienempi kuin vastaavan kuivan näytteen. Märkiä näytteitä voidaan tulkita hieman vahvemmin mikrobikasvun suuntaan. (Hyvärinen, Kauhanen & Nevalainen 2009, 19.)

Taipale (2016, 15) selvittää opinnäytetyössään, että mikrobien materiaalinäytteenottoon liittyviä epävarmuustekijöitä ovat ulkoinen kontaminaatio, näytepisteen valinta sekä näytteen edustavuus.

### 5.3 Sisäilman VOC-näytteenottotapahtuman epävarmuus

Ympäristöministeriön oppaan Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (2016) mukaan sisäilman VOC-yhdisteiden mittaukseen liittyy lukuisia epävarmuustekijöitä. Näytteenoton ja analyysin tuloksiin muodostama virhe on noin  $\pm 30\%$  sen lisäksi kenttämittauksissa mittausvirhettä kasvattaa mittaajasta ja mittaustilanteesta johtuva vaihtelu. Sisäilman epäpuhtauksia mitattaessa mahdollisimman pitkä keräysaika tasaisi ilman epäpuhtauspitoisuuksien vaihtelua. (Mts. 37-71.)

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b) mukaan lähes kaikista rakennusmateriaaleista vapautuu VOC-päästöjä. Virheettömissä rakennusmateriaaleissa VOC-päästöt pienenevät yleisesti ajan mittaan. VOC-päästöt kasvavat ja/tai niiden koostumus voi muuttua, jos rakennusmateriaaleissa on kosteus tai homevaurioita. (Mts. 5.) Vauriottomien materiaalien emissioita kutsutaan primääriemissioiksi. Ne saattavat olla joissain uusissa materiaaleissa suuria. Vaurioitunut materiaali voi hajota kemiallisesti, jolloin siitä vapautuvia emissioita kutsutaan sekundääriemissioiksi. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 68.)

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b, 5) mukaan vain noin puolet asuntojen VOC-päästöistä aiheutuu rakennusmateriaaleista ja toinen puoli aiheutuu mm. huonekaluista, tekstiileistä, puhdistusaineista, kosmetiikasta sekä asukkaiden ja kotieläinten aineenvaihdunnasta.

Taipale (2016) selvittää opinnäytetyössään, että VOC-ilmanäytteenottoon liittyviä epävarmuustekijöitä ovat ilmanvaihdon toiminta, näytepisteen sijainti tuloilmakanaavaan nähden, rakennuksen paine-erot, mittausajankohta, vallitsevat olosuhteet, ulkoinen kontaminaatio, näytepisteen valinta sekä näytteen edustavuus ja säilytys. Lisäksi käyttäjien toiminta, edellisen siivouksen ja lattiavahauksen ajankohta sekä rakennuksen ja materiaalien ikä voivat vaikuttaa tuloksiin. (Mts. 18.)

#### **Toiminnot ja normaalilähteet**

Erilaisista toiminnoista, kuten ruoanvalmistuksesta, tupakoinnista, kuljetuksesta ja siivouksesta saattaa aiheutua kemiallisia päästöjä huoneilmaan. Asumisterveysoppaassa (2009, 137) mainitaan lisäksi askartelu VOC-mittausten tuloksiin vaikuttavana

toimintona. Sisustus (pehmeät/kovat materiaalipinnat) vaikuttaa sisäilmaston epäpuhtaustasoon. Lisäksi VOC-ilmanäytteenoton virhelähteitä voivat olla hajusteet, puhdistusaineet ja ilmanraikastimet. Mikrobioni Oy:n VOC-näytteenotto-ohjeen (2017, 1) mukaan myös tiloissa oleskelevat ihmiset ja kotieläimet ovat päästölähteitä. (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016, 7-52; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 36.)

### **Olosuhteet**

Ennen mittauksia ja mittaushetkellä vallitsevilla olosuhteilla on huomattavan suuri vaikutus sisäilmassa esiintyviin yhdisteisiin (Villberg & Saarela 2005, 73). Merkittävästi tavanomaista korkeampi huoneilman lämpötila tai suhteellinen kosteus ovat Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b, 3) mukaan päästöjä lisääviä. Markowiczin ja Larssonin (2014) mukaan näytteenottotilan suhteellinen kosteus vaikuttaa voimakkaasti VOC-analyysin tuloksiin. VOC-yhdisteet voivat tarttua sisätiloissa erilaisiin pintoihin ja siirtyä pinnoista sisäilmaan kohonneen suhteellisen kosteuden vaikutuksesta. (Markowicz & Larsson, 2014.)

Kosteuden ja korkean lämpötilan lisäksi VOC-yhdisteiden sisäilmapitoisuuksiin vaikuttavat auringon säteily ja muu lämpösäteily materiaalipintaan, ilmanvaihdon toiminta, ilman liikkeet tilassa, rakennuksen painesuhteet ja ilmanpaineen vaihtelu. Koska ilmavirtaukset vaikuttavat VOC-ilmanäytteen pitoisuuksiin, näytteenottoa ei saisi sijaita tulo- tai poistovirran kohdalla (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69-70). Asumisterveysoppaan (2009, 137) mukaan osa orgaanisista yhdisteistä saattaa muuttua ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta kuten liian korkeasta pintalämpötilasta tai otsonin läsnäolosta muiksi, reaktiivisemmiksi yhdisteiksi.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b, 3) mukaan ilmanvaihdon teho vaikuttaa kääntäen verrannollisesti sisäilman kemiallisten tekijöiden pitoisuuksiin. Mitä suurempi on ilmanvaihtokerroin, sitä alhaisemmat ovat VOC-pitoisuudet (Mettiäinen 2012, 35). Pekkolan (2016, 7) mukaan ilmanvaihdon tehokkuus vaikuttaa pintaemission ja ilmapitoisuuden väliseen suhteeseen. Asunnon tuulettaminen juuri ennen mittauksia johtaa todennäköisesti hyvin pieniin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuksiin (TVOC) (Villberg & Saarela 2005, 73).

### **Vuodenaika**

Sisäilmasta mitattujen yhdisteiden pitoisuudet vaihtelevat vuodenaikojen ja vuorokaudenaikojen mukaan (Asumisterveysopas 2009, 138). Sisäilman VOC-pitoisuudet ovat matalampia talvella (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 36).

### **Epäpuhtauksien kulkeutuminen**

Ulkoilman mukana voi kulkeutua VOC-päästöjä sisäilmaan ilmanvaihdon kautta. Mikäli tilojen läheisyydessä on tuotantotiloja, voi niistä kulkeutua kemiallisia epäpuhtauksia sisäilmaan. Epäpuhtauksia voi kulkeutua sisäilmaan myös liikenteen päästöistä. (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016, 52.)

### **Saneeraus- ja korjaustyöt**

Kemiallisia yhdisteitä voi vapautua sisäilmaan saneeraus- ja korjaustöistä, jolloin sisäilman VOC-pitoisuus voi olla väliaikaisesti koholla. Saneeraus- ja korjaustöiden jälkeinen kohonnut VOC-pitoisuus laskee tehokkaan ilmanvaihdon avulla, kun esimerkiksi maali- ja lakkapinnat kuivuvat. Tuotantotilojen käyttötarkoituksen muuttuessa esimerkiksi toimistotiloiksi, voi esimerkiksi lattioihin olla kertynyt hiilivetyjä ja muita epäpuhtauksia, jotka vaikuttavat sisäilman VOC-pitoisuuteen. (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016, 52-53.)

### **Näytteenottajan toiminta**

Mikäli näytteenottaja syö makeisia tai purukumia, käyttää hajusteita tai polttaa tupakkaa ennen näytteenottoa tai sen aikana, näyte voi kontaminoitua. Näyte voi kontaminoitua myös näytteenottajan likaisista käsistä (Aktiivinen VOC-näytteenotto ATD-keräimeen (Tenax- tai Tenax-Carbograph-putkeen) 2016, 1). VOC-ilmanäytteenotot tehdään aina ennen mahdollisia rakenneavauksia näytteen kontaminaation estämiseksi. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 29-70.)

## Näytteenottoapaikan merkitys

Näytteenottoapaikalla on vaikutusta mittaustulokseen. Näytteenottoapaikan valintaan vaikuttavat rakenteista tehtävät havainnot, kosteusmittaustulokset, mahdolliset ongelmaepäilyt, tilan käyttäjien oireilu ja aistinvaraiset havainnot. Joissain tapauksissa kosteuspitoisuuksissa tai rakenteissa ei havaita vaihtelua. Tällöin mittauskohda pitäisi valita tilassa aistittavien hajujen, oirekuvausten, rakennusaikaisten olosuhteiden tai mahdollisten vesivuotojen perusteella. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 68.)

## 5.4 Pintaemissiomittaustapahtuman epävarmuus

Materiaalin ikä vaikuttaa siitä haihtuvien VOC-emissioiden määrään. Uusien rakennusmateriaalien VOC-emissiot ovat korkeimmillaan, mutta ne pienenevät ajan mittaan. Pintaemissiomittaustulokseen vaikuttavat materiaalin primääriemissiot eli ominaispäästöt, joita voi vapautua runsaasti erityisesti uusista materiaaleista. Mikäli materiaalin primääriemissioita ei tiedetä, ne voidaan selvittää ottamalla vertailunäyte vaurioitumattomalta alueelta. VOC-päästöt kasvavat ja niiden koostumus voi muuttua, jos rakennusmateriaaleissa on kosteus- tai homevaurioita. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 3-5; Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 68-73.)

Sisäilman ja pintarakenteen lämpötila sekä suhteellinen kosteus vaikuttavat pintaemissionäytteenoton tuloksiin. Erityisesti korkea lämpötila ja kosteus suurentavat yleensä VOC-emissioiden määrää. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69-72.) Erityisesti NT Build 484 -ohjeen mukaisesti tehdyissä mittauksissa sisäilman suhteellisen kosteuspitoisuuden vaihtelut vaikuttavat mittaustulokseen ja hankaloittavat tulosten tulkintaa (Keinänen 2013, 25-26). Huoneilman VOC-pitoisuudet vaikuttavat lasikupumenetelmällä saatuihin mittaustuloksiin (Lappi 2013, 44). Vuodenajalla on myös merkitystä mittaustulokseen. Koska talvella huoneilman suhteellinen kosteus on pienempi, talviaikaiset emissiot ovat yleensä kesäaikaisia pienempiä. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 73.)

Mikäli mittauksissa ei edetä oikeassa järjestyksessä, näyte saattaa kontaminoitua. Näytteenotossa kuuluisi edetä puhtaammaksi oletetuimmasta mittauskohdasta likaisempaan (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 72). Näyte saattaa kontaminoitua, jos mittauslaitetta ei puhdisteta mittausten välissä ja edellisen mittauskohteen jäämiä jää laitteeseen. Näyte voi kontaminoitua myös mittajaan käsistä. (VOC-näytteenotto FLEC-laitteella 2016.)

FLEC-näytteenotossa tuloksiin vaikuttavat myös näytteenottopisteen valinta, ilmavirtaus, näytteenotonvirtaus ja tasapinotusaika ennen näytteenottoa sekä laitteen tiiveys. Pintaemissiomittausten tuloksiin vaikuttavat kenttäolosuhteissa kaikki rakenteen eri komponentit esimerkiksi lattiapäällysteen lisäksi tasoite, liima ja runkorakenne. Siksi yksittäisistä materiaaleista mitataan laboratorio-olosuhteissa merkittävästi pienempiä VOC-emissioita. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 71-73).

VOC-mittausten näytteenoton ja analyysin tuloksiin muodostama virhe on noin  $\pm 30$  %. Lisäksi kenttämittauksissa mittausvirhettä kasvattaa mittajasta ja mittaustilanteesta johtuva vaihtelu. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69-71.)

Taipale (2016, 22) selvittää opinnäytetyössään, että FLEC-näytteenoton tulokseen vaikuttavia näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöitä ovat laitteen tiiveys tutkittavaan pintaan nähden, olosuhteet, ulkoinen kontaminaatio, näytepisteen valinta sekä näytteen edustavuus ja säilytys.

## 5.5 VOC-materiaalinäytteenottotapahtuman epävarmuus

Materiaalinäytteeseen saattaa olla varsinaisen tutkittavan materiaalin lisäksi kiinnittynyt muitakin materiaaleja, esimerkiksi tasoitetta, liimaa, pohjustusainetta ja betonia. Ne vaikuttavat materiaalinäytteen emissioihin. Bulk-materiaalinäyteanalyysi ei ole toistettava mittausmenetelmä, koska näytteessä on aina eri määrä tutkittavaan materiaaliin kiinnittyneitä muita rakennusaineita. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 73-74.)

Materiaalin ikä vaikuttaa siitä haihtuvien VOC-emissioiden määrään. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016b) mukaan virheettömien rakennusmateriaalien

VOC-päästöt pienenevät yleisesti ajan mittaan. VOC-päästöt kasvavat ja niiden koostumus voi muuttua, jos rakennusmateriaaleissa on kosteus tai homevaurioita. (Mts. 5.) Kosteuden lisäksi korkea lämpötila suurentaa yleensä VOC-emissioiden määrää (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 6).

VOC-mittauksissa näytteenoton ja analyysin tuloksiin muodostama virhe on noin  $\pm 30$  %, jonka lisäksi kenttämittauksissa mittausvirhettä kasvattaa mittaajasta ja mittaustilanteesta johtuva vaihtelu (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 69-71).

Taipale (2016) selvittää opinnäytetyössään, että VOC-materiaalinäytteenottoon liittyviä epävarmuustekijöitä ovat ulkoinen kontaminaatio, näytepisteen valinta ja kosteustilanne, näytteen edustavuus ja säilytys, edellisen siivouksen ja lattiavahauksen ajankohta sekä rakennuksen ja materiaalien ikä (mts. 20).

## **6 Mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuden huomioiminen ja vaikutus toimenpiderajan ylittymiseen**

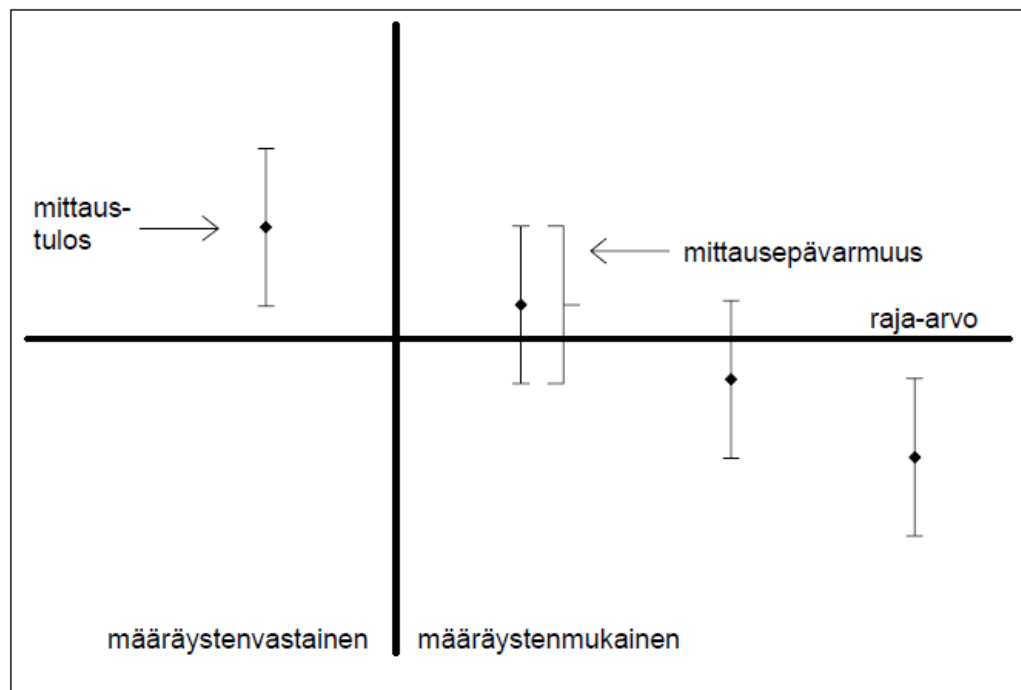
### **6.1 Toimenpiderajan ylittyminen**

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen (2016a, 9-10) mukaan toimenpiderajan katsotaan ylittyvän tai alittuvan, jos Asumisterveysasetuksessa tarkoitettujen altisteiden numeeriset arvot ylittyvät tai alittuvat mittausepävarmuus huomioon ottaen. Joissain tapauksissa toimenpideraja jää kuitenkin mittausepävarmuuden sisään. Pekolan (2016, 6) mukaan johtopäätös terveyshaitan olemassa olosta on tällöin hyvin epävarma.

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (2016, 98) -oppaan mukaan viitearvon osuessa mittausepävarmuuden sisään, ei yksittäisen mittaustuloksen perusteella voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä viitearvon ylittymisestä tai alittumisesta. Ennen Asumisterveysasetusta voimassa olleen Asumisterveysohjeen (2009, 130) mukaan mittaus tulisi toistaa mahdollisimman pian uudestaan, mikäli mittaustulos ylittää tai alittaa lievästi ohjearvon.

Pekkolan (2016) mukaan Asumisterveysasetuksen soveltamiseen liittyviä kysymyksiä on tullut mittausepävarmuudesta ja sen huomioimisesta johtopäätöksiä tehtäessä. Kun toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään, tulisi Pekkolan (2016) mukaan hakea tarkempaa näyttöä siitä, esiintyykö terveyshaittaa vaiko ei. Lehtiartikkelin mukaan tarkempaa näyttöä voi hankkia ottamalla huomioon haitan kokonaisuus, arvioimalla haittaa myös muilla tavoilla, sekä ottamalla useampia näytteitä. Näytteenottoon liittyen on tärkeää arvioida, mistä näyte on otettu ja mitä kyseisen näytteen analyysituloksella todella edustaa. (Mts. 6.)

Rakennusfysiikkaseminaarissa 2015 Valviran ylitarkastaja Pertti Metiäinen esitti, että tulos on määräystenvastainen vain siinä tapauksessa, että tulos ylittää mittausepävarmuuksineen toimenpiderajan (kuvio 8). Mittausepävarmuuden ollessa suuri, toimenpiderajan ylittyminen vaatisi reilusti toimenpiderajan numeerista arvoa suuremman mittaustuloksen, jotta se mittausepävarmuuksineen ylittäisi toimenpiderajan.



Kuvio 8. Pertti Metiäinen esitys toimenpiderajan ylittymisestä mittausepävarmuus huomioiden (Alkuperäinen kuva: Jokipii 2015.)

Viranomainen voi kuitenkin joissain tilanteissa perustellusti poiketa toimenpiderajasta. Asumisterveysasetuksen (A 545/2015, 3 §) mukaan terveyshaittaa arvioidaan kokonaisuutena. Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään pääsääntöisesti terveyshait-



taa aiheuttavan olosuhteen esiintymisenä, mutta ei niissä tapauksissa, joissa terveyshaitan syntyminen on ilmeisen epätodennäköistä. Tällöin viranomainen voi poiketa toimenpiderajasta. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 7.) Viranomainen voi myös katsoa esiintyvän terveyshaittaa, vaikka mikään toimenpideraja ei ylittyisi, jos kokonaisarvioinnin perusteella terveyshaitta on ilmeinen. Toimenpiderajasta poikkeaminen tulee perustella erikseen ja perustelujen tulee pohjautua riittäviin selvityksiin asiasta. Viranomainen voi perustella toimenpiderajasta poikkeamista esiintyvien olosuhteiden perusteella. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 8.)

Pekkolan (2015) mukaan joissain tapauksissa haitan kokonaisarvioinnin perusteella toimenpiderajan suora soveltaminen terveyshaitan rajana voi johtaa väärään lopputulokseen, kun esimerkiksi toimenpiderajan ylittyminen aiheutuu tavanomaisesta tekijästä, joka ei aiheutakaan terveyshaittaa. Vaikka yksittäiset toimenpiderajat eivät ylittyisi, olosuhde voi kokonaisarvion perusteella olla selvästi terveyshaittaa aiheuttava. (Mts. 5-6.)

Pekkolan (2016) mukaan Asumisterveysasetuksen 3 § mahdollistaa toimenpiderajoista joustamisen. Lehtiartikkelissaan Pekkola kutsuu asetuksen pykälää 3 maalaisjärkipykäläksi. Johtopäätöksiä terveyshaitasta ei siis tehdä yksittäisten mittaustulosten, vaan haitan kokonaisarvioinnin perusteella. Asumisterveysasetuksessa on pyritty välttämään liian jäykkää tarkkarajaisuutta. Pekkolan mukaan liian pilkuntarkka toimenpiderajojen soveltaminen lisäisi oikeusmurhien riskiä. Lisäksi Pekkola mainitsee lehtiartikkelissaan, että Asumisterveysasetuksessa on säädetty eri tekijöistä toimenpiderajoina, eikä tarkkoina raja-arvoina. (Mts. 5.)

Pekkolan mukaan asetuksen soveltamistilanteista on tullut muutamia kysymyksiä. Soveltamistilanteissa on yleisesti ohjeistettu, että pyritään mahdollisimman oikeaan ja totuudenmukaiseen ratkaisuun ja että asiaa on pohdittu objektiivisesti eri näkökulmista ja erityisesti terveyshaitan esiintymisen näkökulmasta. Toimenpiderajoista joudutaan joustamaan tyypillisesti tilanteissa, jolloin on tilapäinen olosuhdehaitta. Asumisterveysasetuksessa olevat toimenpiderajat on tarkoitettu ensisijaisesti pysyvän oleskelun ja toistuvasti esiintyvän terveyshaitan arviointiin. Eli mikäli haitta esiintyy vain harvoin tai tilapäisesti, on terveyshaitan arvioinnissa huomioitava altistuksen keston merkitys terveyshaitan syntymiseen. Tällaisia tilanteita voivat olla esimerkiksi tilapäinen yleisötapahtuma ja teollisuuslaitoksen häiriötilanne. (Mts. 5-6.)

## 6.2 Epävarmuuden huomioiminen

Mittaus- ja näytteenottotapahtumaa koskeva epävarmuustarkastelu tulee tehdä, kun arvioidaan toimenpiderajan ylittymistä (A 545/2015, 4 §). Epävarmuustarkastelussa näytteenotto- tai mittaustapahtumasta arvioidaan paikan ja olosuhteen vaikutusta tulokseen. Lisäksi arvioidaan, kuinka edustava näyte tai mittaus on terveyshaitan kokonaisarvion näkökulmasta. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016a, 9-10.) Työterveyslaitoksen ohjeen mukaan (Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen 2016, 31) altistumisolosuhteita arvioitaessa tulee huomioida ilmanvaihto, paine-erot, mahdollinen toiminta tiloissa, ulkoilmaolosuhteet sekä päästölähteiden sijainti, laajuus, voimakkuus ja ilmayhteys sisäilmaan.

Sisäilman mikrobipitoisuuden ja -suvuston tavanomaisuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon rakennuksen ikä ja sijainti, vuodenaika sekä tilan käyttäjien toiminta. Kun tulkitaan kohonneita sisäilman mikrobipitoisuuksia tai poikkeuksellista mikrobisuvustoa, tulee tarkastella huolellisesti näytteenottotilannetta, muita mikrobilähteitä sekä ulkoilman lajistoa. Kun taas arvioidaan altistumisen todennäköisyyttä, tulee huomioida vaurion sijainti, laajuus, painesuhteet sekä ilmayhteys sisätiloihin. Sisäilman mikrobinäytteiden tulosten tulkinnessa tulisi aina huomioida mikrobien normaalilähteiden vaikutus sekä ennen näytteenottoa, että sen aikana pitoisuuksiin vaikuttavat tekijät. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 9-13.)

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeen mukaan (2016b) kemiallisten tekijöiden mittausten perusteella tehtävissä lopullisissa päätelmissä tulee ottaa huomioon mittausolosuhteet. Niiden merkitystä tulisi arvioida toimenpiderajojen ylittymisen tai alittumisen kannalta. (Mts. 3.) Lisäksi tulee huomioida materiaalin primääriemissiot eli ominaispäästöt (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 73).

## 6.3 Epävarmuustarkastelu

Mittausraportissa on esitettävä mittauksen epävarmuus niin, että mittalaitteiden, mittausolosuhteiden ja mittaustavan vaikutukset huomioidaan riittävän tarkasti. Mittausvirhettä aiheuttaneet tekijät arvioidaan lyhyesti. (Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus 2016, 95-98.)

Asumisterveysohjeessa (2016a, 10) mainitaan, että mikrobien mittaus- ja -näytteenottotapaturman epävarmuustarkastelussa arvioidaan mikrobinäytteenottamiseen liittyviä epävarmuustekijöitä, esimerkiksi muita mikrobilähteitä. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (2016) -oppaan mukaan sisäilman mikrobinäytteiden osalta raportissa tulee ilmoittaa tuloksen olevan suunta-antava. Sisäilman mikrobinäytteen tuloksen ollessa tavanomainen tulisi raportissa ilmoittaa seuraavasti: ”–mittaustulos ei luotettavasti poissulje mikrobivaurioiden olemassaoloa tai takaa sisäilman hyvää laatua.”. (Mts. 146.)

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (2016a) on esimerkki VOC-mittauksen epävarmuustarkastelusta:

*Esimerkkinä VOC-mittauksen epävarmuustarkastelu: Asunnon VOC-mittauksen tuloksena saatiin sisäilman TXIB-pitoisuudeksi  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sekä makuu- että olohuoneessa. Olosuhteet mittauksen aikana (31.8. klo 12:00, jolloin ilmanvaihto oli täydellä teholla) olivat ilmanvaihtuvuuden osalta  $0,7 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ , huoneilman lämpötila  $+ 25 \text{ }^\circ\text{C}$  ja RH 65 %. Laboratorion ilmoittama mittausepävarmuus laboratorioanalyysin osalta oli  $\pm 20 \%$ . Laskennallisessa epävarmuustarkastelussa voidaan todeta, että sisäilman todellinen TXIB-pitoisuus on välillä  $4,8 - 7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (alle toimenpiderajan). Mutta sanallisessa epävarmuustarkastelussa kerrotaan, että ilmanvaihto mittaushetkellä oli täydellä teholla, osateholla sisäilman TXIB-pitoisuus olisi todennäköisesti korkeampi (nyrkkisääntönä yhdisteen pitoisuus sisäilmassa on kääntäen verrannollinen ilmanvaihdon tehokkuuteen). Toisaalta huoneilman tavanomaista korkeampi lämpötila ja suhteellinen kosteus voivat lisätä VOC- päästöjä sisäilmaan. Esimerkkitapauksen epävarmuustarkastelun pohjalta päädytään sisäilman VOC-mittausten uusimiseen tavanomaisissa olosuhteissa (ilmanvaihto osateholla, huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus mahdollisesti alemmalla tasolla). (Mts. 10.)*

Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa (2016a) olevassa VOC-mittauksen epävarmuustarkastelussa ilmoitetaan saatu mittaustulos, mittausajankohta, mittausolosuhteet (ilmanvaihtuvuus, huoneilman lämpötila ja suhteellinen kosteus) ja laboratorion ilmoittama laboratorioanalyysin epävarmuus. Tämän jälkeen on ilmoitettu laboratorioanalyysin numeerisen epävarmuuden perusteella laskettu laskennallisen epävarmuustarkastelun tulos. Sitten on todettu, ylittääkö vai alittaako tulos laboratorioanalyysin epävarmuus huomioiden toimenpiderajan ja tämän jälkeen on selostettu sanallisen epävarmuustarkastelun mukaiset huomiot mittaustilanteen olosuhteista ja

niiden mahdollisista vaikutuksista mittaustulokseen. Koska tässä esimerkissä mittaus-tapahtuman olosuhteet eivät olleet tavanomaiset, päädyttiin sisäilman VOC-mittausten uusimiseen tavanomaisissa olosuhteissa.

Jos mikrobien normaalilähteiden vaikutusta ei ole mahdollisuuksien mukaan pois-tettu ja tai näytteenottotilanteen aikaiset tiedot ovat puutteelliset, on sisäilman mik-robinäytteet otettava uudestaan. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2016c, 13.) VOC-yhdisteitä mitattaessa mittaukset pitäisi pyrkiä tekemään myös tavanomai-sissa olosuhteissa, jos mittaolosuhteet ovat olleet hyvin poikkeuksellisia. (Asumis-terveysasetuksen soveltamisohje 2016b, 3.)

## 7 Kyselytutkimuksen tulokset

### 7.1 Kyselyn toteutus

Kysely toteutettiin internetpohjaisella Webropol-ohjelmalla. Kyselystä luotiin julkinen linkki, joka lähetettiin sähköpostitse kahdelletoista alan asiantuntijalle, joista suurin osa työskenteli tutkimuslaitoksissa ja sisäilmatutkimuksiin liittyviä mittauksia teke-vissä konsulttitoimistoissa. Kyselyn saatetekstissä annettiin lupa jakaa kyselyn linkkiä. Kysely oli auki yhden viikon ajan ja siihen vastasi 18 henkilöä. Kyselyn saatekirje löy-tyy liitteestä yksi ja kyselylomakkeet liitteistä 2–5.

Kyselyn pohjustamiseksi käytiin muutamia keskusteluja eri tahojen kanssa. Kyselyn kysymykset laadittiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Kyselyssä käytettiin pääasiassa väittämiä, joiden vastausvaihtoehtoina olivat samaa mieltä, jokseenkin samaa mieltä, ei samaa eikä eri mieltä, jokseenkin eri mieltä, eri mieltä ja en osaa sanoa. Väittämien jälkeen oli varattu vapaita tekstikenttiä väittämien vastausten perusteluja ja muita ajatuksia varten. Kyselyn ensimmäiset, vastaajien taustatietoja kartoittavat kysymyk-set olivat pakollisia. Muut kysymykset olivat vapaaehtoisia. Vastaajien taustatietojen kartoittamiseksi kysyttiin vastaajien koulutusta, työkokemusta sisäilmateknisistä asi-oista sekä sitä, kuinka usein he tekevät työssään sisäilmaan liittyviä kenttätutkimuk-sia.

Kyselyn tarkoituksena oli kartoittaa, miten alan asiantuntijat tulkitsevat Asumister-veysasetuksen (A 545/2015) 4 §:n 3 momenttia: ”Toimenpideraja ylittyy, jos tässä

asetuksessa tarkoitettujen altisteiden numeeriset arvot ylittyvät mittausepävarmuus huomioon ottaen.” ja eroaako se Metiäisen esittämästä tulkinnasta (ks. kuvio 7). Lisäksi pyrittiin selvittämään, miten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuden koetaan vaikuttavan toimenpiderajan ylittymiseen. Kyselyssä selvitettiin myös, missä määrin yrityksissä on otettu tutkimusraporteissa käyttöön mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa.

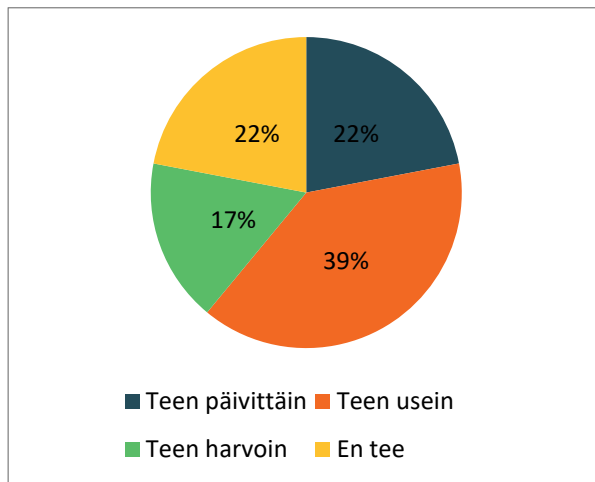
## 7.2 Taustatiedot

Vastaajien koulutustaustaa kartoittavassa kysymyksessä sai valita useamman kuin yhden vastausvaihtoehdon. Huomattavan monella vastaajalla oli rakennusterveysasiantuntijan pätevyys. Seitsemällä 18:sta vastaajasta oli ammattikorkeakoulututkinto ja kuudella ylempi yliopistotutkinto. Kahdella vastaajista oli tutkijakoulutus. Vastausvaihtoehdon ”Muu” vapaaseen kenttään oli vastattu ”opistotasoinen tutkinto”. Vastaajien koulutusta kartoittava kysymys oli pakollinen, joten kaikki 18 kyselyyn osallistunutta vastasi kysymykseen. Kyselyyn vastanneiden koulutustausta esitetään taulukossa yksi.

Taulukko 1. Kyselyyn vastanneiden koulutus (n=18)

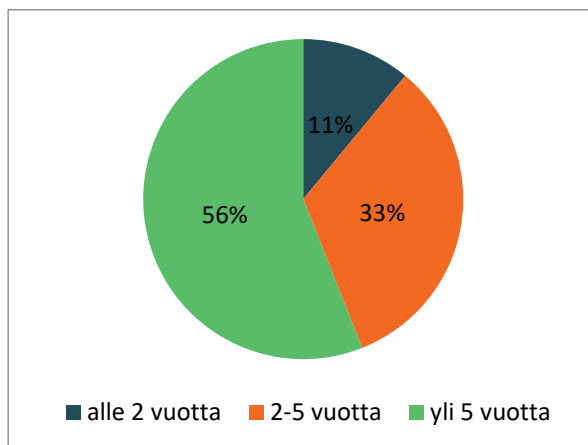
<b>Koulutus</b>	<b>Vastausten määrä</b>
Ammattikorkeakoulututkinto	7
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto	1
Alempi yliopistotutkinto	0
Ylempi yliopistotutkinto	6
Tutkijakoulutus (Lisensiaatti/tohtori)	2
Rakennusterveysasiantuntija	14
Sisäilma-asiantuntija	1
Kosteusvaurion kuntotutkija	1
Muu	1

Suurin osa (78 %) kyselyyn vastanneista tekee työssään sisäilmaan liittyviä kenttätutkimuksia (kuvio 9). Vastanneista 39 % tekee usein työssään sisäilmaan liittyviä kenttätutkimuksia.



Kuvio 9. Sisäilmaan liittyvien kenttätutkimusten tekeminen (n = 18)

Lähes kaikilla kyselyyn vastanneilla oli yli kahden vuoden kokemus sisäilmateknisistä asioista, 56 %:lla oli yli viiden vuoden kokemus ja 33 %:lla oli kokemusta kahdesta viiteen vuoteen (kuvio 10).

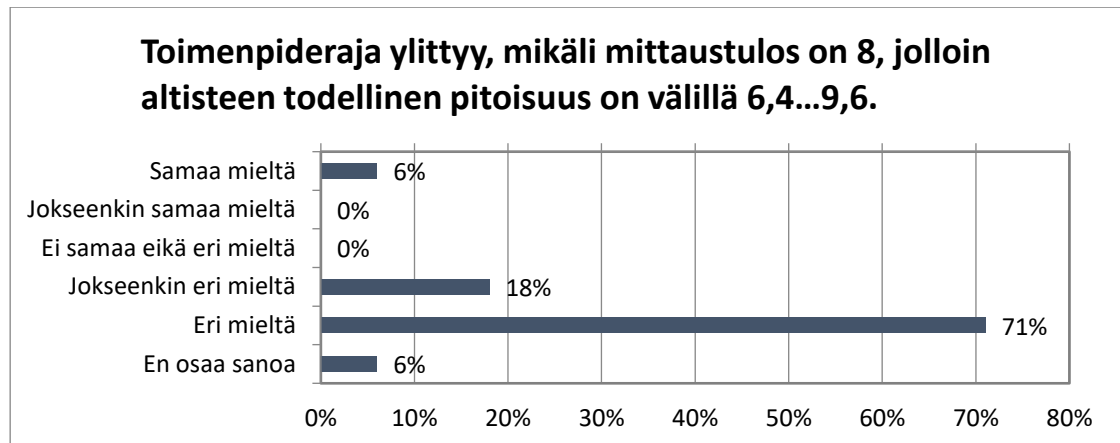


Kuvio 10. Kyselyyn vastanneiden kokemus sisäilmateknisistä asioista vuosina (n = 18)

### 7.3 Toimenpiderajan ylittyminen

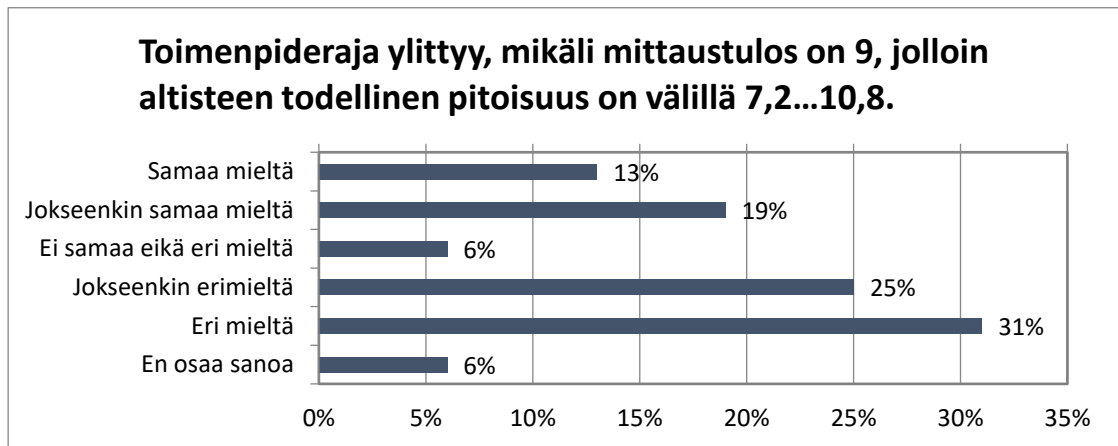
Kyselyssä selvitettiin vastaajien näkemyksiä toimenpiderajan ylittymisestä erilaisten väittämien avulla. Kysymyksiä alustettiin tekstillä: "Asumisterveysasetuksen 4 § 3 mom. sanotaan: 'Toimenpideraja ylittyy, jos tässä asetuksessa tarkoitettujen altisteiden numeeriset arvot ylittyvät mittausepävarmuus huomioon ottaen.' Mitä mieltä olette seuraavista väittämistä? Altisteen toimenpideraja on 10. Laskennallinen mittausepävarmuus on + 20 %." Vastausvaihtoehtoina käytettiin likert-asteikkoa.

Ensimmäiseen väittämään vastasi 17 henkilöä (kuvio 11). Suurin osa vastaajista (71 %) oli eri mieltä väittämästä eli suurin osa oli sitä mieltä, että toimenpideraja ei ylity, mikäli mittaustulos epävarmuuksineen jää alle toimenpiderajan. Kuitenkin 6 % vastaajista oli väittämästä samaa mieltä, eli sitä mieltä, että toimenpideraja ylittyy, vaikka mittaustulos epävarmuuksineen jää alle toimenpiderajan.



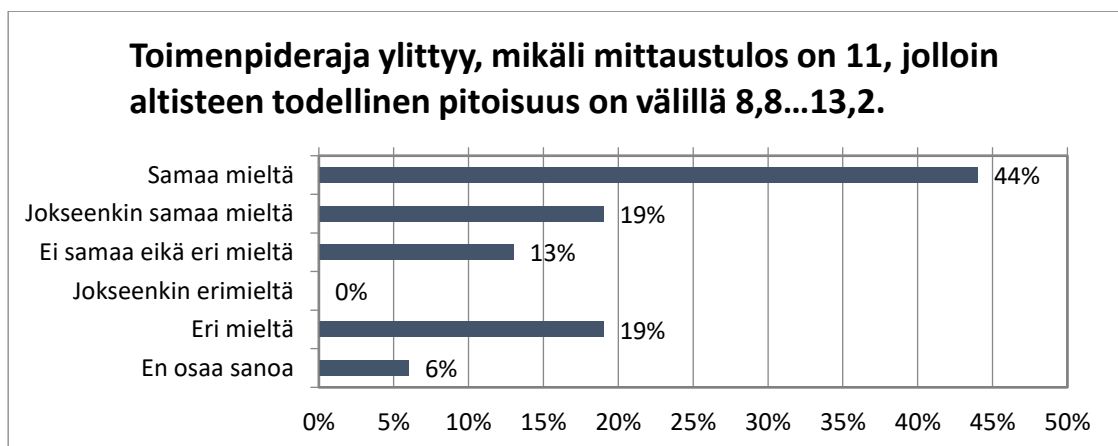
Kuvio 11. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun mittaustulos on epävarmuuksineen toimenpiderajan alapuolella (n = 17)

Toiseen väittämään vastasi 16 henkilöä (kuvio 12). Väittämä oli aseteltu niin, että toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään ja varsinainen mittaustulos alittaa toimenpiderajan lievästi. Vastaajat olivat keskenään huomattavan paljon eri mieltä väittämästä. Eniten (31 %) valittiin vastausvaihtoehto, jonka mukaan kyseisessä tapauksessa toimenpideraja ei ylity, kun taas 13 % oli sitä mieltä, että toimenpideraja ylittyy. Myös muita vastausvaihtoehtoja valittiin runsaasti. Laskemalla keskenään yhteen "samaa mieltä" ja "jokseenkin samaa mieltä" sekä "eri mieltä" ja "jokseenkin eri mieltä" -vastausvaihtoehtojen vastausprosentit, saadaan selville, että vastaajista 56 % kallistui olemaan enemmän eri mieltä kuin samaa mieltä väittämän kanssa ja 32 % kallistui olemaan enemmän samaa mieltä kuin eri mieltä väittämän kanssa.



Kuvio 12. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään ja varsinainen mittaustulos alittaa toimenpiderajan lievästi (n = 16)

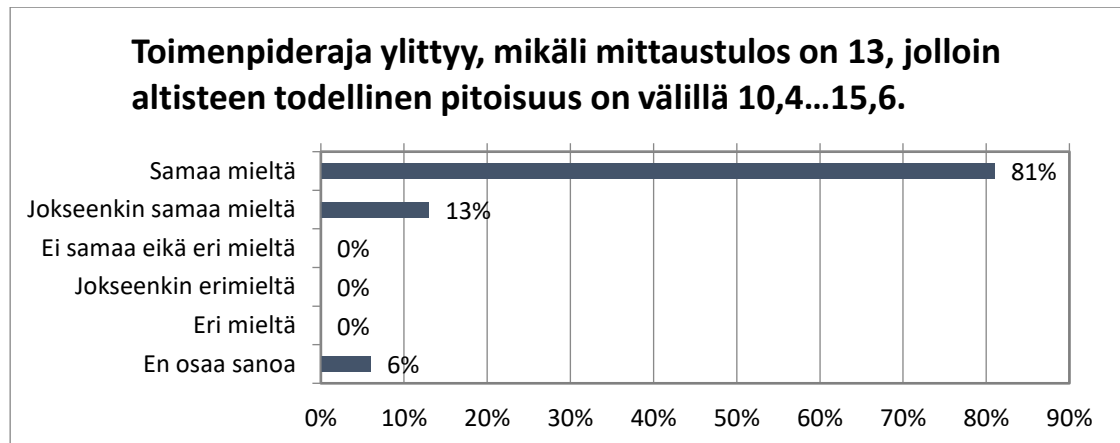
Kolmanteen väittämään vastasi 16 henkilöä (kuviot 12 ja 13). Väittämä oli aseteltu niin, että toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään ja varsinainen mittaustulos ylittää toimenpiderajan lievästi. Myös tämän väittämän osalta valittiin paljon eri vastausvaihtoehtoja. Lähes puolet vastanneista (44 %) oli samaa mieltä väittämästä, eli lähes puolet katsoi toimenpiderajan ylittävän kyseisessä tapauksessa. 13 % vastanneista ei ollut samaa eikä erimieltä väittämän kanssa. Laskemalla keskenään yhteen ”samaa mieltä” ja ”jokseenkin samaa mieltä” sekä ”eri mieltä” ja ”jokseenkin erimieltä” -vastausvaihtoehtojen vastausprosentit, saadaan selville, että vastaajista 63 % kallistui olemaan enemmän samaa mieltä väittämän kanssa ja 19 % kallistui olemaan enemmän eri mieltä väittämän kanssa.



Kuvio 13. Väittämä toimenpiderajan ylittymisestä, kun toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään ja varsinainen mittaustulos ylittää toimenpiderajan lievästi (n = 16)



Neljänteen väittämään vastasi 16 henkilöä (kuvio 14). Väittäjä oli aseteltu niin, että mittaustulos ylittää toimenpiderajan mittausepävarmuuksineen. Kysymykseen vastanneet olivat lähes yksimielisesti samaa mieltä väittäjän kanssa eli 81 % vastaneista katsoi toimenpiderajan ylittyvän, kun mittaustulos epävarmuuksineen ylittää toimenpiderajan.



Kuvio 14. Väittäjä toimenpiderajan ylittymisestä, kun mittaustulos on epävarmuuksineen toimenpiderajan yläpuolella (n = 16)

Näistä toimenpiderajan ylittymiseen liittyvistä väittämistä eniten erilaisia vastausvaihtoehtoja valittiin niissä väittämässä, joissa toimenpideraja jäi mittausepävarmuuden sisään. Kaikista eniten vastanneet olivat keskenään samaa mieltä väittämästä, jossa mittaustulos ylittää toimenpiderajan mittausepävarmuuksineen. Edellisten väittämien jälkeiseen vapaaseen kommenttikenttään kirjoitettiin perusteluita ja täsmennyksiä väittämien vastauksiin liittyen:

*Kun mittaustulos jää epävarmuuden sisälle, ei varmaa johtopäätöstä pystytä tekemään, vaan lisäksi pitäisi olla myös muuta näyttöä toimenpiderajan ylittymisestä tai alittumisesta.*

Muutama vastaajista mainitsi, että kokonaisuus vaikuttaa arvioon toimenpiderajan ylittymisestä. Yksi vastaajista täsmentää vielä, että VOC-yhdisteiden osalta tulisi pohdita myös muiden kuin rakenteista peräisin olevien VOC-lähteiden vaikutusta tulokseen:

*Kokonaisuutta pitää tarkastella, ei yksittäistä mittaustulosta. Ja lisäksi se, mikä ko. yksittäinen (VOC) yhdiste on ja mistä peräisin; jos vaikkapa kosmetiikasta tai siivousaineista niin on merkitykseltään paljon vähäisempi (toimenpiteet helppoja) vs. TXIB tai öljyhiilivedyt.*

Yksi vastaajista kertoi haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) vain harvoin ylittävän toimenpiderajan:

*Osa toimenpiderajoista on melko korkeita, esim. TVOC (400 µg/m<sup>3</sup>) ja on aika harvinaista, että ne ylittyisivät (mittausepävarmuus huomioiden).*

Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että kohtien 6 ja 7 tapauksissa, joissa toimenpideraja jää mittausepävarmuuden sisään, voisi harkita uusintanäytteiden ottamista.

Yksi avoimeen kysymykseen vastanneista pohti, kuinka yhdistää numeerinen ja sanallinen epävarmuustarkastelu tulosta arvioitaessa. Vastaajan esittämä kysymys on hyvin lähellä juuri tämän opinnäytteen tutkimusongelmaa: Miten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuus vaikuttaa toimenpiderajan ylittymiseen. Tämän opinnäytteen kyselytutkimuksessa olisikin ehkä kannattanut kysyä juuri tuo kysymys, jonka vastaaja on avoimessa vastauskentässä esittänyt:

*Kuinka yhdistetään numeerinen ja sanallinen epävarmuustarkastelu ja huomioidaan tämä kokonaisuus tulosta arvioitaessa? Esim. VOC-pumpun virhe + analyysin mittausepävarmuus + näytteenottotapahtumasta tuleva virhe (näytteenottaja, mittapisteen valinta jne) jne?*

#### 7.4 Sanallisen epävarmuustarkastelun vaikutus toimenpiderajan ylittymiseen

Viidenteen väittämään vastasivat kaikki kyselyyn vastanneet 18 henkilöä (kuvio 15). Väittämällä yritettiin herättää vastaajissa ajatuksia siitä, mitä vaikutusta sanallisella epävarmuustarkastelulla on toimenpiderajan ylittymiseen. Kysymyksen jälkeiseen avoimeen vastauskenttään kertyikin hyviä, asiaa selventäviä, vastauksia. Tämän väittämän osalta valittiin useita eri vastausvaihtoehtoja. Väittämän kanssa oltiin kuitenkin pääsääntöisesti eri mieltä. Vastausvaihtoehtoista eniten valittiin ”Jokseenkin eri mieltä” -vaihtoehtoa (39 %). Toiseksi suosituin vastausvaihtoehto oli ”Eri mieltä” (28 %).



Kuvio 15. Väittämä mittaus- tai näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun perusteella tehtävistä johtopäätöksistä (n = 18)

Väittämän vastausten suureen vastausten kirjoon saattoi vaikuttaa väittämän asettelu. Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että väittämä oli vaikeasti muotoiltu. Myös tämän väittämän vapaan kentän vastauksissa toistui se, että johtopäätöksiä ei tehdä vain yksittäisten mittausten perusteella:

*– Näytteenottotilanteessa syntyy suurin epävarmuus. Sen vuoksi onkin tärkeää, että johtopäätöksiä ei tehdä vain yksittäisten mittausten perusteella, vaan johtopäätökset perustuvat kaikkeen hankittuun tietoon.*

*– Kuntotutkijan tulee osata perustaa johtopäätökset ja toimenpidehdotukset muuhunkin kuin yksittäisiin näytteisiin.*

*– Näytteenotto tai mittaus on vain yksi tekijä/menetelmä, jolla toimenpiderajan ylittymistä voidaan arvioida. Jos on selkeä näyttö epäpuhtauslähteestä /toimenpiderajan ylittymisestä esim. rakennusteknisten tutkimusten ja/tai havaintojen perusteella, ei yksittäisen näytteenoton perusteella voida kumota toimenpiderajan ylittymistä.*

Yksi vastaajista täsmentää, että mittausten uusimistarvetta arvioidaan kokonaisuuden perusteella:

*Väittämän todenpitävyys riippuu mitatuista tuloksista: jos esim. mikrobinäyte on ollut puhdas ja vastaavia tuloksia on saatu useita, ei uusintaa tarvittane. Uusimistarvetta tulee arvioida rakennuksen tutkimusten kokonaisuuden perusteella, tässä mittausepävarmuus (niin numeerinen kuin sanallinenkin) on yksi osa.*

Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että sanallisessa epävarmuustarkastelussa voi ilmetä asioita, jotka selittävät toimenpiderajan ylittymisen:

*Sanallisessa epävarmuustarkastelussa voi ilmetä seikkoja jotka selittävät toimenpiderajan ylityksen, eikä uusintanäytettä tai -mittausta tarvita.*

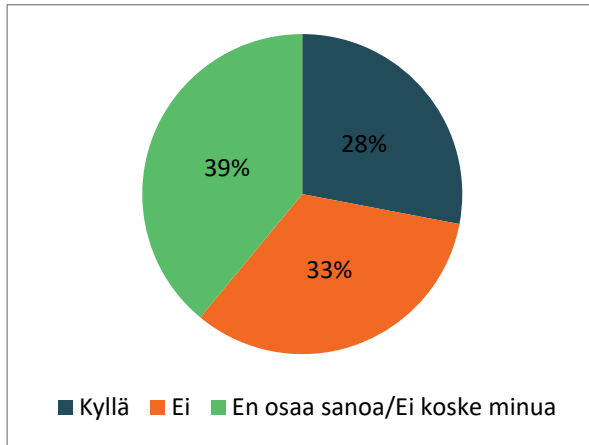
Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että sanallisen epävarmuustarkastelun perusteella voidaan myös päätyä siihen, että mittaus- tai näytteenottotapahtumassa ei ollut lopputulokseen merkittävästi vaikuttavia häiriötekijöitä:

*– Sanallisessa tarkastelussa voidaan tulla myös siihen johtopäätökseen, että näytteenottotapahtumassa ei ollut sellaisia häiriötekijöitä, jotka olisivat merkittävästi vaikuttaneet näytteenoton lopputulokseen. –*

Yhden vastaajan mielestä VOC-yhdisteisiin liittyvissä sisäilmaongelmissa näytteenotto ei yleensä tuo lisäetua korjaustarpeen arviointiin:

*VOC-mittausten osalta mittausten uusiminen (heti) olisi järjetöntä rahan haaskausta, jo VOC-mittausten epävarmuuden ja mittausmenetelmän kokonaisvirhe  $\pm 30$  % huomioiden. Yleensä VOC-asioihin liittyvät ongelmat voidaan ratkaista kosteusmittauksin ja aistinvaraisesti havainnoiden, onko pinnoite pilalla vai ei. Näytteenotto ei yleensä tuo lisäetua korjaustarpeen arviointiin. –*

Kyselyn viimeiseen kysymykseen vastasivat kaikki kyselyyn vastanneet 18 henkilöä (kuvio 16). Kysymyksessä selvitettiin, miten yrityksissä on reagoitu uuteen asetukseen. Suurin osa niistä vastaajista, joita kysymys koski (33 %), ilmoitti, että vastaajan yrityksen tutkimusraporteissa ei ole vielä otettu käyttöön mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallista epävarmuustarkastelua toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa, kun taas 28 %:ssa kyselyyn vastanneiden yrityksistä oli otettu jo otettu käyttöön sanallinen epävarmuustarkastelu toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa.



Kuvio 16. Mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun käyttöönotto kyselyyn vastanneiden yrityksissä (n = 18)

Viimeisen kysymyksen jälkeen kyselyssä oli vielä vapaa vastauskenttä, johon muutama vastanneista oli kirjoittanut perustelujaan liittyen kyselyn viimeiseen kysymykseen:

*Ei asumisterveysasetuksen toimenpideraja-arvojen osalta.*

*Mittausepävarmuuden tarkastelu vaihtelee hieman raporttityypin ja tulosten mukaan. Varsinaisesti sanallista arviointia ei vielä ole sisällytetty, asia on työn alla - tekstit ovat pitkälti jo olemassa.*

Kyselyn perusteella vaikuttaa siltä, että monissa yrityksissä mittaus- ja näytteenotto-tapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun käyttöön ottaminen, toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa, aiheuttaa runsaasti valmistelua, eikä tästä syystä monissa yrityksissä ole vielä otettu käyttöön sanallista epävarmuustarkastelua.

Moni vastaaja oli kirjoittanut viimeiseen avoimeen vastauskenttään koko kyselyyn liittyviä ajatuksiaan. Yksi vastanneista toteaa, että ei ole pitänyt sanallisen epävarmuustarkastelun tekemistä vaikeana:

*Silloin, kun vielä tein käytännön selvityksiä, sisällytin raportointiin kuvauksen niistä olosuhteista, joista näytteet/mittaukset tehtiin. (esim. melumittauksissa kuvauksen mahdollisista mittauksituloksiin vaikuttaneista häiriöistä tai mikrobimittauksissa tuloksiin mahdollisesti vaikuttavista tekijöistä) En pitänyt sanallisen arvion tekemistä vaikeana asiana, mutta mitään prosentuaalista arviota epävarmuudesta ei kenttätutkimuksissa pysty antamaan.*

Yksi vastanneista ilmaisee, että mikrobimittausten osalta sanallisessa epävarmuustarkastelussa voi todeta tuloksen edustavan hetkellistä olosuhdetta, mikrobipitoisuuksien vaihtelevan ajallisesti ja tuloksen olevan suuntaa antava:

*Esimerkiksi sisäilman mikrobimittauksia tehtäessä todetaan yleisellä tasolla, että tulos edustaa hetkellistä olosuhdetta, mikrobipitoisuudet vaihtelevat ajallisesti, ja siksi tulos on suuntaa-antava. –*

Yksi vastanneista kertoo, että mikrobipitoisuuksien osalta mittausepävarmuuden pohdinta on katsottu tarpeettomaksi ja että VOC-yhdisteiden mittausepävarmuutta tarkastellaan, mikäli tulos on viitearvon tuntumassa:

*– Tutkimustiedon perusteella mikrobipitoisuuksien luonnollinen vaihtelu ylittää selvästi mittausepävarmuuden, mistä syystä mittausepävarmuuden pohdinta on katsottu tarpeettomaksi. VOC-yhdisteiden osalta tehdään mittausepävarmuuden tarkastelu (kuten alkupään kysymyksissä), mikäli tulos on viitearvon tuntumassa.*

## 8 Johtopäätökset

Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtumaan karkeaa ja satunnaista virhettä aiheuttavia tekijöitä on paljon. Erityisesti mikrobien ja VOC-yhdisteiden ilmannäytteenottotapahtuma on herkkä mittausten aikana ja mittausta ennen vaikuttavien tekijöiden aiheuttamille virheille. Mittaus- tai näytteenottotapahtumasta tehtyjen havaintojen ja olosuhteiden kirjaaminen näytteenoton yhteydessä tulosten tarkastelua varten korostuu erittäin tärkeäksi. Mittaajan ammattitaito on oltava hyvä, ettei hän omalla toiminnallaan aiheuta epävarmuutta tulokseen, ja että mittaaja havaitsee kaikki tuloksiin mahdollisesti vaikuttavat tekijät mittaus- tai näytteenottopaikan ympäristöstä.

Myös mittausten ja näytteenoton etukäteissuunnittelu on tärkeää. Monia tuloksiin vaikuttavia tekijöitä voidaan vähentää suunnittelemalla etukäteen esimerkiksi näytteenottokohdat ja ilmoittamalla tilan käyttäjälle, mitä toimintoja tiloissa tulee välttää. Tilan käyttäjältä voi myös tiedustella tiloissa mahdollisesti olevista muista epäpuhtauslähteistä, kuten ilmanraikastimista, puhdistuskemikaaleista tai polttopuista,

jotta ne voidaan poistaa tilasta ennen mittausta tai näytteenottoa. Näytteenottokoh-  
tien valinnan tulee olla perusteltua, jotta saadaan edustavat näytteet siitä, mitä on  
tarkoitus tutkia. Useampien näytteiden ottamisella voidaan pienentää mittaus- ja  
näytteenottotapahtuman epävarmuutta.

Toimenpiderajan jäädessä mittausepävarmuuden sisään, mittaustuloksen perusteella  
tehtävä johtopäätös on epävarma. Siinä tapauksessa otetaan tarvittaessa lisää näyt-  
teitä ja terveyshaitan esiintymistä tarkastellaan kokonaisuutena. Johtopäätöksiä ter-  
veyshaitasta ei tulisi tehdä yksittäisten mittaustulosten perusteella. Mittausten uusi-  
minen voisi tulla kyseeseen, mikäli mittausolosuhteet ovat olleet poikkeukselliset,  
muuten olisi kannattavaa tutkia haittaa muilla keinoin, koska monen samankaltaisen  
näytteen ottaminen voi tulla kalliiksi ja toimenpideraja voi edelleen jäädä mit-  
tausepävarmuuden sisään.

Kyselytutkimukseen vastanneista suurin osa oli sitä mieltä, että toimenpideraja ylittyy,  
jos mittaustulos jää laskennallisen epävarmuuden kanssa toimenpiderajan ylä-  
puolelle sekä sitä mieltä, että toimenpideraja alittuu, jos mittaustulos jää laskennalli-  
sen epävarmuuden kanssa toimenpiderajan alapuolelle. Kyselytutkimuksen väittä-  
missä, joissa toimenpideraja jäi laskennallisen mittausepävarmuuden sisään, vastauk-  
set jakautuivat moneen eri vastausvaihtoehtoon. Vastaajat olivat kuitenkin enimmäk-  
seen sitä mieltä, että toimenpiderajan jäädessä mittausepävarmuuden sisään varsi-  
naisen mittaustuloksen ollessa lievästi toimenpiderajan alapuolella, toimenpideraja  
ei ylittyisi. Vastaavasti kysymyksestä, jossa toimenpideraja jää mittausepävarmuuden  
sisään varsinaisen mittaustuloksen ollessa lievästi toimenpiderajan yläpuolella, vas-  
taajat olivat enimmäkseen sitä mieltä, että toimenpideraja ylittyy. Kyselyyn vastan-  
neiden tulkinta toimenpiderajan ylittymisestä eroaa Metiäisen esittämästä tulkin-  
nasta (ks. kuvio 7), koska Metiäisen esittämän tulkinnan mukaan toimenpiderajan  
jäädessä mittausepävarmuuden sisään varsinaisen mittaustuloksen ollessa lievästi  
toimenpiderajan yläpuolella, toimenpiderajan ei katsota ylittyvän, koska mittausepä-  
varmuus ylittää toimenpiderajan alapuolelle.

Kyselyn vapaissa vastauskentissä toimenpiderajan ylittymiseen liittyvien väittämien  
vastauksia perusteltiin niin, että toimenpiderajan jäädessä mittausepävarmuuden si-  
sään ei voida tehdä varmaa johtopäätöstä, vaan tulee hankkia muuta näyttöä toi-  
menpiderajan ylittymisestä ja arvioida kokonaisuutta, eikä yksittäistä mittaustulosta

ja että voisi harkita uusintanäytteiden ottamista. Vastauksissa toistui osittain samoja asioita, mitä kirjallisuuskatsauksessakin löydettiin. Kyselytutkimuksessa selvisi myös, että jotkut toimenpiderajoista, kuten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC), ovat korkeita ja että niiden ylittyminen mittausepävarmuus huomioiden on harvinaista.

Toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa tehdään aina mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustarkastelu, jossa arvioidaan paikan ja olosuhteen vaikutusta tulokseen sekä näytteenoton edustavuutta terveyshaitan kokonaisarvion kannalta. Tämän opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen ja kyselytutkimuksen perusteella voidaan todeta, että sanallisessa epävarmuustarkastelussa mittausvirhettä aiheuttaneet tekijät voidaan arvioidaan lyhyesti ja että sisäilman mikrobimittausten epävarmuustarkastelussa tulisi lukea, että tulos edustaa hetkellistä olosuhdetta, mikrobipitoisuudet vaihtelevat ajallisesti, ja siksi tulos on suuntaa-antava ja mikäli tulos olisi tavanominen, tulisi siihen vielä lisätä, että mittaustulos ei luotettavasti poissulje mikrobivaurioiden olemassaoloa tai takaa sisäilman hyvää laatua. Kyselyssä ilmeni myös sellainen näkökulma asiaan, että mikrobimittausten osalta mittausepävarmuuden pohdinta olisi tarpeetonta johtuen mikrobipitoisuuksien voimakkaasta luonnollisesta vaihtelusta. Kuitenkin voimassa olevan ohjeistuksen mukaan mikrobien normaalilähteiden ja muiden epävarmuustekijöiden vaikutus tulisi huomioida tuloksia tulkittaessa.

On selvää, että sanallisen epävarmuustarkastelun perusteella voidaan päätyä mitausten uusimiseen, jos olosuhteet ovat olleet hyvin poikkeukselliset tai jos mahdollisia muita ilmeisiä epäpuhtauslähteitä ei ole mahdollisuuksien mukaan poistettu. Kyselytutkimuksessa selvisi, että sanallisen epävarmuustarkastelun perusteella voidaan mahdollisesti päätyä myös siihen, että epävarmuustarkastelussa ilmenneiden seikkojen perusteella toimenpideraja ylittyy, eikä uusintanäytteille ole tarvetta. Epävarmuustarkastelussa voidaan myös todeta, että näytteenottotapahtumassa ei ollut sellaisia häiriötekijöitä, jotka olisivat merkittävästi vaikuttaneet mittauksitulokseen.

Sisäilmatutkimusten sanallisen epävarmuustarkastelun vaikutus toimenpiderajan ylittymiseen on kyselytutkimuksen perusteella usealle alan ammattilaiselle jossain määrin epäselvää. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeeseen tarvittaisiin asiaa selventävää ohjeistusta. Monessa yrityksessä ei olla vielä otettu käyttöön mittaus- ja



näytteenottotapahtuman sanallista epävarmuustarkastelua toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa. Tästä voidaan päätellä, että uuden Asumisterveysasetuksen käyttöön ottaminen vaatii yrityksiltä paljon valmisteluja (asetus tullut voimaan 15.5.2015 ja kysely toteutettiin 3.-7.4.2017) ja, että siinä saattaa olla vaikeasti tulkittavia kohtia.

Osittain epäselväksi jäi vielä se miten toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa tulisi yhdistää numeerinen ja sanallinen epävarmuustarkastelu, kuinka yhdistää mittauslaitteesta, analyysistä ja näytteenottotapahtumasta aiheutuva virhe ja voidaanko sanallisessa epävarmuustarkastelussa päätyä siihen johtopäätökseen, että toimenpideraja ylittyy tai alittuu vaikka toimenpideraja jäisi mittausepävarmuuden sisään vai onko niin, että silloin tulosta voidaan hyödyntää vain muiden kohteesta tehtyjen tutkimusten tukena. Sanallisen epävarmuustarkastelun vaikutuksesta toimenpiderajan ylittymiseen sekä sanallisen ja numeerisen epävarmuuden yhdistämiseen tarvittaisiin lisäohjeistusta. Asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa on vain yksi esimerkki epävarmuustarkastelusta. Erilaisille esimerkeille olisi tarvetta. Lisäohjeistus nopeuttaisi yrityksiä ottamaan käyttöön Asumisterveysasetuksen edellyttämän mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun.

Ennen mahdollista lisäohjeistusta olisi tämän opinnäytetyön selvitysten perusteella järkevää menetellä toimenpiderajojen ylittymisten ja mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustarkastelujen kanssa seuraavasti: Toimenpiderajan jäädessä numeerisen mittausepävarmuuden sisään, ei katsottaisi toimenpiderajan ylittyvän eikä alittuvan, vaan todettaisiin epävarmuustarkastelussa, että kyseisen mittaustuloksen perusteella ei voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä ja todettaisiin, että mahdollisen terveyshaitan selvittämiseksi tarvitaan lisätutkimuksia. Kun toimenpideraja on muutoinkin joidenkin altisteiden osalta melko korkea, herää kysymys, mitä sitten lopulta tekee mittauksilla, joihin liittyy suuri epävarmuus. Mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöiden listaamisessa ja analysoinnissa ei vaikuta olevan epäselviä asioita, tutkimustietoa ja ohjeistusta niihin liittyen on saatavilla. Tässä opinnäytetyössä mittaus- ja näytteenottotapahtumaan liittyviä epävarmuustekijöitä on koottu lukuun 5.

## 9 Pohdinta

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin kirjallisen aineiston keräämisellä ja opinnäytetyön tietoperustan rakentamisella. Opinnäytetyön alkuvaiheilla tutustuttiin voimassa olevaan lainsäädäntöön ja ohjeistukseen sekä ennen Asumisterveysasetusta (A 545/2015) voimassa olleeseen ohjeistukseen. Kirjallisen aineiston hakuun käytettiin muun muassa Jyväskylän ammattikorkeakoulun Janet -tietokantaa, kirjastojen yhteis-tietokantaa Melindaa ja Suomen ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden julkaisusi-vustoa Theseusta, finna.fi -tietokantaa sekä BTJ Aleksi -lehtiartikkeleidenhakutieto-kantaa. Hakulauseita muodostettiin muun muassa seuraavista sanoista: mittaus, näytteenotto, sisäilma, asumisterveys, asumisterveysasetus, toimenpideraja, mit-tausepävarmuus, epävarmuustarkastelu, mittausolosuhteet, mittausmenetelmät, mikrobit ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Lisäksi opinnäytetyössä käytettyjä kirjalli-suuslähteitä löytyi alan asiantuntijoiden suosittelemina sekä toisten kirjallisuuslähteiden lähdeluetteloista.

Opinnäytetyössä kerättiin kirjallisista lähteistä sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtumaan liittyvää tietoa lukuun 5. Sisäilman mikrobi- ja VOC-näytteenottotapahtumaan liittyviä epävarmuustekijöitä löytyi paljon ja monessa eri lähteestä löytyi samankaltaista tietoa. Sekä mikrobi- että VOC-materiaalinäytteenottoon liittyviä epävarmuustekijöitä löytyi melko vähän. Epävarmuustekijät pyrittiin lajittelemaan eri otsikoiden alle kokonaisuuden hahmottamiseksi. Vaikka alkuun oli vaikeuksia löytää lähteitä aiheeseen, niitä kuitenkin lopulta löytyi sen verran, että epävarmuustekijöistä saatiin melko paljon tietoa. Vaikka useassa tietolähteessä oli samanlaista tietoa, ei tutkimuksen saturaatiota välttämättä saavutettu. Opinnäytetyön osuutta, johon on koottu mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöitä (luku 5), voisi jatkaa, mikäli aiheesta löytyisi lisää lähteitä ja mikäli uusia tutkimuksia aiheesta tehdään.

Kirjallisuuden lisäksi opinnäytetyön aineistona käytettiin kyselytutkimuksen tuloksia. Kysely toteutettiin verkkokyselynä ja siihen vastasi yhteensä 18 henkilöä, joka oli tämän kyselyn kannalta sopiva määrä. Webropol-ohjelmasta saatiin suoraan tulostettua kyselytutkimusten tuloksia kuvaavia taulukkoja ja kuvaajia. Tulokset analysoitiin

laadullisesti kokoamalla yhteen samankaltaisia vastauksia ja pohtimalla vastausten sisältöä.

Opinnäytetyön aineiston voidaan katsoa olevan validia, koska aineistona käytettiin alan tärkeimpiä julkaisuja, aiheesta tehtyjä tutkimuksia sekä lehtiartikkeleita liittyen esimerkiksi Asumisterveysasetuksen (A 545/2015) voimaantuloon. Kyselytutkimuksella kerätyn aineiston voidaan todeta olevan melko luotettavaa, koska kyselyyn vastanneista suurimmalla osalla oli rakennusterveysasiantuntijan pätevyys sekä yli kahden vuoden työkokemus sisäilmateknisistä asioista. Moni kyselyyn vastaajista tekee työssään sisäilmaan liittyviä kenttätutkimuksia.

Kyselytutkimuksen tulokset pyrittiin esittämään mahdollisimman selkeästi niin, että mahdollisimman paljon alkuperäisiä tutkimustuloksia on nähtävillä. Kyselytutkimuksen avoimia vastauksia esitettiin opinnäytetyössä suorina lainauksina. Sillä pyrittiin varmistamaan tutkimuksen luotettavuutta ja antamaan lukijalle mahdollisuus myös omien johtopäätösten tekoon tässä opinnäytetyössä kerätyn aineiston pohjalta. Tutkimuksen kulku kuvattiin tarkasti. Opinnäytetyön kyselytutkimuksen otanta on melko pieni, joten ei voida olla varmoja siitä, saadaanko samanlaisia tuloksia, mikäli kysely teetetäisi isommalle vastaajajoukolle. Kyselyllä pyrittiin tässä opinnäytetyössä kirjoittamaan sanallisen epävarmuustarkastelun vaikutusta toimenpiderajojen ylittymiseen. Kyselyn perusteella voitiin kuitenkin tehdä suuntaa antavia johtopäätöksiä aiheesta. Ei voida kuitenkaan olla varmoja, onko kysymykset esitetty niin, että vastaajat ovat ymmärtäneet kysymykset oikein. Mahdolliset epäselvästi esitetyt kysymykset ja väärinymmärrykset vähentävät tutkimuksen luotettavuutta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kerättyä tietoa sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöistä (luku 5). Sisäilmatutkimuksia sekä tutkimustulosten raportointia tekevät ja muut aiheesta kiinnostuneet voivat hyödyntää opinnäytetyötä lukemalla luvun 5, josta saa yleiskuvan sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuustekijöistä. Mittaus- ja näytteenottomenetelmiä käsittelevään lukuun (luku 4) on pyritty keräämään tietoa mittauksissa ja näytteenotossa huomioitavista tekijöistä, jotka huomioimalla voi parantaa tulosten luotettavuutta. Sisäilmatutkimusten tutkimustulosten raportointia tekevät voivat hyödyntää opinnäytetyön kyselytutkimuksen tuloksia laatiessaan sanallista epävarmuus-

tarkastelua ja pohtiessaan toimenpiderajan ylittymistä. Opinnäytetyötä hyödynnetään toimeksiantajan korjausrakentamisen toimialan kehityshankkeen Kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen raporttimallin Tutkimusmenetelmät -liitteessä.

## Lähteet

A 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Voimaan tulo 15.5.2015. Viitattu 9.2.2017. <http://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus>.

Aktiivinen VOC-näytteenotto ATD-keräimeen (Tenax- tai Tenax-Carbograph-putkeen). 2016. Työterveyslaitos. Viitattu 1.4.2017. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/Haihtuvat-orgaaniset-yhdisteet-aktiivinen-n%C3%A4ytteenotto-ohje.pdf>.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. 2016a. Osa I. Helsinki: Valvira. Viitattu 30.12.2016.

<http://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje/ac8d5e16-97be-456c-9c9c-ce8560f2092e>.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. 2016b. Osa III. Helsinki: Valvira. Viitattu 30.12.2016.

<https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7a-df6ef7ee0e9c>.

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. 2016c. Osa IV. Helsinki: Valvira. Viitattu 30.12.2016.

<https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>.

Asumisterveysohje 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.

Asumisterveysopas. 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. Pori: Ympäristö ja Terveys -lehti. 3. korj. p.

Diffuusio. 2006. Solunetti. <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/diffuusio/2/>.

Flannigan B., Samsom R. A. & Miller J. D. 2011. Microorganisms in Home and Indoor Work Environments: Diversity, Health Impacts, Investigation and Control. 2. p. Boca Raton, Yhdysvallat: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2016. Tutki ja kirjoita. 21. p. Porvoo: Bookwell Oy

Hirvi, T. 2005. Oikea, luotettava ja tarkoituksenmukainen mittaustapa asuinympäristömme mittauksissa. Ympäristö ja terveys -lehti, 36, 8, 13.

Hyvärinen, A., Kauhanen, E. & Nevalainen, A. 2009. Mikrobitulosten käytännön arviointi. Ympäristö ja terveys -lehti, 40, 4, 19-21.

ILAC-G8:03/2009. Guidelines on the Reporting of Compliance with Specification. Silverwater: International Laboratory Accreditation Cooperation. Viitattu 13.4.2017. <http://www.enao->

[eth.org/publication\\_documents/ILAC\\_G8\\_03\\_2009%20Guidelines%20on%20the%20reporting%20of%20compliance%20with%20specification.pdf](http://eth.org/publication_documents/ILAC_G8_03_2009%20Guidelines%20on%20the%20reporting%20of%20compliance%20with%20specification.pdf).

Ilmanäytteet homeongelman selvittämisessä. 2012. Mikrobioni Oy. Viitattu 26.3.2017. <http://www.mikrobioni.fi/palvelut/analyysipalvelut/ilmanaytteet/>.

Ilmanäytteiden ottaminen 6-vaiheimpaktorilla. N.d. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Viitattu 26.3.2017. <https://www.thl.fi/documents/10531/163988/Ilman%C3%A4ytteiden%20ottaminen.pdf>.

JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Viitattu 22.4.2017. <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>.

SFS-EN ISO 16000-10:2006. Indoor air, Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing, Emission test cell method. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vahvistettu 27.3.2006. Viitattu 12.4.2017. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Jalkanen, K. & Hyvärinen, A. 2015. Mikrobiologiset menetelmät homeaurion toteamisessa. Ympäristö ja terveys -lehti, 46, 5, 50.

Jokipii, M. 2015. Kuva Pertti Metiäisen esityksestä Uusi STM:n asumisterveysasetus ja Valviran soveltamisohje Rakennusfysiikkaseminaarissa 2015.

Järnström, H. 2005. Muovimattopinnoitteen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa. Espoo: VTT Publications. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2005/P571.pdf>.

Keinänen, H. 2013. Hyvät tutkimustavat betonirakenteisten lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin. Opinnäytetyö. Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto.

Keinänen, T. & Järvinen, M. 2014. Mittaustekniikka. Helsinki: Sanoma Pro.

Korttinen, J. 2010. Sisäilmamittausten laatuun vaikuttavia tekijöitä: Sisäilman mikrobiäytteet. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikka.

Kromatografiset menetelmät. N.d. Opetushallitus. Viitattu 22.4.2017. [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat\\_2-2\\_kromatografiset\\_menetelmat.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/analyysimenetelmat_2-2_kromatografiset_menetelmat.html).

Laadukkaan mittaamisen perusteet. 2011. Toim. E. Hiltunen, L. Linko, S. Hemminki, M. Hägg, E. Järvenpää, P. Saarinen, S. Simonen & P. Kärhä. Espoo: Mittatekniikan keskus. Viitattu 21.3.2017. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/MIKES/2011-J4.pdf>.

Lappi, S. 2013. Uudempien PVC-lattiapäällysteiden vaurioituminen kosteusrasituksen johdosta. Opinnäytetyö. Koulutus- ja kehittämispalvelu Aducate, Itä-Suomen yliopisto.

Likert-asteikko. N.d. SurveyMonkey -sivusto. Viitattu 15.4.2017. <https://fi.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>.

Markowicz, P & Larsson, L. 2014. Influence of relative humidity on VOC concentrations in indoor air. Berlin: Springer-Verlag.

Meklin, T., Putus, T., Hyvärinen, A., Haverinen-Shaughnessy U., Lignell, U. & Nevalainen, A. 2007. Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot: opas ongelmien selvittämiseen. Kansanterveyslaitos. Viitattu 15.4.2017.  
[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/78159/Meklin\\_Koulurakennukset-Opas%20KTL-2007.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/78159/Meklin_Koulurakennukset-Opas%20KTL-2007.pdf?sequence=1).

Metiäinen, P. 2012. VOC-yhdisteiden tulkinta asumisterveystutkimuksissa. Ympäristö ja terveys -lehti, 43, 5-6, 35.

Mittausepävarmuus osana tulosten tulkintaa. 2015. FINAS-akkreditointipalvelun sivusto. Viitattu 14.3.2017.  
<https://www.finas.fi/akkreditointi/jaljittavuus/Sivut/Mittausepävarmuus-osana-tulosten-tulkintaa.aspx>.

NT Build 484. 1998. BUILDING MATERIALS: EMISSION OF VOLATILE COMPOUNDS – On-site measurements with Field and Laboratory Emission Cell (FLEC). Nordtest. Viitattu 12.4.2017. [http://www.nordtest.info/images/documents/nt-methods/building/nt%20build%20484\\_building%20materials\\_emission%20of%20volatile%20compounds%20-%20on-site%20measurements%20with%20field%20and%20laboratory%20emission%20cell\\_flec\\_nordtest%20method.pdf](http://www.nordtest.info/images/documents/nt-methods/building/nt%20build%20484_building%20materials_emission%20of%20volatile%20compounds%20-%20on-site%20measurements%20with%20field%20and%20laboratory%20emission%20cell_flec_nordtest%20method.pdf).

Näytteenotto-ohjeet rakennusten mikrobitutkimuksissa. 2015. Turun yliopiston ympäristöntutkimuskeskus. Viitattu 26.3.2017.  
<https://www.utu.fi/fi/yksikot/tyyk/aerobiologia/rakennusmikrobiologia/Documents/N%C3%A4ytteenotto-ohjeet%20rakennusten%20mikrobitutkimuksissa.pdf>.

Ohje työpaikkojen sisäilmasto-ongelmien selvittämiseen. 2016. Helsinki: Työterveyslaitos. Viitattu 30.12.2016.  
<http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/129932/Ohje%20ty%C3%B6paikkojen%20sis%C3%A4ilmasto-ongelmien%20selvitt%C3%A4miseen.pdf?sequence=1>.

Pekkola, V. 2016. Asumisterveysasetuksesta kokemuksia – vuosi takana. Ympäristö ja terveys -lehti, 47, 5, 5-6.

Pekkola, V. 2015. Asumisterveysasetus tuli voimaan. Ympäristö ja terveys -lehti, 46, 5, 5-6.

Perustietoa sisäilmasta. 2008. Paikka: Sisäilmayhdistys ry. Viitattu 30.12.2016.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Perustietoa>.

Seitamaa-Hakkarainen, P. 2014. Kvalitatiivinen sisällönanalyysi. Artikkelimetodix.fi -sivustolla. Viitattu 14.4.2017. <https://metodix.fi/2014/05/19/seitamaa-hakkarainen-kvalitatiivinen-sisallon-analyysi/>.

Puhakka, E., Kärkkäinen, J. & Korhonen, M. 2005. Kokemuksia uusien sisäilman laadun tutkimusmenetelmien käytöstä sisäilmaston kuntotutkimuksissa. Ympäristö ja terveys -lehti, 36, 8, 55.

Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. 2016. Toim. Pitkäranta, M. Helsinki: Ympäristöministeriö.

- Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E. & Reiman, M. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan Tarkastusvaliokunnan julkaisu. 1. painos. Espoo: Kopijyvä Oy. Viitattu pp.kk.2017. [https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj\\_1+2012.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf).
- Taipale, M. 2016. Sisäilmaan liittyvien mittausten tulosten virhetarkastelu. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma.
- Vartiala, T. 2009. Asumisterveyteen liittyvien mittausten laadunvarmistus. Ympäristö ja terveys -lehti, 40, 4, 10-12.
- VOC-näytteenotto ATD-diffuusiokeräimellä. 2016. Työterveyslaitos. Viitattu 17.4.2017. [https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/voc\\_passiivinen.pdf](https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/voc_passiivinen.pdf).
- VOC-näytteenotto FLEC-laitteella. 2016. Työterveyslaitos. Viitattu 2.4.2017. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/FLEC-ohje.pdf>.
- VOC-näytteenotto-ohje. 2017. Mikrobioni Oy. Viitattu 22.4.2017. <http://www.mikrobioni.fi/wp-content/uploads/2012/11/AO10-VOC-n%C3%A4ytteenotto.pdf>.
- Terveyskirjasto. 2016. Määritelmä sanalle kontaminaatio. Helsinki: Duodecim. Viitattu 30.12.2016. [http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=Ilt01728](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=Ilt01728).
- Tieteen termipankki. 2014a. Määritelmä sanalle emissio. Viitattu 22.4.2017. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:p%C3%A4st%C3%B6ilmaan>.
- Tieteen termipankki. 2014b. Määritelmä sanalle reaktiivinen. Viitattu 22.4.2017. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Ymp%C3%A4rist%C3%B6tieteet:reaktiivinen>.
- Villberg, K. & Saarela, K. 2005. VOC-tulosten tulkinta. Ympäristö ja terveys -lehti, 36, 8, 73.



## Liitteet

Liite 1. Kyselyn saatekirje

Hei,

Olen Jyväskylän ammattikorkeakoulun rakennustekniikan koulutusohjelman opiskelija ja olen tekemässä opinnäytetyötä aiheesta Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Ramboll Finland Oy. Opinnäytetyö julkaistaan sähköisessä muodossa kokonaisuudessaan, joten työn tulokset ovat vapaasti kaikkien hyödynnettävissä.

Tervetuloa vastaamaan opinnäytetyöni kyselytutkimukseen. Kyselyyn voi osallistua alla olevasta linkistä ja sitä voi jakaa vapaasti. Kysymykset ovat pääosin monivalintakysymyksiä, mutta arvostan suuresti myös vapaan kentän vastauksia. Tulokset julkaistaan opinnäytetyössä ilman tunnistetietoja. Pidätän oikeuden vapaiden tekstikenttien vastausten julkaisemiseen. Aikaa kyselyyn vastaamiseen kuluu enintään 10-15 minuuttia. Kysely on avoinna tämän viikon perjantaihin 7.4. klo 16 saakka.

Kyselyyn:

<https://www.webropolsurveys.com/S/5AE27DCE6B633377.par>

Tässä vielä lisätietoa opinnäytetyöstä:

Toukokuussa 2015 voimaan tulleessa Asumisterveysasetuksessa vaaditaan mittaus- tai näytteenottotapahtumaa ja jatkoanalyysiä koskeva epävarmuustarkastelu toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa. Opinnäytetyössä tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuuteen ja miten sisäilma-asiantuntijan tulee huomioida mittaus- ja näytteenottotapahtuman epävarmuus tulosten tarkastelussa.

Kiitos osallistumisesta jo etukäteen.

Ystävällisin terveisin,

Sanna Kallio

sanna.kallio@student.jamk.fi

## Liite 2. Kyselylomake 1/4

**Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu  
-opinnäytetyön kyselytutkimus****1. Koulutuksenne \***

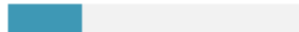
- Ammattikorkeakoulututkinto
- Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
- Alempi yliopistotutkinto
- Ylempi yliopistotutkinto
- Tutkijakoulutus (Lisensiaatti/tohtori)
- Rakennusterveysasiantuntija
- Sisäilma-asiantuntija
- Kosteusvaurion kuntotutkija
- Muu

**2. Kuinka usein teette työssänne sisäilmaan liittyviä kenttätutkimuksia? \***

- Teen päivittäin
- Teen usein
- Teen harvoin
- En tee

**3. Sisäilmateknisiin asioihin liittyvä kokemuksenne vuosina? \***

- alle 2 vuotta
- 2-5 vuotta
- yli 5 vuotta



## Liite 3. Kyselylomake 2/4

**Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu  
-opinnäytetyön kyselytutkimus**

Asumisterveysasetuksen 4 § 3 mom. sanotaan: "Toimenpideraja ylittyy, jos tässä asetuksessa tarkoitettujen altisteiden numeeriset arvot ylittävät mittausepävarmuus huomioon ottaen."

Mitä mieltä olette seuraavista väittämistä?

Altisteen toimenpideraja on 10. Laskennallinen mittausepävarmuus on + 20 %.

**4. Toimenpideraja ylittyy, mikäli mittaustulos on 8, jolloin altisteen todellinen pitoisuus on välillä 6,4...9,6.**

Samaa mieltä  Jokseenkin samaa mieltä  Ei samaa eikä eri mieltä  Jokseenkin eri mieltä  Eri mieltä  En osaa sanoa

**5. Toimenpideraja ylittyy, mikäli mittaustulos on 9, jolloin altisteen todellinen pitoisuus on välillä 7,2...10,8.**

Samaa mieltä  Jokseenkin samaa mieltä  Ei samaa eikä eri mieltä  Jokseenkin erimieltä  Eri mieltä  En osaa sanoa

**6. Toimenpideraja ylittyy, mikäli mittaustulos on 11, jolloin altisteen todellinen pitoisuus on välillä 8,8...13,2.**

Samaa mieltä  Jokseenkin samaa mieltä  Ei samaa eikä eri mieltä  Jokseenkin erimieltä  Eri mieltä  En osaa sanoa

**7. Toimenpideraja ylittyy, mikäli mittaustulos on 13, jolloin altisteen todellinen pitoisuus on välillä 10,4...15,6.**

Samaa mieltä  Jokseenkin samaa mieltä  Ei samaa eikä eri mieltä  Jokseenkin erimieltä  Eri mieltä  En osaa sanoa

**8. Vapaa kommenttikenttä kysymyksiin 4, 5, 6 ja 7 liittyen:**

[<-- Edellinen](#)

[Seuraava -->](#)



## Liite 4. Kyselylomake 3/4

**Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu  
-opinnäytetyön kyselytutkimus**

Mitä mieltä olette seuraavasta väittämästä?

9. Toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa mittaus- tai näytteenottotapahtuman sanallisen epävarmuustarkastelun perusteella ei voida päätyä muuhun johtopäätökseen, kuin mittausten uusimiseen tavanomaisemmissa olosuhteissa.

Samaa mieltä  Jokseenkin samaa mieltä  Ei samaa eikä eri mieltä  Jokseenkin eri mieltä  Eri mieltä  En osaa sanoa

10. Vapaa kommenttikenttä liittyen kysymykseen 9:



## Liite 5. Kyselylomake 4/4

The logo for jamk.fi, consisting of the text "jamk.fi" in a blue, lowercase, sans-serif font.

Sisäilmatutkimusten mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu  
-opinnäytetyön kyselytutkimus

**11.** Onko yrityksenne tutkimusraporteissa olettu jo käyttöön mittaus- ja näytteenottotapahtuman sanallinen epävarmuustarkastelu toimenpiderajan ylittymistä arvioitaessa?

Kyllä  Ei  En osaa sanoa/Ei koske minua

**12.** Vapaa kommenttikenttä liittyen kysymykseen 11:

