

Atte Halmesaari

**KOETUN SISÄILMAN LAADUN  
MUUTOS TEOLLISTEN  
MINERAALIKUITULÄHTEIDEN  
POISTON JA KUITUSIIVOUKSEN  
SUORITTAMISEN JÄLKEEN  
TUTKIMUSKOHTENA PÄIVÄKOTI**

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Ympäristötekniikan koulutus

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Atte Halmesaari	Insinööri (AMK)	Toukokuu 2021
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Koetun sisäilman laadun muutos teollisten mineraalikuitulähteiden poiston ja kuitusiivouksen suorittamisen jälkeen: Tutkimuskohteena päiväkot.		42 sivua 5 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Poistoa oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Hanna Jylkkä, Niina Kesti		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Nykypäivänä sisäympäristöissä tiedetään esiintyvän monenlaisia ihmisten terveyden kannalta vaarallisia tekijöitä ja useat näistä tekijöistä ovat suoraan kytköksissä sisäilmaan. Sisäilman laadun tutkiminen on tärkeätä, jotta voidaan vähentää sisäilmaperäisiä terveyshaittoja ja näin ollen voidaan vaikuttaa ihmisten terveyteen sekä hyvinvointiin sisätiloissa. Hiukkasmaiset epäpuhtaudet ovat yksi sisäilman laatuun eniten vaikuttavista tekijöistä ja niihin kuulu monenlaisia epäpuhtauksia, joista yhtenä tunnetaan teolliset mineraalikuidut. Teollisia mineraalikuituja on tutkittu monissa asuin- ja toimistotyyppisissä rakennuksissa niistä johtuvien hengitys- sekä ärsytysoireiden takia. Tutkimuksien pohjalta rakennuksissa suoritetaan kuitukorjauksia sekä kuitusiivouksia.</p>		
<p>Yksi kuitusiivouksiin erikoistunut yritys on Poistoa oy, joka sai kuitumittaustutkimusten yhteydessä tilauksen kuitusiivouksesta Varsinais-Suomessa sijaitsevalta päiväkodilta. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin kyselytutkimuksen avulla kyseisen päiväkodin työntekijöiltä heidän mielipiteitänsä kohteen sisäilman laadusta teollisten mineraalikuitujen osalta kuitusiivouksen jälkeen, osana jälkitarkastelu prosessia. Kyselytutkimus toteutettiin kahdella kyselylomakkeella, joista saatuja tuloksia analysoitiin määrällisesti sekä laadullisesti käyttäen apuna KyselyNetti-verkko-ohjelmaa. Saatuja tuloksia käytetään myöhemmin jatkotutkimuksien tarpeellisuuden arvioinnissa, jossa tuloksia läpikäymällä työn tilaajalle suositellaan tiettyjä jatkotoimenpiteitä.</p>		
<p>Vastaajilta saatujen tulosten pohjalta todettiin, että työntekijöillä esiintyi kuitusiivousten jälkeen edelleenkin sisäilmasta johtuvaa terveysoireilua, johon teolliset mineraalikuidut eivät kuitenkaan enää luultavasti vaikuttaneet. Tuloksien perusteella ilmanvaihdon riittämättömyyden ja toimimattomuuden todettiin olevan luultavasti aiheuttava tekijä kohteessa työskentelevien jatkuvaan terveysoireiluun. Kyselytutkimuksen avulla kohteeseen voidaan varmemmin suositella tiettyjä jatkotoimenpiteitä sisäilman laadun parantamiseksi ja Poistoa oy saa kyselytutkimuksesta uuden työmenetelmän helpottamaan teollisten mineraalikuitujen jälkiselvitystyötä tulevissa kohteissaan. Terveellinen sisäympäristö on kaikkien oikeus ja tämäntapaiset tutkimukset voivat edesauttaa terveysoireilujen vähentymistä sisäympäristöissä.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Sisäilma, teolliset mineraalikuidut, kyselytutkimus, kuitusiivous, kuitunäytteenotto		

Author (authors)	Degree	Time
Atte Halmesaari	Bachelor of Engineering	May 2021
<b>Thesis Title</b>		
Perceived change in indoor air quality after removal of industrial mineral fiber sources and fiber cleaning in a kindergarten.		42 pages 5 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
Poistoa oy		
<b>Supervisor</b>		
Hanna Jylkkä, Niina Kesti		
<b>Abstract</b>		
<p>These days, indoor environments are known to have a wide variety of factors that are hazardous to human health, and several of these factors are directly related to indoor air. Research into indoor air quality is important in order to reduce indoor health hazards and thus affect human health and wellbeing indoors. Particulate pollutants are one of the factors that most influence indoor air quality and they include a wide range of pollutants, one of which is known as industrial mineral fibers. Industrial mineral fibers have been studied in many residential and office type buildings due to respiratory and irritation symptoms that they can cause. Based on the studies, fiber repairs and fiber cleaning are performed in buildings.</p>		
<p>One company specializing in fiber cleaning is Poistoa oy, which received an order for fiber cleaning from a kindergarten in Southwest Finland in connection with a fiber measurement study. In this thesis, a survey was conducted to find out the opinions of the kindergarten employees about the indoor air quality of the site with regard to industrial mineral fibers after fiber cleaning, as part of the post-examination process. The survey was carried out with two questionnaires, the results of which were analyzed quantitatively and qualitatively with the help of the KyselyNetti online program. The results obtained will be used later to assess the need for further research in which certain follow-up measures will be recommended to the client by reviewing the results.</p>		
<p>Based on the results obtained from the respondents, it was found that after the fiber cleaning, the workers still had indoor health symptoms, which, however, were probably no longer caused by the industrial mineral fibers. Based on the results, inadequate and ineffective ventilation was found to be probable a contributing factor to the ongoing health symptoms of those working at the site. With the help of the survey, certain further measures to improve indoor air quality can be recommended more reliably to the site, and Poistoa oy gets a new working method from the survey to facilitate the post-clearance work of industrial mineral fibers at its future sites. A healthy indoor environment is everyone's right and a study like this can help reduce health symptoms in indoor environments.</p>		
<b>Keywords</b>		
Indoor air, industrial mineral fibers, survey, fiber cleaning, fiber sampling		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	SISÄYMPÄRISTÖ JA SISÄILMA .....	6
2.1	Sisäympäristö .....	6
2.2	Sisäilma .....	7
3	TEOLLISET MINERAALIKUIDUT .....	10
3.1	Valmistusmateriaalit ja -menetelmät .....	12
3.2	Käyttökohteet .....	15
3.3	Lähteet sisäympäristössä .....	16
3.3.1	Ilmanvaihtojärjestelmät .....	16
3.3.2	Sisätilojen rakenteet .....	17
3.4	Terveysvaikutukset .....	18
4	SISÄYMPÄRISTÖN TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN NÄYTTEENOTTO- JA ANALYSOINTI MENETELMIÄ .....	20
4.1	Pinnoille laskeutuneet kuidut .....	21
4.2	Ilmassa leijuvat kuidut .....	23
5	KUITUSIIVOUKSEN TEKEMINEN KOHTEESEEN .....	24
6	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTOT .....	26
7	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	28
7.1	Käyttäjäkysely .....	28
7.2	Tilaaajakysely .....	33
7.3	Yhteenveto jatkotutkimuksien tarpeellisuudesta .....	34
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	35
	LÄHTEET .....	38
	LIITTEET	

Liite 1. Käyttäjäkysely

Liite 2. Tilaaajan kysely

## 1 JOHDANTO

Sisäympäristö ja sisäilma ovat alati kasvavat huolenaihe nykypäivänä, sillä ihmiset viettävät yhä enemmän aikaa sisätiloissa, jolloin voidaan altistua monille terveyttä vaarantaville tekijöille. Yksi monista sisätilojen terveyteen vaikuttavista tekijöistä ovat kuitumaiset epäpuhtaudet, jotka voivat aiheuttaa monenlaisista terveysoireilua melko harmittomasta ihoärsytyksestä aina vaaralliseen keuhkosyöpään asti. Teolliset mineraalikuidut ovat yksi kuitujen alaluokka, jota tavataan usein asuin- ja toimistoympäristöissä pieninä määrinä ja ne ovat melko harmittomia muihin kuituihin verrattuna mutta voivat silti aiheuttaa erilaisia ärsytysoireita. (Työterveyslaitos 2016.)

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui teollisten mineraalikuitujen tutkiminen sisätiloista ja tutkimusmenetelmänä päädyttiin käyttämään kyselytutkimusta. Kyselytutkimuksen tavoitteena oli selvittää ja analysoida sisäympäristön teollisten mineraalikuitujen mahdollista esiintyvyyttä osana Poistoa oy:n jälkiselvitysprosessia kohteessa, jossa oli aikaisemmin tehty kuitumittauksia, kuitulähdekorjauksia sekä kuitusiivous. Kyselytutkimus koostui käyttäjäkyselystä sekä tilaajan kyselystä. Käyttäjäkyselyn tarkoituksena oli selvittää kohteessa työskenteleviltä henkilöiltä, minkälaisena he kokivat tilojen sisäilman laadun ennen ja jälkeen kuitusiivouksen. Tilaajan kyselyllä haluttiin selvittää, minkälainen tilaajan mielipide oli kuitusiivouksen onnistumisesta sekä olisiko tilaajan mielestä jatkotutkimuksille tarvetta.

Kyselytutkimuksen pohjalta saatavia tuloksia olisi tarkoitus käyttää hyödyksi Poistoa oy:n asiakkaan kohteen jälkitoimenpiteiden tarpeellisuuden päätöksenteossa osana jälkitarkasteluprosessia. Tuloksista olisi tarkoitus saada sellaista tietoa, jonka perusteella voitaisiin päättää, onko kohteessa järkevää suorittaa jälkitutkimuksia teollisten mineraalikuitujen osalta vai johtuuko työntekijöiden terveysoireilu jostain muusta. Poistoa oy voisi näin suositella työn tilaajalle oikeanlaisia lisäselvityksiä. Tulosten merkitystä lisää se, että asiakkaan kohteessa on jo kahdesti suoritettu teollisten mineraalikuitujen mittauksia ja kuitulähdekorjauksia sekä kertaalleen kuitusiivous, mutta terveysoireilu ei ole loppunut. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli myös saada aikaan sellaiset kyselyt, joiden osia Poistoa oy voisi hyödyntää myös muiden asiakkaidensa ja

heidän kohteidensa sisäilman teollisten mineraalikulujen jälkiselvitysprosessissa.

Kyselytutkimus tehtiin kuitusiivouksiin erikoistuneet Poistoa oy:n asiakkaalle, ja tutkimuskohteena toimi päiväkotirakennus Varsinais-Suomessa.

## **2 SISÄYMPÄRISTÖ JA SISÄILMA**

### **2.1 Sisäympäristö**

Sisäympäristö on aihe, joka koskettaa kaikkien ihmisten elämää, mutta moni ei välttämättä tule ajatelleeksi sitä arjessa. Suomalaisista kuitenkin suuri osa viettää nykypäivänä valtaosan, jopa 90 % ajastaan sisätiloissa. Tästä syystä jatkuva altistuminen sisäympäristön eri osa-alueille sekä niiden lukuisille vaaratekijöille on korostunut. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2020.)

Sisäympäristö koostuu sisäilmasta, ilmanlaadusta, lämpöolosuhteista, ilmanvaihtojärjestelmästä, ääniympäristöstä, ergonomisista tekijöistä sekä valaistuksesta. Muunlaisina sisäympäristöön vaikuttavina ja sen toimivuuteen liitettävänä tekijöinä pidetään muun muassa turvallisuutta, käytettävyyttä, esteettömyyttä, värejä, rakennus- sekä sisustusmateriaaleja. Nämä osa-alueet huomioidaan ottaen voidaan todeta, että sisäympäristön kokonaisuus koostuu sisäilman ja sisäilmaston lisäksi rakennus- ja talotekniikan osa-alueista, tilojen käyttäjien terveydentilasta ja heidän kokemuksistaan sekä sisäympäristöön itseensä liittyvistä toimintatavoista. Puhuttaessa sisäympäristöstä on tavantomaista liittää se muihin kuin teollisiin kohteisiin kuten kouluihin, päiväkoteihin, toimistoihin, muihin julkisiin rakennuksiin sekä asumis- ja oleskelukäyttöön tarkoitettuihin asuntoihin. (Työterveyslaitos 2019.)

Sisäympäristön, sisäilman ja sisäilmaston samankaltaisten termien vuoksi oikean käsitteen hahmottamisen ja käytön tärkeys korostuu, jotta voidaan olla varmoja siitä, ettei sekoiteta näitä käsitteitä keskenään, vaikka ne liittyvät samaan aiheeseen eli sisäilmaan, mutta hieman eri määrittäisinä. Termejä käytetään siis asioiden selventämisen helpottamiseksi. (Työterveyslaitos 2021.)

Työterveyslaitoksella on kehitetty sisäympäristön kokonaisuutta kuvantava malli, jonka tarkoituksena on sisäympäristön kokonaisuuden hahmottamisen helpottaminen ja luettelointi niistä kriteereistä, joilla sisäympäristöä voidaan kutsua hyvänlaatuiseksi. Tämän niin kutsutun A+B+C-mallin mukaisesti sisäympäristö on hyvänlaatuinen, kun sen kaikki kolme kohtaa (A, B ja C) täyttävät niille asetetut kriteerit. Kohta A:n kriteeriksi on määritelty, että sisäympäristötekijät kuten ilmanlaatu, toimiva ilmanvaihto, oikeat lämpötilaolosuhteet sekä äänieristys toimivat ja ovat määräysten mukaisilla tasoilla. (Työterveyslaitos 2019.)

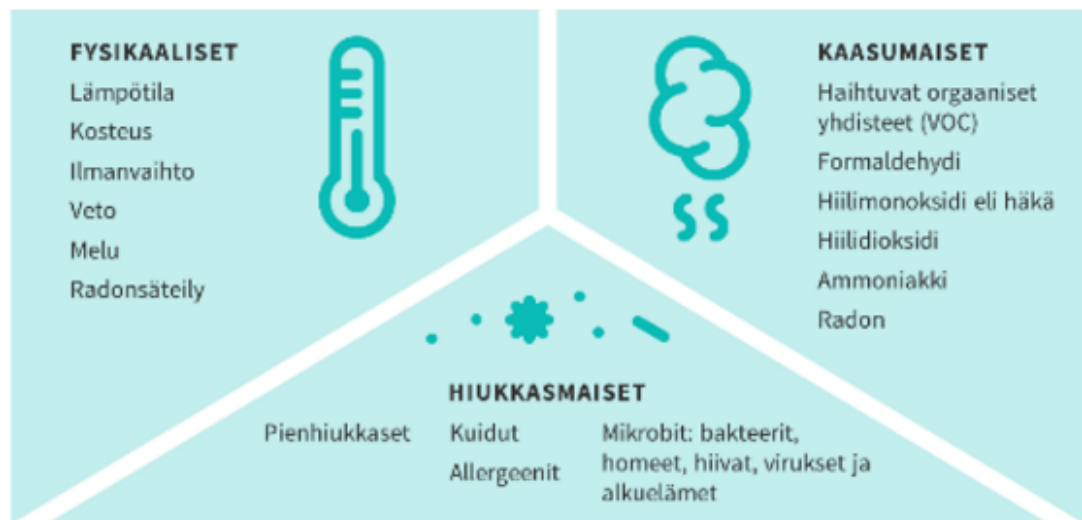
Kohta B:n kriteerinä toimii tilojen käyttäjien tyytyväisyys eli tilojen käyttäjien pitää olla tyytyväisiä sisäympäristöön, eikä heillä saa olla kokemuksia, että tilan sisäympäristö aiheuttaa heille terveyshaittoja. Hyvä työkalu tyytyväisyyden määrittämiseen on käyttäjäkyselyn teettäminen, sillä kyselystä saatavia tuloksia voidaan käyttää apuna arvioidessa, esimerkiksi minkälaisia terveysoireita tilojen käyttäjillä esiintyy, missä tiloissa, kauanko oireilua on jatkunut sekä onko oireille, jokin selvä syy, kuten näkyvä kosteusvaurio sisätiloissa. Viimeisenä kohteen ollessa työpaikka kohta C määrittelee sisäympäristön olevan hyvänlaatuinen, kun työpaikan toimintatavat koskien rakennuksen ylläpitoa, huoltamista sekä sisäympäristöongelmien selvitystyötä ovat toimivia sekä hyviä. (Työterveyslaitos 2019.)

## **2.2 Sisäilma**

Sisäilma toimii osana sisäympäristön määritelmää ja se muodostuu pääosin samoista tekijöistä sekä niiden vaikutuksista kuin sisäympäristö (Työterveyslaitos 2019). Sisäilman ja sisäympäristön käsitteet vaikuttavat samanlaisilta ja usein niitä käytetäänkin sekaisin, myös monissa asiantuntijapiireissä, mutta käsitteet voidaan erotella toisistaan tekijöiden sekä vaikutusten lisäksi myös muilla keinoilla. Työterveyslaitos on esimerkiksi määritellyt sisäympäristön kuvaavan isompaa sisätiloihin ja niiden terveyteen liittyvää kokonaisuutta ja sisäilman puolestaan kuvaavan sisätilojen rakenteiden rajaamaa ilmaa sekä ilman alueen kokonaisuutta. (Työterveyslaitos 2019.)

Sisäilman laatuun vaikuttavat erilaiset fysikaaliset, kemialliset, hiukkasmaiset, kaasumaiset sekä biologiset tekijät (Terveystieteiden ja hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2019).

Fysikaalisina tekijöinä toimivat aikaisemmin mainittujen lämpöolosuhteiden (huoneilman lämpötila ja kosteus) ja ilmanvaihdon lisäksi vedon tunne, ilmavirtojen suunta, tärinä, valaistus, melu sekä säteily. Hiukkasmaisia tekijöitä sisäilmassa ovat erilaiset ulko- ja sisätilojen pienhiukkaset, kuidut ja allergeenit sekä biologisina tekijöinä erilaiset mikrobit kuten bakteerit, homeet ja virukset. Kaasumaisia epäpuhtauksia sisäilmassa ovat haihtuvat orgaaniset yhdisteet, formaldehydit, hiilimonoksidi, hiilidioksidi, ammoniakki sekä radon. (kuva 1.)



Kuva 1. Sisäilman laatuun vaikuttavia ja sitä heikentäviä tekijöitä (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2019)

Fysikaalisista tekijöistä voi aiheutua viihtyvyyshaittaa esimerkiksi sisätilan lämpötilan takia tai vakavia yksilön terveydentilaan kohdistuvia vaaroja. Varsinkin radonpohjainen säteily sekä kova melu voivat aiheuttaa vakaviakin terveyshaittoja ja niiden torjuminen asuin- ja työympäristössä onkin erityisen tärkeää. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019.)

Hiukkasmaisia epäpuhtauksia on monenlaisia ja -kokoisia, jolloin ne voivat aiheuttaa monia erilaisia terveydellisiä riskejä ja oireita. Yleisesti alle 10 µm hiukkasia kutsutaan hengitettäväksi hiukkasiksi ja ne voivat päätyä alempiin hengitysteihin eli keuhkoputkiin ja henkitorveen. Alle 2,5 µm hiukkasia kutsutaan pienhiukkasiksi ja ne voivat päätyä keuhkorakkuloihin asti sekä erityisen pienet alle 0,1 µm hiukkaset voivat joutua keuhkorakkuloista verenkiertoon. (Kovanen ym. 2006, 12.)



Hiukkasmaisia sekä kaasumaisia epäpuhtauksia voi kulkeutua huoneilmaan monista eri lähteistä kuten rakennuksen- ja sisustuksen materiaaleista, ulkoilmasta sekä ihmisen toiminnan seurauksena (Hengityслиitto s.a.). Rakennusmateriaaleista voi normaaleissa olosuhteissa irrota kaasumaisia yhdisteitä kuten ammoniakkaa sekä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC) hyvin pieniä määriä, jolloin ne voivat herkistää oireille, mutta tarpeeksi pieninä pitoisuuksina ne eivät aiheuta vakavia terveyshaittoja. Virheellisesti valmistetuista, rikkiä sisältävistä ja huonolaatuisista materiaaleista sekä huonon ilmanvaihdon ja liiallisen kosteuden takia sisäilmaan voi irrota kuitenkin merkittäviä määriä epäpuhtauksia ja kemiallisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat vakavasti tilojen käyttäjien terveydentilaan. (Sisäilmayhdistys s.a.) Tällaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi kosteusvaurioiden yhteydessä lisääntyvä ammoniakki, joka altistaa limakalvojen ärsytysoireille sekä erilaisissa puumateriaaleissa, käsittelyaineissa, liimoissa ja tupakansavussa esiintyvä formaldehydi, joka aiheuttaa jo pieninä määrinä ylähengitysteiden sekä silmien ärsytystä (Hengityслиitto s.a.).

Rakennusmateriaaleista voi myös irrota monenlaisia kuituja, kuten asbestikuituja, jotka aiheuttavat monia hengityselinsairauksia tai teollisia mineraalikuituja, jotka keraamisia kuituja lukuun ottamatta aiheuttavat vain vaarattomia ärsytysoireita (Hengityслиitto s.a.). Rakennuksesta voi irrota myös erikseen määritettyjä haitta-aineita kuten metalli-, PCB- ja PAH-yhdisteitä (kreosoottia), joiden on todettu aiheuttavan terveyshaittaa (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019).

Ulkoilman saasteet altistavat monille hiukkasmaisille epäpuhtauksille kuten teollisuuden ja liikenteen päästöille, hiilimonoksidille, typen oksideille sekä hiilivedyille, jotka huonotavat sisäilman laatua. Ulkoilmasta mukana tulee usein myös paljon katu- ja siitepölyä, jotka aiheuttavat monille allergisia oireita. Huonosti toimiva ilmanvaihto vaikeuttaa epäpuhtauksien poistumista ja väärin paikkoihin asennetut tuloilmanaukot edesauttavat ulkoilman saasteiden pääsyä sisäilmaan. (Sisäilmayhdistys s.a.)

Ulkoilman saasteita syntyy ihmisen toiminnasta johtuvan teollisuuden ja liikenteen lisäksi myös esimerkiksi tuotantolaitosten ja kotitalouksien puunpoltosta, josta syntyvät epäpuhtaudet voivat myös päätyä sisäilmaan ilmanvaihdon väli-

tyksellä. Sisätiloissa tapahtuva tupakoiminen ja kynttilöiden poltto lisäävät erilaisten haitallisten kemiallisten yhdisteiden ja pienhiukkasten määrää ja muu ihmisen toiminta, kuten ruuanlaitto, nostattavat hetkittäisiä pienhiukkaspitoisuusmääriä hyvinkin korkeiksi. Eläimet lisäävät allergeenien määrää sisäilmassa ja ne voivat myös välittää mukanaan ulkoilman hiukkasia sisäilmaan. Siivoaminen voi myös nostaa sisäilman hiukkaspitoisuuksia tietyksi ajaksi, mutta siivoaminen itsessään ei lisää hiukkasten määrää sisäilmassa. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019.)

Parhaiten sisäilman laatuun voi vaikuttaa perehtymällä oman kodin ilmanvaihtoon, tarkkailemalla rakenteiden ja sisäilman toimivuutta sekä korjaamalla tai raportoimalla eteenpäin ongelmakohdista niiden esiin tullessa. Riittävä siivoaminen sekä muu oma toiminta, kuten oikea oppinen puun poltto ja tupakoimattomuus sisätiloissa, auttavat saavuttamaan hyvän sisäilman laadun. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2021.)

### **3 TEOLLISET MINERAALIKUIDUT**

Termiä teolliset mineraalikuidut (engl. man-made mineral fibres, MMMF) käytetään yleisesti kuvaamaan sellaisia epäorgaanisia kuituja, jotka ovat rakenteeltaan kuitumaisia, silikaattimineraalipohjaisia sekä koostumukseltaan lasimaisia. Luonnosta saatavista kuiduista, esimerkiksi epäorgaanisista asbestikuiduista, teolliset mineraalikuidut eroavat rakenteellisesti sillä, että niillä ei ollenkaan esiinny kiderakennetta, eivätkä ne myöskään halkeile pituussuunnassa ohuemmiksi palasiksi toisin kuin asbesti ja muut orgaaniset kuidut. Sen sijaan teollisille mineraalikuiduille on tavanomaista katkeilla pienempiin pätkiin ja kuitupölyyn poikittaissuunnassa. Teollisilla mineraalikuiduilla on myös asbestiin verraten suurempi halkaisija, jolloin kuidut laskeutuvat ilmasta pinnoille asbestia nopeammin. (Kemian työsuojeluneuvottelukunta 2007; Tuomi ym. 2020, 8.)

Valmistusmenetelmien ja rakenteen mukaan teolliset mineraalikuidut jaotellaan joko jatkuviin lasikuituihin (filamentteihin) tai villakuituihin (Tuomi ym. 2020, 8). Teollisista mineraalikuiduista käytetään tässä opinnäytetyössä kuitenkin hyvin yleisesti mm. WHO:n ja Työterveyslaitoksen toimesta käyttämää luokittelua, jossa teolliset mineraalikuidut jaetaan keraamisiin kuituihin (RCF),

mineraalivillakuituihin/eristevillakuituihin ja teknisiin/jatkuviin lasikuituihin. Mineraalivillakuidut jaotellaan myös valmistusmateriaalien perusteella lasivilloihin, vuori-/kivivilloihin, kuonavilloihin sekä lasimikrokuituihin. (WHO 2000, 1-2; Tuomainen ym. 2003, 10; Työterveyslaitos 2016.)

Partikkelikoon perusteella teollisesti mineraalikuiduiksi luetaan sellaiset partikkelit, joiden pituuden suhteen halkaisijaan on määritelty olevan vähintään 3:1 tai enemmän sekä muodon perusteella sellaiset partikkelit, jotka ovat reunoiltaan lähes yhdensuuntaiset (De Vuyst ym. 1995, 2150). WHO:n määrittelyn mukaan kuiduiksi luettavien partikkelien/hiukkasten tulee myös pituuden ja halkaisijan suhteen vähimmäismäärän 3:1 lisäksi olla vähintään 5 µm pituudeltaan (WHO 2000, 1). Mineraalikuitujen halkaisijoiden tavallisista kokojakamista on tehty vuosien varrella useita erilaisia määrittelyjä asiantuntijoiden toimesta ja määrittelyistä löytyykin jonkin verran eroavaisuuksia. Määrittelyissä on käytetty eri lähdetietoihin perustuvia tuloksia, jolloin asiantuntijasta riippuen eri mineraalikuitujen, kuten jatkuvan lasikuidun tai lasivillan kuitujen, keskimääräiset halkaisijat on määritelty eri tavoin. IARC on esimerkiksi määrittellyt vuorivillan ja kuonavillan kuitujen halkaisijaksi 2,4-5,3 µm toisinkuin De Vuyst ym. jotka ovat määrittelleet vuorivillan halkaisijaksi 4-6 µm ja kuonavillan halkaisijaksi 3-8 µm. (De Vuyst ym. 1995, 2153; WHO ym. 2002, 54-58; Tuomainen ym. 2003, 12.)

Taulukko 1. Teollisten mineraalikuitujen halkaisijakokoja eri toimijoiden määrittelemänä (Tuomainen ym. 2003, 12)

Teollinen mineraalikuitu	Keskimääräinen halkaisija (µm)		
	De Vuyst et al. 1995	Christensen 1993	IARC Monografia 2002
Jatkuva lasikuitu	5 – 16	-	3,3 – 25,4
Lasivilla	4 – 6	0,6 – 8,1	0,6 – 7,7
Lasimikrokuitu	0,1 – 3		
Vuorivilla	4 – 6	2,4 – 5,3	2,4 – 5,3
Kuonavilla	3 – 8	2,3 – 3,9	2,4 – 3,8
RCF	1,2 – 3,5		

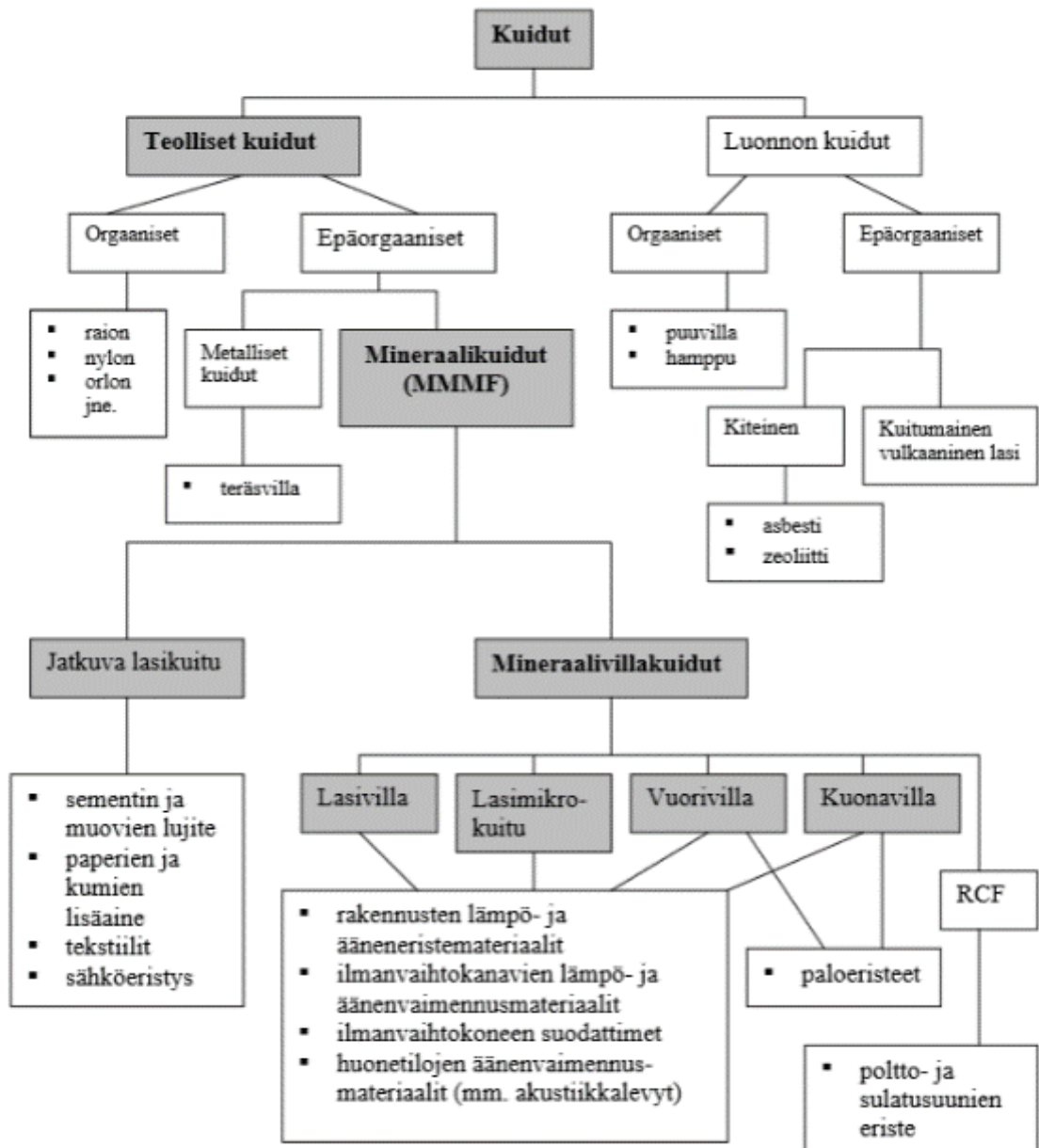
Yleisesti kuitujen altistumista arvioidessa huomioidaan ne kuidut, joiden halkaisija on joko 3 µm tai pienempi, joiden pituus on yli 5 µm sekä pituuden ja halkaisijan välinen suhde 3:1 tai enemmän. Määritelmään kuuluvat muutkin

kuidut kuin teolliset mineraalikuidut, kuten asbestikuidut, ja määritelmää käytetään varsinkin, kun arvioidaan työperäistä kuituallistumista esimerkiksi tuotantotiloissa sekä rakentamisessa, joissa ei ole erikseen otettu huomioon kuitujen HTP-arvoja tai muita raja-, ohje- sekä viitearvoja. Toisaalta arvioidessa työntekijöiden altistumista toimistoympäristöissä teollisille mineraalikuiduille keskitytään enemmän pinnoille laskeutuviin kuituihin, joiden halkaisija voi olla enemmän kuin 3 µm. (Tuomi ym. 2020, 15.)

Sosiaali- ja terveysministeriö on säätänyt asumisterveysasetuksessa teollisille mineraalikuiduille toimenpiderajan, joka on pinnoille laskeutuneessa pölyssä 0,2 kuitua/cm<sup>2</sup>/14 vrk (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 23.4.2015/545). Teollisista mineraalikuiduista käytetään MMMF lyhenteen lisäksi myös MMVF (man-made vitreous fibres), SMF (synthetic mineral fibres) ja SVF (synthetic vitreous fibres) lyhenteitä asiantuntijaryhmästä riippuen (Tuomi ym. 2020, 8).

### **3.1 Valmistusmateriaalit ja -menetelmät**

Teollisia mineraalikuituja valmistetaan monenlaisista mineraalipohjaisista raaka-aineista kuten lasista, kiviaineksesta, masuunikuonasta, kaoliinista sekä piidioksidin ja alumiinioksidin seoksista (WHO ym. 2002, 34). Eri mineraalikuituja jaotellaankin niiden käyttökohteiden lisäksi myös valmistusmateriaalien raaka-aineiden perusteella (kuva 2).



Kuva 2. Eri kuitujen luokittelua perustuen raaka-aineisiin (Tuomainen ym. 2003, 10)

Teollisia mineraalikuituja valmistetaan eri lämpötiloissa raaka-aineiden perusteella sulattamalla ne yhdeksi isommaksi massaksi, josta voidaan sitten valmistaa kuituja joko puhaltamalla, kehräämällä tai vetämällä. Mineraalivilla- ja keraamisia kuituja voidaan valmistaa puhaltamalla sulaneesta raaka-ainemasasta pisaroita tai lankaa höyrysuihkuun tai vaihtoehtoisesti ohentamalla pisaroita sentrifugoinnilla. Teknisten lasikuitujen valmistuksessa sen sijaan käytetään vetotekniikkaa, jossa massaa vedetään suulakkeen läpi vakionopeudella, jolloin saadaan tasapaksua lasikuitua. Vetonopeutta säätämällä kuidun paksumutta voidaan muokata. Kuitutuotteen lopullisen käyttötarkoituksen mukaan kuitujen päälle voidaan myös prosessin loppuvaiheessa lisätä ruiskuttamalla erilaisia side- sekä pölynsidonta-aineita kuten mineraaliöljyjä, fenolihartseja ja

polymeerejä. Ruiskutettujen aineiden tarkoituksena on lisätä kuitujen ominaisuuksia kuten joustavuutta, kestävyyttä ja käytettävyyttä. (De Vuyst ym. 1995, 2152; WHO ym. 2002, 69-75; Tuomainen ym. 2003, 11.)

Keraamiset kuidut (RCF) koostuvat yleensä alumiinisilikaatista ja kuituja valmistetaan kaoliinisavesta, piin-, alumiinin ja muiden metallien oksideista sekä piikarbidista ja -nitridistä. Keraamisiksi kuiduiksi määritellään sellaiset kuidut, joiden alkalioksi- ja maa-alkalioksidipitoisuudet ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO}$ ) ovat enintään 18 painoprosenttia (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta 15.6.2005/509.) Keraamisia kuituja valmistetaan sulattamalla raaka-aineet ensin 1800- 2000 °C:n lämpötilassa yhdeksi isoksi raaka-aine massaksi, jota voidaan sitten esimerkiksi puhaltamalla tehdä kuituja. (Kemian työsuojeluneuvottelukunta 2007; Tuomainen ym. 2003, 11.)

Mineraalivillakuiduista lasivilla- ja lasimikrokuituja valmistetaan kierrätyslasiasta, hiekasta, soodasta sekä kalkkikivestä, vuorivillaa monenlaisista kiviaineksista kuten dolomiitista, basaltista, gabrosta sekä diabaasista ja kuonavillaa masuunikuonasta, jota saadaan metallisulattamoiden sivutuotteena, kun sulatetaan malmeja. Mineraalivillakuitujen valmistus toimii muuten samalla tavalla kuin keraamisten kuitujen, mutta raaka-aineiden sulatukseen riittää alhaisempi lämpötila (n.1000-1500 °C). Mineraalivilla- ja keraamisten kuitujen paksaus vaihtelevat merkittävästi johtuen valmistusprosessista, jonka seurauksena kuidut pakkautuvat kuituvyyhdeiksi. (Tuomainen ym. 2003, 11; Tuomi ym. 2020, 8.)

Teknisiä lasikuituja valmistetaan samoista raaka-aineista kuin lasivillaa sulattamalla raaka-aineet vähintään 1400 °C lämpötilassa, minkä jälkeen massaa vedetään suuttimien läpi, joissa on reikiä, jolloin saadaan tasakokoista lasikuitua. Lasikuitujen halkaisijat eivät voi jäädä alle 3 µm ja lasikuiduista valmistettujen tuotteiden kuidut ovat halkaisijoiltaan samansuuruisia (3-25 µm). (Saarela ym. 2019; Tuomainen ym. 2003, 12.)

### 3.2 Käyttökohteet

Keraamisia kuituja valmistetaan mm. metalli-, kemian ja energiateollisuuden tarpeisiin kuitujen korkean lämmönsietokyvyn takia, mikä johtuu kuitujen suuresta alumiinioksidipitoisuudesta. Lämmönsietokyvyn takia kuituja kutsutaankin tulenkestäviksi keraamisiksi kuiduiksi ja niitä käytetään teollisuuden sulatus- ja polttouunien eristemateriaaleina. Kokonaistuotantoprosentti keraamisilla kuiduilla kaikista teollisista mineraalikuidusta on noin 1-2 %. (WHO ym. 2002, 78-79; Tuomi ym. 2020, 9; Työterveyslaitos 2016.)

Mineraalivillaa käytetään rakenteiden lämmön- ja ääneneristyksessä ja rakennusten ilmanvaihdossa muun muassa läpivientien ja ilmanvaihtohormien lämpöeristeenä, ilmansuodattimissa, äänieristemateriaalina akustiikkapaneeleissa ja -levyissä sekä rakennusten ulkovaipanrakenteiden lämmöneristyksessä. Vuori- sekä kuonavillasta valmistetaan myös paloneristemateriaaleja ilmanvaihtokanaviin sekä muihin rakennusten rakenteisiin. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 2020; Sisäilmayhdistys 2008b; Tuomainen ym. 2003, 11; Tuomi ym. 2020, 13.) Suomessa mineraalivillaa on käytetty 1960-luvulta saakka hyvin yleisesti rakennusten eristemateriaalina ja mineraalivilloista lasivillaa on valmistettu Suomessa 1940-luvulta ja vuorivillaa 1950-luvulta lähtien. Vuosien 1940-1960 välisenä aikana Suomessa on myös valmistettu kuonavillaa. Nykyään kaikista maailmalla tuotetuista teollisista mineraalikuiduista noin 80 % on mineraalivillakuituja. (Tuomainen ym. 2003, 11; Tuomi ym. 2020, 8.)

Teknillisille lasikuiduille tavanomaisia ominaisuuksia ovat keveys, lujuus ja jäykkyys, joiden takia niitä käytetään sellaisissa tuotteissa, joihin kohdistuu kova kuormitus. Lasikuituja käytetäänkin sähkökaapeleissa ja -eristyksissä, liitteenä muoveille ja sementteille, tekstiileissä kuten PVC-tapeteissa ja -mattoissa sekä kumien ja paperien lisäaineena. Teknillisten mineraalikuitujen määrä kaikesta tuotetusta teollisesta mineraalikuidusta on 10-15 %. (Kemian työsuojeluneuvottelukunta 2007; Tuomainen ym. 2003, 11; Tuomi ym. 2020, 8.)

### 3.3 Lähteet sisäympäristössä

Sisäympäristön yleisimmät teolliset mineraalikuidut ovat mineraalivillakuituja, koska niitä käytetään laajasti lämmön- ja ääneneristyksessä, varsinkin asuin- ja toimistotyypisissä rakennuksissa. Teknillisiä lasikuituja esiintyy myös vähän asuin- ja toimistorakennuksissa, mutta keraamisia kuituja ei tavallisesti esiinny, sillä niitä käytetään pääasiassa teollisuudessa. (Työterveyslaitos 2016.) Sisäympäristön mahdollisia kuitulähteitä ovat esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmien tuloilman ääneneristemateriaalit, ilmansuodattimet, kanavistojen eristemateriaalit, rakennuksen akustiikkalevyt sekä rakennuksen ulkovaipparakenteen lämmöneristemateriaalit (Tuomi ym. 2020, 13). Rakennustöiden, huollon sekä korjauksien jälkeen kuituja voi myös vapautua tavallista enemmän sisäilmaan, varsinkin jos näiden toimien jälkiä ei ole kunnolla siivottu tai pölynhallintaa otettu muuten huomioon. Kuitupölyä jää varsinkin ilmanvaihtokanaviin, alalaskuihin ja tasopinnoille, joita harvoin siivotaan sekä koteloihin. (Kollanen 2016, 4-5; Tuomi ym. 14.)

#### 3.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmät

Ilmanvaihtojärjestelmien tavallisia mineraalikuitulähteitä ovat ilmansuodattimet, äänenvaimentimet tuloilmajärjestelmissä, tuloilmakammioissa, ulkoilmakammioissa ja poistoilmakanavissa, päätelaitteiden ja siirtoilmansäleiköiden vaimennusmateriaalit, lämpöeristeet ulkoilmakammioissa sekä rakennusaikein pöly, jota on jäänyt kanavistoon (Kollanen 2016, 4; Tuomi ym. 2020, 13). Varsinkin 1970-1990-luvuilla rakennetuissa ilmanvaihtojärjestelmissä esiintyy huomattavia määriä teollisten mineraalikuitujen lähteitä (Tuomi ym. 2020, 13).

Lasivillasta valmistetuista ilmanvaihtosuodattimista on todettu monissa tutkimuksissa irtoavan normaalissa käytössä pieniä määriä mineraalivillakuituja, samoin kuin tilanteissa, joissa otetaan käyttöön uusi suodatin. Näistä irtoavien kuitujen määrät ovat kuitenkin hyvin pieniä, eikä niistä aiheudu vakavia terveyshaittoja. Suodattimien rikkoutuessa on kuitenkin mahdollista, että sisäilmaan päätyy suuriakin määriä eri paksuisia kuituja, jotka ovat terveydelle haitallisia. (Sisäilmayhdistys 2008b; Tuomainen ym. 2003, 14.) Tuloilmansuodattimista voi myös irrota mineraalivillakuituja, jotka ovat halkaisijaltaan paljon



pienempiä (n. 0,1-2,5 µm) kuin muut lämmön- ja ääneneristykseen käytettävät mineraalivillakuidut (n. 2-10 µm) (Tuomi ym. 2019, 2; Tuomi ym. 2020, 13).

Äänenvaimentimet ovat merkittävin yksittäinen teollisten mineraalikuitujen käyttökohde sisäympäristöissä, joten niiden kunnossapitäminen on sisäympäristön terveydentilan kannalta tärkeätä (Sisäilmayhdistys 2008b). Äänenvaimentimista voi irrota mineraalikuituja, jos niiden suojaus on pettänyt tai ne on jätetty kohonaan suojaamatta (avonaisiksi). Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi, jos ilmanvaihtokanavien ja ilmanvaihtokoneen sisäpintojen äänieristeissä käytettävä ilmavirralla ja sen kuluttavalta vaikutukselta suojaava reikäpelti on hajonnut tai sitä ei ole asennettu ollenkaan. Äänieristeet on myös saatettu pinnoittaa materiaalilla, joka ei kestä ilmanvaihtolaitteiston sisällä pyörivää ilmavirtaa. (Sisäilmayhdistys 2008b.)

Materiaalin rikkoutuminen tai vanhetessaan haurastuminen esimerkiksi iän, tärinän tai kovan iskun voimasta myös lisäävät äänieristeistä irtoavien kuitujen määrää sisäympäristössä. Tällöin usein ainoa keino on rikkoutuneen materiaalin poisto tai pinnoittamattoman materiaalin pinnoitus, esimerkiksi jos päätelaitteesta todetaan irtoavan kuituja, niin koko päätelaitteen vaihtaminen on suositeltavaa. (Sisäilmayhdistys 2008b.) Eristevilla materiaalien kostuminen ja lämpöolosuhteiden muutokset voivat altistaa materiaalin hajoamiselle, mutta eivät suoraan hajota sitä. Suojaamattomien äänieristeiden läpi pääsevä ilmavirta myös kuluttaa eristystä sekä näin ollen lisää kuitujen määrää sisäilmassa. (Kollanen 2016; Tuomainen ym. 2003, 15-16.)

Ulkopuoliset palo- ja lämmöneristemateriaalit eivät oikeaoppisesti asennettuina ja ehjinä päästä mineraalikuituja sisäilmaan, mutta huono asennustyö sekä ilmapuotojen pääsy eristeisiin voivat altistaa kuituemisioille. Pinnoitteiden, esimerkiksi kuitujen irtoamista ehkäisevän lasikuitukankaan, poisjättäminen eristeistä myös mahdollistaa kuitujen pääsyn sisäilmaan. (Sisäilmayhdistys 2008b.)

### **3.3.2 Sisätilojen rakenteet**

Sisätilojen sisäilman kuitulähteinä toimivat rikkinäiset tai suojaamattomat mineraalivillaiset akustiikkalevyt, suojaamattomat mineraalivillat alaslasketuissa

kattorakenteissa ja kotelorakenteissa sekä näihin kertynyt rakennusaikainen pöly. Epätiiveyskohdat ulkoseinienrakenteissa, väliseinienrakenteet, tilkermateriaali väliovissa, läpivientien tiivistykset sekä tasopintojen rakennusaikainen pöly toimivat myös kuitulähteinä. (Kollanen 2016, 5.)

Sisätilojen kuitujen leviämiseen vaikuttavat samat tekijät kuin ilmastointijärjestelmissä. Sisäilman ja ulkoilman lämpötilojen erot vaikuttavat rakennuksen painesuhteisiin, jolloin syntyy alipainetta rakennuksen alaosaan ja yläpainetta yläosaan. Tämä mahdollistaa ilmavirran kulun alapohjarakenteista huonetiloihin ja yläpohjanrakenteista pois huonetiloista. Ilmavirta huoneistossa voi aiheuttaa kuitujen irtoamista akustiikkalevyistä sekä rakenteiden liikkuvuus saattaa aiheuttaa materiaalin haurastumista, jolloin kuituja voi päästää sisäilmaan. (Sisäilmayhdistys 2008a.) Mahdolliset kuitulähteet kuten ulkoseinärakenteiden epätiiveyskohdat ja putkien lämmöneristeet saattavat myös olla pinnoittamattomia, jolloin niistä voi irrota kuituja. Rakennusaikaista kuitupöly voi esiintyä suuriakin määriä alalaskuissa ja kotelorakenteissa, jos sen puhdistuksessa rakentamisen jälkeen on epäonnistuttu, jolloin ilmavirta voi kuljettaa pölyn kuituja sisäilmaan. Sama pätee myös tasopinnoille kertyneeseen kuitupölyyn, jonka vaikuttavuuteen ilmavirran lisäksi myös tilojen käyttäjät voivat omalla toiminnallaan kuten siivoamisella vaikuttaa. (Kollanen 2016, 5-7; Tuomainen ym. 2003, 14-16.)

### **3.4 Terveysvaikutukset**

Teollisten mineraalikuitujen terveysvaikutuksiin vaikuttavat kuitujen fysikaaliset sekä kemialliset tekijät kuten halkaisija, pituus ja liukoisuus. Lisäksi kun arvioidaan kuitujen terveysriskejä, tulee ottaa huomioon kuitujen kulkeutuminen kehoon eri reittien välityksellä (altistuminen), altistumistasot ja altistumisen kesto. Kuitujen tyypistä ja määrästä riippuen terveysvaikutukset voivat olla hyvin ohimeneviä tai vakavampia, joskus jopa pysyviä. (Toxicological Profile for Synthetic Vitreous Fibers 2004; Tuomi ym. 2020, 15.)

Teollisten mineraalikuitujen tiedetään aiheuttavan laajasti erilaisia iho-, silmä- ja hengitystieoireita ja materiaalista irtoavat kuidut lajitellaankin altistumisen mukaan laskeutuviin kuituihin sekä hengitettäviin kuituihin. Hengitettäväksi luetaan kuidut, joiden pituus on suurempi kuin 5 µm, halkaisija pienempi kuin 3

$\mu\text{m}$  ja näiden välinen suhde suurempi kuin 3:1. Laskeutuvat kuidut ovat sen sijaan halkaisijaltaan suurempia kuin  $3 \mu\text{m}$  ja pituudeltaan yli  $20 \mu\text{m}$ . Kuituja, joiden halkaisija on yli  $5 \mu\text{m}$ , kutsutaan paksuiksi kuduiksi ja niiden ärsytysoireet ovat vahvempia kuin ohuempien, alle  $5 \mu\text{m}$  mittaisten kuitujen. (Kilpikari ym. 2019, 273.)

Kuitujen läpimitta vaikuttaa erityisen paljon hengityksen kautta tapahtuvaan altistumiseen. Hengitettävät kuidut voivat pienen halkaisijansa takia kulkeutua syvälle keuhkorakkuloihin asti, kun taas isommat kuidut (yli  $3 \mu\text{m}$ ) jäävät ylempiin hengitysteihin kuten nenään ja aiheuttavat ärsytysoireilua. (Timbrell 1965, 255-257; Tuomi ym. 2020, 15.) Kuitujen pituus vaikuttaa myös kulkeutumiseen elimistössä, sillä keuhkorakkuloihin ei yleensä päädy  $60 \mu\text{m}$  pidempiä kuituja ja  $200\text{-}250 \mu\text{m}$  pituiset kuidut jäävät kiinni ylähengitysteihin (Lippmann 1990 Tuomen 2020, 15 ym. mukaan). Laskeutuvat kuidut eivät pysy kauaa ilmassa eivätkä näin yleensä joudu hengitysteihin, mutta ne voivat joutua kosketuksen kautta iholle ja silmiin aiheuttaen näin ärsytysoireilua (Schneider 2001 Tuomen 2020, 15 ym. mukaan). Altistukseen vaikuttavat kuitupäästöjen lisäksi kuitujen tiheys sekä tilojen siisteys, joten altistusta voidaan ennaltaehkäistä riittävällä siivoamisella (Tuomi ym. 2020, 15).

Eniten teollisista mineraalikuiduista johtuvaa terveysoireilua asumis- ja toimistoympäristöissä aiheutuu mineraalivillakuiduista kuitujen suuren käyttömäärän ja käyttökohteiden takia sekä jonkin verran lasikuiduista niiden käyttökohteiden vuoksi. Mineraalivillakuidut aiheuttavat ärsytystä ihossa, silmissä sekä hengitysteissä ja kuidut myös altistavat ylähengitysteiden tulehduksille. Mineraalivillakuiduista voi myös irrota valmistamisprosessissa käytettyjä sidosaineita kuten fenoliformaldehydihartsia, joka aiheuttaa ihossa ja limakalvoilla kemiallista ärsytystä ja herkistymistä. Kuidut eivät kuitenkaan todennäköisesti aiheuta pitkäaikaisia haittavaikutuksia, sillä niiden poistumisaika elimistöstä on melko lyhyt (n. muutamia viikkoja tai kuukausia) ja ne myös liukenevat hyvin elimistössä. (ACGIH 2001 Tuomen 2020, 15-16 ym. mukaan; Työterveyslaitos 2016; WHO ym. 2002, 35.) Sosiaali- ja terveysministeriö on asettanut mineraalivillakuiduille ja teknisille lasikuiduille HTP-arvoksi (haitalliseksi tunnettu pitoisuus)  $1 \text{ kuitu/cm}^3$  (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunne-

tuista pitoisuuksista 1.9.2020/654). Työterveyslaitos on määritellyt teknisille lasikuiduilla samat terveysvaikutukset ja poistumisajan elimistöstä kuin mineraalivilloille (Työterveyslaitos 2016).

Kuidut halkaisija ei materiaalista irtoamisen jälkeen pienene, jolloin ne eivät myöskään tunkeudu yhtä helposti alahengitysteihin ja keuhkorakkuloihin kuin vaikkapa pienemmän asbestikuidut (Tuomainen ym. 2003, 13). Monissa tutkimuksissa on myös todettu, ettei mineraalivillakuiduille altistuminen lisää juurikaan keuhkosyövän riskiä eikä kuitujen parissa työskentelevillä ole todettu muuta väestöä enempää pitkäaikaisia hengitystiesairauksia kuten keuhkoputkentulehduksia tai astmaa mutta kuidut voivat kuitenkin altistaa niille (Chiazze ym. 2002, 370-372; Marsh 2001 Tuomaisen 2003, 13 ym. mukaan; Sali ym. 1999, 615-616). Tutkimustulosten perusteella on myös esitetty, että kuitujen halkaisijoiden koot vaikuttavat oireisiin. Kuidut, joiden halkaisija on yli 3 µm aiheuttavat ylähengitysteissä ärsytysoireita, kun taas alle 5 µm kuidut eivät aiheuta paljoa ihoärsytystä. Kuidut, joiden pituus on 5-7,5 µm aiheuttavat jonkin verran ihoärsytystä ja 7,5-10 µm kuidut aiheuttavat selkeitä ärsytysoireita iholla sekä silmissä. (Possick 1970 Tuomaisen 2003, 13 ym. mukaan.)

Keraamiset kuidut ovat syöpää aiheuttavia ja niiden poistuminen elimistöstä vie useita vuosia. Toksisuutensa sekä pienen halkaisijansa takia keraamiset kuidut luetellaankin syöpäsairauden vaaraa aiheuttaviksi aineiksi. Keraamisille kuiduille on annettu HTP-arvoksi 0,2 kuitua/cm<sup>3</sup> ja kuiduille altistuneet työntekijät täytyy rekisteröidä ASA-rekisteriin. (Työterveyslaitos 2016.)

#### **4 SISÄYMPÄRISTÖN TEOLLISTEN MINERAALIKUITUJEN NÄYTTEENOTTO- JA ANALYSOINTI MENETELMIÄ**

Teollisten mineraalikuitujen esiintyvyyttä sisäympäristössä voidaan tutkia käyttämällä useita erilaisilla näytteenotto- ja analysointimenetelmiä kuten geeliteippi- ja suodatinkangasnäytteenottoa sekä pyyhintämenetelmää, joissa otettujen pölynäytteiden avulla selvitetään kuitujen määrää sisäympäristössä (Työterveyslaitos 2016). Toteutettavan näytteenotto menetelmän valintaan vaikuttavat tutkimuskohteen olosuhteet sekä kuitujen oletetut lähteet (Tuomi ym. 2020, 20).

Kuitujen pitoisuutta ilmassa mitataan suodatinkangasnäytteenotolla, suodattamalla ilmassa leijuvat kuidut pumpun avulla suodattimille. Suodatinkangasnäytteenoton avulla voidaan myös arvioida kuitujen lähteitä sekä kuitupitoisuuksia sisäilmassa tutkimalla tulo- ja poistoilmaventtiileistä suodatinkankaaseen saatuja näytteitä. Pinnoille laskeutuvan, kuituja sisältävän pölyn kuitumääriä voidaan tutkia määrällisesti (kvantitatiivisesti) geeliteippinäytteenotolla suoraan geeliteippinäytteistä tai imuroimalla pölynäytteitä suodatinkoteloon. Pinnoille laskeutuvia kuituja voidaan tutkia myös pyyhintämenetelmällä otetuista pölynäytteistä, jolloin saadaan laadullista (kvalitatiivista), tietoa kuituista. (Tuomi ym. 2020, 20.)

Saatujen kuitunäytteiden analysointia voidaan tehdä joko valomikroskopia menetelmillä tai elektronimikroskooppisesti riippuen saatujen näytteiden havaintotarkkuusvaatimuksista sekä näytetyypistä. Valomikroskopiassa käytetään joko stereomikroskooppia tai läpivalkaisumikroskooppia, joka voi olla varustettuna erilaisilla optiikoilla kuten polarisaatio-optiikalla (PLM) ja faasikontrastiop-tiikalla (PCOM). Elektronimikroskopiaa käytettäessä voidaan valita joko pyyhkäisy- (SEM) tai läpäisyelektronimikroskooppi (TEM) kuitujen analysointiin. (Tuomi ym. 2020, 20.)

#### **4.1 Pinnoille laskeutuneet kuidut**

Pinnoille laskeutuneiden kuitujen määrittäminen on nykyään hyvin keskeinen tapa, kun selvitetään sisätilojen, varsinkin toimistotilojen kuitupäästöjä. Tämä johtuu siitä, että ilman kuitupäästöjen mittaaminen toimistoympäristöistä ei ole kannattavaa työpäivien pienten keskiarvopitoisuuksien takia. (Tuomi ym. 2020, 20-23.)

Pinnoille laskeutuneita kuituja tutkitaan tasaisilta huonepinnoilta, valmiiksi sovitulta ja merkattulta alueelta, johon huoneilmassa leijuvan pölyn on annettu laskeutua kahden viikon ajan. Näytteiden keräyspinnan pitää myös sijaita sellaisessa kohdassa, etteivät kovat ilmavirrat esimerkiksi tuloilmaelimistä pääse osumaan tutkittavalle pinnalle. Näytettä ei saa myöskään ottaa ikkunalaudalta tai hyllyvälistä muun muassa vedon takia. (Työterveyslaitos 2017a.)

Tavanomaisin näytteenottomenetelmä laskeutuneille kuiduille on geeliteippi-menetelmä, jossa geeliteippi kerää pinnoille laskeutunutta pölyä, jota voidaan sitten analysoida valomikroskoopilla. Mittauspaikan korkeudeksi suositellaan noin 1 ½ metriä lattiatasosta, jotta voidaan simuloida normaalia hengityskorkeutta toimistotiloissa. Ennen mittausta hyvin puhdistettu keräyspinta on jätetty 14 vuorokaudeksi siivoamatta, jotta pöly ehtii kertyä pinnalle. Näytteitä otetaan vähintään kolme/tila sekä yksi nollanäyte/tila, joka tulee ottaa heti pinnan puhdistuksen jälkeen, joko tutkitulta pinnalta tai samalla tavalla puhdistetulta. Nollanäyte tulee ottaa samalla tavalla kuin varsinaiset näytteet. (Työterveyslaitos 2017a.)

Työterveyslaitoksen ohjeistuksen mukaan geeliteippinäytteenotto alkaa irrottamalla geeliteipin puoliskot toisistaan niin, ettei geelialue osu vastakappaleeseen, minkä takia geelipuolella on valkoiset reunat irrotusta helpottamaan. Varsinaiset näytteet otetaan painamalla geeliteippiä tutkittavalle pinnalle niin, että se jää kiinni. Tasaisen painalluksen saamiseksi apuna voidaan käyttää teela tai vaikka teippirullaa, kunhan painetaan tasaisesti, eikä liian kovaa. Geeliteippi irrotetaan varovasti pinnasta koskematta teipin liimapintaa, jotta näytteet eivät mene pilalle. Geeliteippi teipataan tavallisella teipillä geelipuoli ylöspäin petrimaljaan valkoisista reunoistaan siten, että teippi ei osu geeliteipin läpikäyvään pintaan. Tämän jälkeen malja suljetaan ja näyte merkataan, jonka jälkeen se lähetetään laboratorioon analysointia varten. (Työterveyslaitos 2017a.)

Työterveyslaitoksella analysoinnissa näytteistä lasketaan kuidut, joiden halkaisijat ovat yli 3 µm ja laskentaan käytetään valomikroskooppia (Työterveyslaitos). Kuitujen analysoinnissa voidaan käyttää myös ISO 2014 standardia, jossa näytteistä lasketaan kuidut, joiden halkaisijat ovat vähintään 0,2 µm, pituudet yli 5 µm ja pituuden suhde halkaisijaan vähintään 3:1. ISO 2014 standardin mukaan teippimenetelmän määrittäjäraja on suuri (10 kuitua/cm<sup>2</sup>), joh-tuen teipin pienestä pinta-alasta. Laskentaan käytetään 300-400-kertaista vakiosuurennusta sekä lisäksi 1000-kertaista tarkennusta, jotta halkaisijasta voidaan olla varmoja. (Tuomi ym. 2020, 25.) Analyyseista saatavat tulokset ilmoitetaan kuitujen lukumääränä pinta-alaa kohden (kuitua/cm<sup>2</sup>) (Työterveyslaitos 2017a).

Geeliteippimenetelmällä saadaan tietää kuitujen kokonaismäärä tutkittavalta pinnalta, mutta ei kuitujen tyyppiä esimerkiksi ovatko kuidut lasikuitua, lasi- tai vuorivillaa. Tällöin voidaan käyttää pyyhintämenetelmää, jossa näytteitä kerätään pyyhkimällä puhtaalla sulkijalla varustetulla pussilla tutkittavia pintoja. Menetelmässä käytetään samoja peruseriaatteita kuin geeliteippimenetelmässä, mutta näytteenotto ja analysointi eroavat. Menetelmä sopii myös pintäpölynäytteenoton lisäksi kanavapölynäytteenottoon. (Työterveyslaitos 2017b.)

Näytteenoton aluksi pussi käännetään niin, että käsi jää pussin sisälle, jonka jälkeen tutkittavia tasopintoja tai tuloilmakanavan sisäpintaan pyyhitään, jolloin pöly tarttuu pussin pinnalle. Pyyhinnän jälkeen pussi käännetään ja suljetaan tiiviisti, jolloin pöly jää pussiin sisälle. Pusseja käytetään yksi per näytteenottopinta ja näytteenottokohteet kirjataan ylös. Laboratoriossa pusseista pöly kerätään tislattuun veteen. Näyte sitten suodatetaan imun avulla polykarbonaattisuodattimeen, joka kullataan ja pöly analysoidaan kvalitatiivisella tavalla pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM). (Tuomi ym. 2020, 28; Työterveyslaitos 2017b.) Pussien näytteiden pintaa voidaan tällöin tarkastella noin 1000 - 100 000 kertaisilla suurennoksilla. Tarkasteltaessa näytteitä pussia valaistaan pyyhkäisevällä elektronisuihkulla ja sitä ohjailaan sähkömagneettisin linsein sekä mekaanisilla aukoilla (apertuureilla). (Solunetti 2006.) Näin saadaan tietää mitä kuituja pussin pöly sisältää eli kuiduista saadaan laadullista tietoa, mutta tuloksista ei selviä kuitujen pitoisuuksia pinnoilta. Menetelmä myös mahdollistaa vain karkean arvioinnin päästölähteiden pölyn koostumuksesta. (Tuomi ym. 2020, 28; Työterveyslaitos 2017b.)

Teippimenetelmä ei sovellu asbestin, homeitiöiden tai muiden hiukkasten määrittämiseen eikä käytettäväksi sisäympäristöissä, joissa valmistetaan tai käsitellään kuitutuotteita. Tällaisissa tiloissa tulisi käyttää ilmanäytteenottoa tai suodatinkotelonäytteitä. (Työterveyslaitos 2017a.)

## **4.2 Ilmassa leijuvat kuidut**

Ilmassa leijuvia kuituja voidaan määrittää useilla eri menetelmillä nykypäivänä. Toimistoympäristöissä ilmasta ei kuitenkaan nykyään mitata enää niin paljon

kuitupitoisuuksia, sillä määrät ovat melko pieniä altistusaikaan nähden. Ilmasta voidaan kuitenkin ottaa näytteitä sellaisissa teollisissa ympäristöissä, joissa kuitupitoisuuden on todettu olevan suuri jo ennestään. Tällöin ilmanäytteet otetaan suodatinkotelossa olevalle polykarbonaattisuodattimelle, jonka jälkeen kuidut voidaan analysoida pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Pumppujen ilmavirtaus näytteitä otettaessa on noin 2,4 l/min. Kaikkien ilmanäytteenotosten analysoinnissa olisi suositeltavaa käyttää vähintään 500-kertaista suurennotusta kuitujen pienuuden takia. (Tuomi ym. 2020, 20-21.)

Tuloilmajärjestelmän mineraalikuituja voidaan mitata suodatinkankaan avulla asentamalla tuloilmaventtiiliin kuitupölyä keräävä polypropeenisuodatinkangas, josta myös mitataan tuloilma- tai poistoilmavirtaus. Huonetilojen ilman kuitupitoisuutta voidaan samalla tavalla määrittää asentamalla suodatinkangas poistoilmaventtiiliin. Näytteiden keräämiseen jälkeen suodatin irrotetaan ja lähetetään analysoitavaksi. Analysoinnissa ja kuitujen laskemisessa käytetään apuna faasikontrastioptiikkaista polarisaatiomikroskooppia. Huoneilman/tuloilman mineraalikuitupitoisuutta voidaan, arvioida kunhan tiedetään kuitujen lukumäärä suodattimen pinta-alaa kohden sekä suodatinkankaan läpi virrannut ilmamäärä (m<sup>3</sup>). (Tuomi ym. 2020, 21-22.)

Näytteenottokorkeus on normaali hengityskorkeus ja ilmanäytteitä otettaessa tulisi ottaa useampi perättäinen näyte samasta mittauspisteestä näytteenoton edustavuuden takia. Kuitunäytteiden laskennassa noudatetaan ISO-standardissa määriteltyjä laskentasääntöjä. (Tuomi ym. 2020, 20-21.)

## **5 KUITUSIIVOUKSEN TEKEMINEN KOHTEESEEN**

Ennen kyselytutkimuksen toteutusta kohteessa tehtiin mineraalikuitujen mitauksia ja analyyssejä, joista saatujen tulosten pohjalta ryhdyttiin tekemään kuitulähteidenkorjaus ja siivoustöitä. Ensimmäisten mineraalikuitunäytteiden saamisen ja analysoinnin jälkeen ryhdyttiin tutkimaan, missä kuitulähteet sijaitsevat. Tämän jälkeen pystyttiin toteuttamaan kuitulähteiden korjaus sekä kuitusiivous niissä tiloissa, joissa kuituja oli havaittu. Kohteen kuitusiivouksen suunnittelu ja toteutus tehtiin Työterveyslaitoksen erikseen määrittämän mineraalikuiduille suunnitellun siivousohjeen mukaan, joka on yleisessä käytössä monenlaisissa kohteissa, kun tarvitaan selkeästi tehokkaampaa siivousta, kuin



normaali ylläpitosiivous. (Kesti 2021.) Työterveyslaitos kehottaa siivousohjetta käytettäväksi nimenomaan kohteissa, joiden tilojen mineraalikulitlähteet on saatu varmistettua ja joissa ne on asianmukaisesti korjattu. Korjausmenetelmiin kuuluvat edellä mainitut menetelmät kuten materiaalin pinnoittaminen ja ilmanvaihtojärjestelmän nuohous. (Rautio-Laine 2010.)

Siivousohjeessa on myös määritelty minkälainen työntekijöiden varustuksen kuuluisi olla. Korjaus ja puhdistustyötä tekevillä työntekijöillä kuuluu olla tilanteeseen sopiva varustus eli pitkähihainen ja -lahkeinen työasu sekä hansikkaat, jotta kuidut eivät pääse ihokosketukseen. Vaihtoehtoisesti myös kertakäyttöiset TYVEK-haalarit sopivat työn tekemiseen. Erityistä tarkkuutta tulisi kiinnittää myös kaulan ja ranteiden suojaamiseen, sillä ne voivat helposti jäädä suojaamatta ja näin altistaa ärsytysoireille. Työn keston ja vaativuuden perusteella katsotaan, tarvitaanko kohteessa työskennellessä hengityssuojaimia. Hengityssuojaimina käytetään kertakäyttösuojaimia, puolinaamareita sekä puhallinnaamareita. Suojalaseja voidaan myös käyttää tarpeen mukaan, varsinkin jos epäillään kuitujen ärsyttävän silmiä. (Rautio-Laine 2010.)

Ennen mineraalikulitussiivousta suoritetaan tavallinen rakennussiivous, jotta rakennustöiden jäljet eivät häiritse varsinaista siivousta. Itse kuitussiivouksessa tarkoituksena on saada tiloissa leijuva sekä laskeutuva kuitupöly poistettua turvallisesti. (Rautio-Laine 2010.)

Korjausten aluksi kaikki siirrettävissä olevat huonekalut, esineet ja tekstiilit kuljetetaan korjaustiloista pois ja jäljellä jäävä irtaimisto peitellään muoveilla. Suurien korjaustöiden kohdalla on hyvin suositeltavaa osastoida eri korjausalueet ja alipaineistaa tilat. Huonetilojen korjaustöiden aikana kuitujen leviämisen tuloilmakanaviin estetään pitämällä tuloilmakonetta päällä. Ilmanvaihtokanavien äänenvaimentimien korjaustyöt suositellaan ajoitettaviksi samaan aikaan, kun suoritetaan koko ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus. (Rautio-Laine 2010.)

Kuitussiivous alkaa imuroimalla tilassa olevat rakenteet sekä jäljelle jääneet esineet HEPA-suodattimilla varustetuilla imureilla, jotka suodattavat ilmaa erittäin tehokkaasti. Imurointi tehdään järjestelmällisesti ylhäältä alas ja puhtaista tiloista kohti pölyisempiä. Imuroitaviin kohteisiin kuuluvat tilan katto-, seinä- ja

lattiapinnat, alakattojen ala- ja yläpinnat, jäljelle jääneet kalusteet, muu irtaimisto ja niiden pinnat kuten mapit, sähköjohdot sekä valaisimet. (Rautio-Laine 2010.) Tutkimuksen kohteessa ei siivottu alakaton yläpuolia ja osa tilojen irtaimistosta oli jo valmiiksi puhdistettu kohteen työntekijöiden toimesta (Kesti 2021). Imuroinnin jälkeen tilan kovat pinnat nihkeäpyyhittää käyttämällä kertakäyttöisiä välineitä. Vaihtoehtoisesti pyyhintä voidaan suorittaa myös välineillä, jotka on helppo puhdistaa. Siivouksen onnistumisen mahdollistamiseksi tiloissa pidetään tavallisesti korotettua siivoustasoa yllä yhdestä kahteen kuumakautta, jonka aikana suoritettujen siivouksien lopputuloksena mineraalikuitujen määrään tulisi vähentyä siivous kerrallaan. (Rautio-Laine 2010.)

Kuitulähteiden korjauksen ja kuitusiivouksen onnistumista valvotaan jälkiseurannalla, johon kuuluvat aistiensavut havainnot sekä mineraalikuitujen näytteenotot, jos epäillään, että kuitupäästöjä esiintyy tiloissa edelleenkin (Rautio-Laine 2010).

## **6 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTOT**

Opinnäytetyössä tutkimusmenetelmänä käytetään kyselytutkimusta, sillä sen todettiin kuitusiivouksen tilaajan sekä Poistoa oy:n kanssa olevan tehokkain ja suorin tapa kerätä tietoa koetun sisäilman laadun muutoksista kohteessa työskenteleviltä henkilöiltä. Kyselytutkimuksesta saatuja tuloksia analysoidaan määrällisesti sekä laadullisesti, sillä saatujen tulosten analysointi käyttäen vain yhtä analysointitapaa ei anna haettava lopputulosta kyselytutkimuksen kannalta. Määrällisesti (kvantitatiivisesti) analysoidaan niistä kysymyksistä saatuja tutkimustuloksia, joissa mitataan asioita numeraalisesti kuten kuinka suuri prosentti tutkimukseen osallistuneista koki sisäilman parantuneen kuitusiivouksen jälkeen. Kysymyksiä, joissa kysytään yksilön kokemuksiin liittyviä asioita, jotka eivät taivu numeroiksi analysoidaan laadullisesti (kvalitatiivisesti) kuten missä kohteen tiloissa vastaajat kokevat terveysoireilua. Erilaisten mittarien tekeminen toimii myös täydentävänä työmenetelmänä saatujen tulosten ja datan esittämiseen.

Kyselytutkimuksen toteutusta kohteeseen hankaloitti aikataulullisesti se, että kohteeseen ensimmäisen kuitukorjauksen tehnyt yksityinen rakennusliike ei

ollut onnistunut korjaamaan kaikkia kuitulähteitä eikä liike tehnyt tarvittavia rakennussiivouksia töiden jälkeen tarpeeksi hyvin. Korjaustöiden jälkeen todettiin, että kohteessa esiintyi yllä mainittujen syiden takia vielä kuituja, jolloin rakennusliike kutsuttiin tekemään uusia korjauksia. Vasta toisen korjauskerran onnistumisen jälkeen Poisto oy kutsuttiin suorittamaan kuitusiivous kohteeseen. Kahden viikon kuluttua toisen kuitusiivouksen loppumisesta tilaaja antoi luvan kyselytutkimuksen toteutukselle kohteessa.

Kyselytutkimuksen toteutukseen käytettiin kahta erilaista kyselyä. Ensimmäinen kysely oli käyttäjäkysely (liite 1) ja se lähetettiin niille henkilöille, jotka työskentelevät kohteessa, jossa oli jo aikaisemmin todettu esiintyvän toimienpiderajojen ylittäviä määriä teollisia mineraalikuituja. Toinen kysely oli tilaajan kysely (liite 2) ja se lähetettiin puhdistustyön tilanneelle asiakkaalle, joka oli saanut alun perin valituksia työntekijöiltä kohteen sisäilman laadusta. Tilaajan epäily mineraalikuitujen esiintymisestä heräsi jo ennen ensimmäisiä kuitumittauksia, sillä kohteesta ei löydetty mitään kosteus- tai homevaurioihin viittavaa ja oirekuvailu vahvasti epäilyksiä teollisten mineraalikuitujen osalta. Kyselyissä pyrittiin saamaan selville, millaisena kohteen työntekijät ja työn tilaaja pitivät kohteen sisäilmaa kuitusiivouksen jälkeen, jotta myöhemmin voidaan arvioida, tarvitseeko kohteessa tehdä lisää teollisten mineraalikuitujen selvitystöitä vai johtuuko terveysoireilu mahdollisesti jostain muusta sisäilman epäpuhtaudesta tai sisäympäristön tekijästä.

Kyselytutkimuksen onnistumisen varmistamiseksi kohteessa päivittäin oleilleville työntekijöille selostettiin aluksi, mitä teolliset mineraalikulidut ovat sekä, mikä tutkimuksen tarkoitus on. Lyhyt mutta ytimekäs selostus oli tärkeä, sillä vastaajilla arveltiin olevan heikko pohjatieto liittyen mineraalikutuihin. Selostus oli myös tarpeellinen, jotta kyselyyn vastaaminen olisi helpompaa ja tuloksista saatavat vastaukset heijastaisivat kohteen tilojen sisäilmaa sellaisena kuin vastaajat sen kokevat. Kyselyt tehtiin aluksi Microsoft Wordissa lomakemuotoon, jota oli helppo muokata sitä mukaa, kun selviteltiin toimeksiantajalta mitä tietoja vastaajilta sai kysyä ja minkälainen lopullisen version tulisi olla, jotta jälkitarkastelun kannalta tärkeät tiedot eivät jäisi selvittämättä. Lopullinen versio toteutettiin käyttäen apuna KyselyNetti-verkkotyökalua, jolla toteutettiin myös tulosten analysointi, kirjaus ja tilastointi. KyselyNetin kautta jaettiin linkki koh-

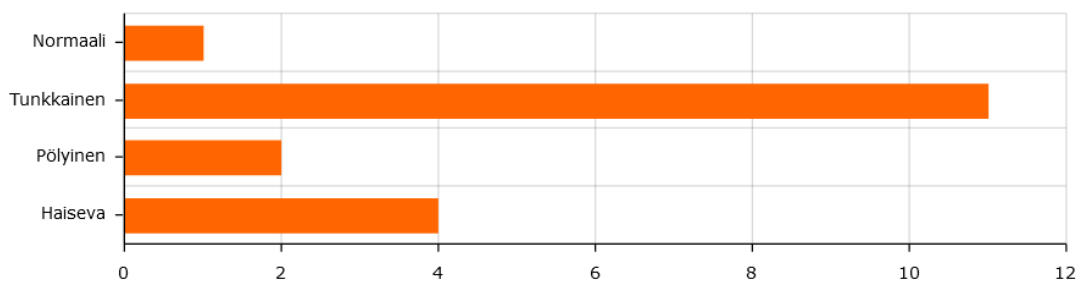
teen työntekijöille ja työn tilaajalle, jolloin he pääsivät suoraan vastaamaan kyselyyn. Käyttäjäkyselyn linkki jaettiin 13 henkilölle ja tilaajankyselyn linkki yhdelle ja kumpaankin kyselyyn vastausprosentiksi saatiin 100 %. Tutkimuksessa suunniteltiin käytettävän alun perin myös erillistä haastatteluosuutta, mutta sen vaikutuksen arveltiin jäävän tulosten kannalta melko pieneksi ja suurin osa siitä päätettiin sisällyttää osaksi kyselyitä.

Kyselytutkimusta on tarkoitus käyttää muiden havaintojen, kuten aistienvarauksen havainnoin, lisäksi osana jälkitarkastelua, jonka perusteella määritetään, tarvitseeko kohteessa tehdä vielä uusia tutkimuksia mahdollisten terveydelle haitallisten mineraalikuittumäärien takia.

## 7 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 7.1 Käyttäjäkysely

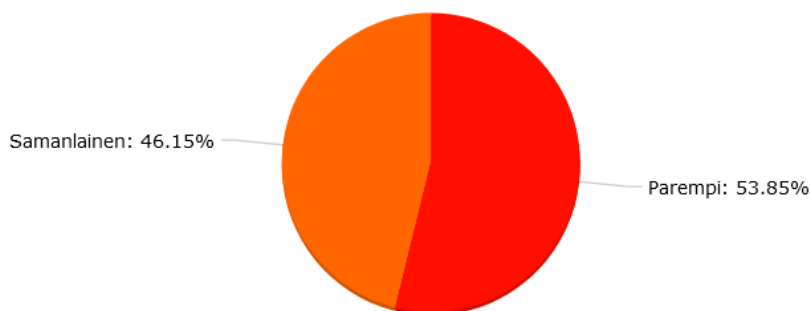
Käyttäjäkyselyyn vastanneista yhtä vastaajaa lukuun ottamatta kaikki ilmoittivat rakennuksen kokonaisvaltaisen sisäilman laadun olleen ennen kuitusiivouksen suorittamista tunkkainen, pölyinen tai haiseva. Vastaajille annettiin mahdollisuus kategorioida ilmanlaatu yhteen tai useampaan edellä mainituista kategorioista. Vastaajista yksitoista piti ilmanlaatua tunkkaisena, kaksi pölyisenä ja neljä haisevana. (Kuva 3.) Vastaajista yksi ilmoitti mielestään ilmanlaadun olevan normaali, mikä saattaa johtua vastaajan työskentelytilasta, jos se on ollut esimerkiksi toimisto, jossa ei tulosten perusteella koettu esiintyvän juurikaan sisäilmaongelmia.



Kuva 3. Kohteen sisäilman laatu ennen kuitusiivouksen suorittamista

Tiedusteltaessa vastaajilta missä tiloissa sisäilman laatu oli heidän mielestään huonointa ennen kuitusiivousta, esiin nousivat varsinkin päiväkotiryhmien A, B, ja F ruokailu- sekä lepotilat. Vessat ja eteistilat eri puolilla rakennusta koettiin haittaaviksi tunkkaisen ja haisevan ilman takia kuten myös yhteisessä käytössä oleva laulusali, liikuntavälinevarasto sekä kahvihuone. Vastaajista neljä myös nimesi koko kohteen ilmanlaadun olevan huono ennen kuin suurin osa kuitulähteistä oli poistettu.

Kuitusiivouksen jälkeen käyttäjäkyselyyn vastanneista seitsemän koki, että koko kohteen sisäilman laatu oli parantunut. Vastaajista kuusi koki, ettei tilanne ole muuttunut juurikaan suuntaan tai toiseen. Yksikään ei ollut sitä mieltä, että ilmanlaatu olisi huonontunut. (Kuva 4.) Eniten muutoksia havaittiin yleisissä ryhmätiloissa kuten eteisissä ja ruokahuoneissa, joiden ilmanlaadun kahdeksan vastaajista koki paremmaksi. Ryhmätiloissa A ja E miellettiin ilmanlaadun olevan parempaa kuin ennen kuitusiivousta ja F:ssä ilman koettiin myös olevan raikkaampaa. Salissa, pukuhuoneessa ja varastossa sisäilman koettiin myös olevan parantunut. Vastaajista neljä ei ollut havainnut minkäänlaisia muutoksia yhdessäkään tilassa.



Kuva 4. Kohteen sisäilman laatu kuitusiivouksen jälkeen

Vastaajista viidellä ei heidän mukaansa esiinny terveysoireilua kohteen sisäilman takia, mutta loput kahdeksan kokevat kuitusiivouksen jälkeenkin terveysoireilua työskennellessään rakennuksen eri tiloissa (kuva 5).

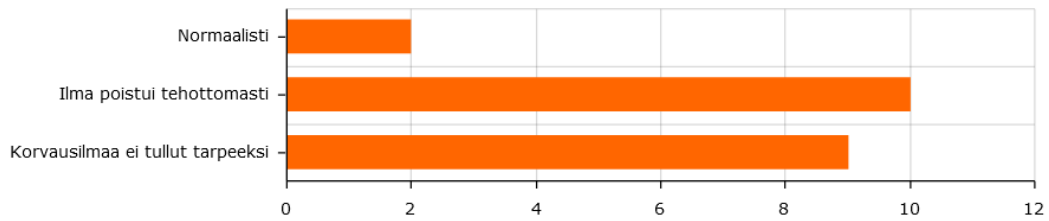


Kuva 5. Vastaajien kokema sisäilmasta johtuva terveysoireilu kuitusiivouksen jälkeen

Kolmen vastaajan mielestä kuitusiivous on vähentänyt jonkin verran heidän terveysoireiluaan kuten päänsärkyä, flunssaisuutta sekä silmien ärsyyntymistä. Näiden terveysoireiden helpottuminen voi olla seurausta kuitujen vähentymisestä, mutta helpotuksen tunne voi myös johtua parantuneeksi koetusta ilmanvaihdosta niissä tiloissa, joissa nämä kolme vastaajaa työskentelevät. Vastauksissa kävi myös ilmi, että tiloista toisiin liikkumista on vähennetty ja kohteen työntekijöille on kuitusiivouksen tapahtumisen jälkeen määrätty maskipakko, jolloin sisäilman laadun muutoksen, terveysoireilujen sekä ilmanvaihdon arvioiminen on vastaajien mukaan vaikeutunut.

Käyttäjiltä saatujen tietojen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että terveysoireilu ryhmätiloissa A, E ja F on vähentynyt, mutta kohteen muiden tilojen käyttäjät vaikuttavat kärsivän edelleenkin terveysoireiluista, eikä kuitusiivous ole tilannetta parantanut tarpeeksi. Työntekijöiden kahvihuone ja ryhmätila B vaikuttaisivat olevan terveysoireilujen kannalta ongelmallisimmat tilat. Tulosten perusteella on mahdollista, että varsinkin edellä mainituissa tiloissa sekä mahdollisesti kohteen muissa tiloissa, voi esiintyä vielä muita epäpuh-  
tauslähteitä tai tekijöitä, joita korjauksista vastannut rakennusliike ei ole onnistunut korjaamaan. Ilmanvaihdon voidaan kokea olevan myös erityisen huonona näissä tiloissa tulosten perusteella.

Ennen kuitusiivousta vastaajista yksitoista kokivat poistoilmanvaihdon tehottomaksi sekä korvausilman riittämättömäksi. Kahden vastaajan mielestä ilmanvaihto toimi normaalisti, eikä yksikään maininnut ilmanvaihtolaitteiston aiheuttavan ylimääräistä meteliä. (Kuva 6.)



Kuva 6. Vastaajien mielipide rakennuksen ilmanvaihdosta ennen kuitusiivouksen suorittamista

Kuitusiivouksen jälkeen vastaajista viisi totesi, että ilmanvaihto on heidän mielestään parantunut ja yksi vastaajista mainitsikin oman terveysoireilunsa vähentyneen tämän johdosta. Lisääntyneiden maskien käytön takia vastaajista kolme ei osannut arvioida ilmanvaihdon tilaa kuitusiivouksen jälkeen. Loput kuusi vastaajista kokivat ilmanvaihdon olevan samalla tasolla kuin ennenkin.

Käyttäjäkyselyyn vastanneista jokainen on työskennellyt eri mittaisen ajan tutkimuskohteessa työskentelyvuosien sijoituessa vuoden ja kolmenkymmenen viiden vuoden välille. Vastaajista kolme ilmoitti työskentelevänsä tavallisesti päiväkotiryhmä A:n tiloissa, mikä teki tilasta tulosten mukaan käytetyimmän työskentelytilan. Päiväkotiryhmissä B, C ja D työskenteli jokaisessa kaksi vastaajaa ja ryhmissä E ja F kussakin yksi vastaaja. Toimistotiloissa työskenteli normaalisti yksi henkilö ja ruokailu-/eteistiloissa yksi.

Vastaajista yhdeksän mukaan kohteessa oli tehty aikaisemmin kosteus- ja mikrobimittauksia, hometutkimusta sekä tutkittu ilmastointikanavien toimivuutta ja puhtautta. Asbestia oli myös kerran aikaisemmin tutkittu ja sitä oli löydetty ruokatilän lavaaarin vaihdon ja kaappien poiston yhteydessä.

Kyselyyn vastanneet eivät olleet havainneet ennen kuitusiivouksen suorittamista ilmassa tai pinnoilla selviä mineraalikuituja tai mineraalivilloja. Tutkimusaineiston perusteella tulos oli oletettavissa, sillä ilmassa leijuvien sekä pinnoille laskeutuneiden mineraalikuitujen huomaaminen paljaalla silmällä on vaikeaa, etenkin jos henkilö ei osaa erottaa mineraalikuitupölyä muista sisäilman pölyhiukkasista. Mineraalikuidut ovat kokoluokaltaan sen verran pieniä, että yksittäisten kuitujen suurusluokan tarkasteluun tarvitaan mikroskooppi.

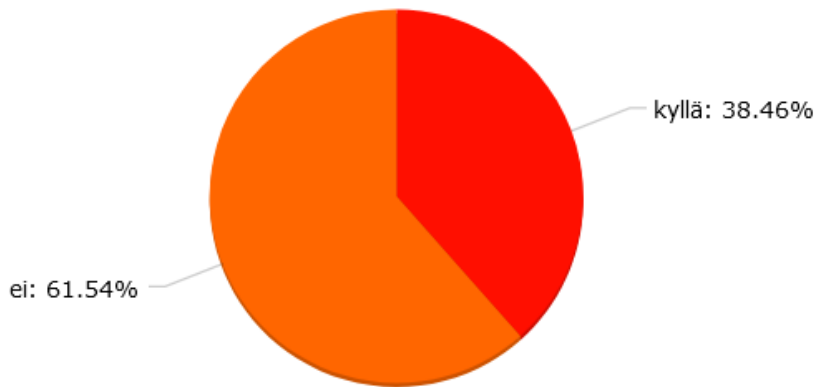
Vastaajista kaksi oli huomannut ennen kuitusiivousta tiloissa mahdollisia mineraalikululähteitä, joita he eivät vastauksissaan yksilöineet. Mahdollisia lähteitä ovat voineet olla yhdessä tai useammassa ryhmätilassa sijainneet rikkinäiset ääneneristelevyt tai näkyville jätetyt lämmöneristemateriaalit.

Tulosten perusteella neljän vastaajan mukaan kohteessa koetaan myös esiintyvän jonkin verran sisäilmasta johtuvia sairauspoissaoloja. Vastaajista seitsemän ei kuitenkaan osannut kommentoida asiaa ja kaksi oli sieltä mieltä, ettei poissaoloja esiinny.

Kuitulähteiden korjauksessa ja tilojen puhdistuksessa yhdeksän vastaajan mukaan onnistuttiin, mutta nämä toimet eivät ole muiden vastausten perusteella vaikuttaneet merkittävästi terveysoireilun loppumiseen. Neljän vastaajan mukaan korjaustyössä ei onnistuttu ja vastaajat perustelivatkin näkemystään sillä, että ilmanlaatu ei ollut heidän mielestään parantunut, eikä ilmanvaihto edelleenkään tuo tiloihin tarpeeksi korvausilmaa. Vastaajat ilmoittivat myös, että rakennusliikkeen tekemien kuitulähteiden korjauksien jälkiä oli jätetty heidän toimestaan siivoamatta. Korjaustöiden aikataulusta ei onnistuttu pitämään kiinni ja viestintä ei aina toiminut, esimerkiksi korjauksia oli tehty yhden vastaajan mukaan tilassa, josta heitä ei informoitu etukäteen. Poistoa oy:n tekemän kuitusiivouksen työnlaatuun oltiin sen sijaan tyytyväisiä ja työntekijät olivat vastaajien mukaan ystävällisiä.

Vastaajista kahdeksan ei nähnyt jatkotutkimuksille tarvetta (kuva 7). Syynä tähän voi olla esimerkiksi kyllästyminen jatkuviin tutkimuksiin, sillä kohteessa on viimeisen viiden vuoden aikana tehty useita erilaisia sisäilma tutkimuksia tai kyllästyminen kuitulähteiden korjaustöihin, joiden tasoon ei oltu tyytyväisiä. Syynä voi myös olla ajatus, että oireilu ei parantuisi, vaikka lisätutkimuksia tehtäisiin, sillä oireilu ei ollut kaikissa tiloissa helpottunut kuitulähteiden poiston ja kuitusiivouksen jälkeenkään. Osassa tiloista terveysoireilu kuitenkin vähentyi ja tämä saattoi vaikuttaa, terveysoireilun kannalta parantuneiden tilojen työntekijöihin positiivisesti niin, etteivät vastaajat kokeneet jatkotutkimuksille enää tarvetta. Viiden vastaajan mukaan jatkotutkimuksille olisi tarvetta, sillä heidän mielestään tiloissa esiintyy edelleenkin terveysoireilua ja vastaajat olivat myös tyytymättömiä ilmanvaihdon heikkoon toimintaan





Kuva 7. Vastaajien arvioita siitä onko jatkotutkimuksille tarvetta

## 7.2 Tilaajankysely

Tilaajan mukaan kohteessa on tehty useita erilaisia kuntotarkistuksia viime vuosien aikana, jota vahvistaa muilta käyttäjiltä saatu tieto kohteessa suorite- tuista sisäilman laadun mittauksista kuten mikrobi- ja kosteusmittauksista. Ti- laaja itse piti kohteen sisäilman laatua kohtuullisen hyvänä, mutta hän kuiten- kin mainitsi tilojen tuntuvan välillä tunkkaisilta. Tilaaja ei ollut myöskään ennen kuitusiivousta havainnut kohteessa leijuvia tai pinnalle jääneitä mineraalikui- tuja/ -villoja tai selviä mineraalikuitulähteitä. Kohteen muut käyttäjät eivät ole myöskään raportoineet tilaajalle edellä mainituista asioista.

Tilaaja oli saanut valituksia liittyen rakennuksen sisäilman laatuun muilta koh- teessa työskenteleviltä. Käyttäjäkyselyssä tilojen muista käyttäjistä kaksitoista kertoi kohteen ilmanlaadun olevan ennen kuitusiivousta heidän mielestään tunkkainen, pölyinen sekä haiseva ja tilaaja oli saanut huomautuksia myös heiltä asiaan liittyen. Tilaaja itse koki, ettei rakennuksen ilmanvaihto toiminut kunnolla ennen sisäilmatutkimuksia, eikä ilmanlaatu ollut hänen mukaansa pa- rantunut kuitulähteiden poiston ja kuitusiivouksen jälkeenkään.

Tilaajalle oltiin ennen kuitulähteiden poistoa ja kuitusiivouksien aloittamista ra- portoitu pidemmän aikaa sairauspoissaoloista, joiden syiksi epäiltiin tilojen si- säilman laatua. Kuitusiivouksen jälkeen ei ole raportoitu uusista sairauspois- saoloista, mutta poissaoloja voi ilmetä vasta myöhemmin, sillä muutama viikko

ei ole välttämättä tarpeeksi pitkä aika terveysoireiden puhkeamiseen. Kuitusiivouksen jälkeisten sairauspoissaolojen tutkiminen vaatisi pidemmän aikavälin kuin mitä tässä tutkimuksessa oli mahdollista toteuttaa.

Lopullista palautetta kuitusiivouksesta tilaaja oli saanut muilta tilojen käyttäjiltä hyvin niukasti, mutta saatu palaute oli pääasiassa ollut hyvää. Käyttäjiltä saatujen tulosten perusteella voidaan mahdollisia syitä pieneen palautemäärään arvioida. Voi olla, että kohteen työntekijät, jotka kokivat sisäilman laadun kuitusiivousten jälkeen edelleenkin huonoksi, eivät ole jaksaneet enää ottaa asiaa käsittelyyn turhautumisen tai jonkin samantapaisen syyn takia. Tilojen käyttäjät eivät ole välttämättä pystyneet näkemään työn tilaajaa kasvatusten kohderakennuksessa käyttöönotettujen uusien liikkumisrajoitusten myötä. Työn tilaajan mielestä korjaus- ja puhdistusprosessissa on onnistuttu, eikä jatkotoimille tai tutkimuksille teollisten mineraalikuitujen osalta ole tarvetta. Kuitusiivouksen työnlaadusta ei myöskään ollut huomioitavaa ja kaikki kuulemma sujui hyvin. Rakennusliikkeen tekemien kuitulähteiden korjauksien onnistumiseen tilaaja ei ottanut kantaa, vaikka tilojen muut käyttäjät raportoivat useista epäkohdista.

Tilaajalta saatuja tuloksia saattaa selittää tilaajan ilmeisesti vähentynyt liikkuminen rakennuksen muissa kuin omissa työtiloissa, jolloin kaikki epäkohdat kuitulähteiden korjauksessa, eivät välttämättä ole päätyneet tilaajan tietoon. Tutkimuksessa työnlaatuun liittyvien tulosten vaihtelevuus saattoi johtua osaltaan siitä, että käyttäjät arvioivat enemmän rakennusliikkeen aikaisemmin tekemien kuitulähdekorjauksien tuloksia ja tilaaja puolestaan Poistoa oy:n tekemän kuitusiivouksen onnistumista. Muilta osin jäi epäselväksi mistä muista syistä tutkimustulosten vaihtelevuus saattoi johtua.

### **7.3 Yhteenveto jatkotutkimuksien tarpeellisuudesta**

Kohteessa aikaisemmin suoritettujen sisäilmatutkimuksien, kuitulähdekorjauksien ja kuitusiivouksen tiimoilta alun perin oletettiin, ettei kohteessa tarvitsisi tehdä enää jatkotutkimuksia sisäilman laatuun liittyen. Ensimmäisen jälkikastelun ajateltiin riittävän epäkohtien selvittämiseen ja tämä oletamus pitikin paikkansa teollisten mineraalikuitujen osalta. Kyselytutkimuksesta saatujen tu-

lostien perusteella kuitenkin vaikuttaa siltä, että monet kohteen tiloissa työskentelevistä henkilöistä eivät edelleenkään koe sisäilman laadun olevan hyvä. Terveysoireilua esiintyy tiloissa edelleenkin runsaasti, mikä viittaa siihen, että kohteen sisäilmassa ja sisäilman tekijöissä on edelleenkin jotain vialla.

Teollisiin mineraalikuituihin yhdistettyjen terveysoireiden kuten silmien ärsyttymisen ja flunssaisuuden vähentymisen sekä kyselytutkimuksen muiden tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että kohteessa kuitulähteiden poiston ja kuitusiivouksen jälkeinen terveysoireilu ei johdu enää teollisista mineraalikuuduista vaan käyttäjien kokemuksen mukaan kohteen riittämättömästä poistoilmanvaihdosta sekä korvausilman riittämättömyydestä. Tällöin suositeltava jatkotoimenpide voisi olla uusien tutkimuksien suorittaminen rakennuksen ilmanvaihtolaitteistoon sekä rakenteisiin, jotka vaikuttavat ilmanvaihtoon. Käyttäjien vastausten perusteella korvaus- ja poistoilmanventtiilien, ilmanvaihtolaitteiston hormien ja suodattimien tutkimista uudelleen kannattaisi harkita. Kohteen tiloja olisi suositeltavaa myös tuulettaa, varsinkin jos pienissä tiloissa oleskelee pidemmän aikaa iso määrä henkilöitä, jolloin hiilidioksidin määrän ilmassa nousee.

Kyselytutkimuksesta saatujen tulosten luotettavuuteen toisaalta voivat vaikuttaa vastaajien vähentynyt liikkuminen kohteen eri tilojen välillä sekä jatkuva maskien käyttö. Maskit voivat vaikeuttaa hengittämistä sekä estää kohteen sisäilmassa olevien epäpuhtauksien pääsyn hengitysteihin. Näistä syistä voi syntyä virheellinen kuva kohteen eri tilojen kuitusiivouksen jälkeisestä sisäilman laadusta, terveysoireiluista sekä ilmanvaihdosta.

## **8 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Asuin- ja toimistoympäristöissä tavataan monenlaisia terveydelle haitallisia tekijöitä ja näistä teolliset mineraalikulidut käsittävät vain hyvin pienen osan. Jokainen tutkimuskohde on erilainen ja näin ollen erityyppisille tutkimuksille on tarvetta, jotta saadaan kattava kokonaiskuva tilanteesta. Kyselytutkimuksessa pyrittiinkin hakemaan erilaista näkökantaa, tutkimuskohteen tiloissa työskentelevien mielipiteistä ja kokemusten pohjalta. Kyselyiden tuloksia voidaan jatkossa hyödyntää kohteen muidenkin sisäilmatutkimusten pohjatietona sekä vertailussa. Kyselytutkimuksia voidaan myös käyttää täysin sellaisenaan tai

vähän muokaten Poistoa oy:n muidenkin kuitusiivouskohteiden jälkitarkastelussa sekä apuna jatkotoimenpiteiden suosittelussa asiakkaille. Näin ollen saavutettiin Poistoa oy:n sekä kuitusiivouksen työntilaajan asettamat tavoitteet kyselytutkimukselle.

Kyselytutkimuksen suorittamisessa ilmeni useita rajoitteita, jotka osaltaan vaikeuttivat sen toteuttamista. Käyttäjäkyselyitä muokattiin useasti, jotta voitiin olla varmoja siitä, että tilojen käyttäjiltä ei kysellä liian yksilöiviä tietoja, eikä tutkimuskohde saanut olla myöskään helposti tunnistettavissa. Kyselyitä muokattiin myös, jotta saatiin mahdollisimman paljon tutkimuksen kannalta oleellista tietoa tilaajan pyynnöt huomioon ottaen. Tältä osin työlle asetetut tavoitteet onnistuvatkin hyvin.

Käyttäjien ymmärtämättömyys kohteessa tehtyihin toimiin sekä aikataulutukseen saattoivat vaikuttaa koettuun lopputulokseen. Viestinnän puutteet ja siihen panostamattomuus rakennusliikkeen puolelta saattoivat myös vaikuttaa tuloksiin. Alakattojen yläpuolia ei puhdistettu kuitusiivouksen yhteydessä, jolloin, ilmanvaihtokanavissa esiintyessä ilmavuotoja, on mahdollista, että alakatton yläpuolelta kulkeutuu hiukkasmaisia epäpuhtauksia sisätiloihin. Käyttäjät olivat myös puhdistaneet osan tilojen irtaimistosta itse, joka saattaa vaikuttaa tuloksiin, sillä kohteessa on tällöin suoritettu puhdistuksia myös muilla työvälineillä sekä menetelmillä kuin mitä kuitusiivousohjeessa on määriteltä. Kyselyiden toteutusvaiheen alkaessa tehostettua siivousta ei myöskään ollut ehditty pitää yllä kuin vain kaksi viikkoa 1-2 kuukauden sijaan. Tämä vaikuttaa osaltaan lopputulosten paikkansa pitävyyteen.

Tutkimuskyselyn aikataulutuksessa ilmeni ongelmia prosessin eri vaiheissa. Aikatauluongelmia aiheuttivat uudet korjaukset, niiden ajoitus sekä tutkimuskyselyiden lähettämiseen vaadittavan luvan saaminen työn tilaajan puolelta. Tämän tapaisia kyselytutkimuksia on tehty ennenkin, mutta tutkimuskohteiden eroavaisuudet, pohjatiedot sekä haettu lopputulos muokkaavat tutkimuksista hyvin erilaisia kokonaisuuksia.

Terveellinen sisäympäristö sekä sisäilma kuuluvat kaikille oli sitten kyse sisäilman teollisista mineraalikuiduista tai jostain muusta, jolloin tällaisten tutkimusten toteuttaminen jatkossa voi osoittautua hyvinkin tärkeäksi. Näin ollen tämän

tyyppisiä tutkimuksia pitäisi myös jatkossa tehdä ja tutkimuksilla voidaankin auttaa huonosta sisäilmasta kärsiviä ihmisiä sekä mahdollisesti estää uusien terveysoireiden puhkeaminen sisäympäristöissä.

## LÄHTEET

Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III. 2020. Valvira. PDF-dokumentti. 21.12.2020. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7a-df6ef7ee0e9c> [Viitattu 7.4.2021].

Chiazze, L., Watkins, D., Fryar, C., Fayerweather, W., Kozono, J & Biggs, F. 2002. Mortality from non-malignant respiratory disease in the fiberglass manufacturing industry. *Occupational and Environmental Medicine*, Vol. 59, No. 6, 370-372. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://oem.bmj.com/content/oemed/59/6/369.full.pdf> [Viitattu 17.4.2021].

De Vuyst, P., Dumortier, P., Swaen, G., Pairon, J & Brochard, P. 1995. Respiratory health effects of man-made vitreous (mineral) fibres. *Eur. Respir. Journal*, Vol. 8. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/14535386\\_Respiratory\\_health\\_effects\\_of\\_man-made\\_vitreous\\_mineral\\_fibres](https://www.researchgate.net/publication/14535386_Respiratory_health_effects_of_man-made_vitreous_mineral_fibres) [Viitattu 1.4.2021].

Hengityслиitto. s.a. Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hengityслиitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailmaongelmat-ja-epapuhtaudet/sisailman-epapuhtaudet-ja-hajut/> [Viitattu 28.3.2021].

Kemian työsuojeluneuvottelukunta. 2007. Esitys HTP-arvoksi, Keraamiset kuidut. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/6121627/Keraamiset\\_kuidut2007.pdf/1ac0cc02-4093-c7c0-f5bd-885ecd9d99ed](https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/6121627/Keraamiset_kuidut2007.pdf/1ac0cc02-4093-c7c0-f5bd-885ecd9d99ed) [Viitattu 6.4.2021].

Kesti, N. 2021. Rakennusterveysasiantuntija. Sähköpostikeskustelu 20.4-22.5.2021. Poistoa oy.

Kilpikari, J., Koskela, H. & Saarto, A. 2019. Laboratoriomittauksia mineraalikulujen irtoamisesta sisäkatosta. Sisäilmastoseminaari 2019, Sisäilmayhdistys Raportti 37, 273-278. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Tapahtumat/Sisailmastoseminaarit/Sisailmastoseminaari-14.3.2019-ja-Terveet-tilat-tyopaaja-15.3.2019> [Viitattu 16.4.2021].

Kollanen, T. 2016. Sisäilman kuitukorjaukset. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://hometalkoot.fi/guides> [Viitattu 11.4.2021].

Kovanen, K., Heimonen, I., Laamanen, J., Riala, R., Harju, R., Tuovila, H., Kämppi, R., Sääntti, J., Tuomi, T., Salo, S-P., Voutilainen, R. & Tossavainen, A. 2006. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. Espoo 2006. VTT tiedotteita 2360. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti, 12. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2006/T2360.pdf> [Viitattu 19.4.2021].

Rautio-Laine, S. 2010. Mineraalikuitujen siivousohje. Työterveyslaitos. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/09/mineraalikuitujen-siivousohje.pdf> [Viitattu 20.4.2021].

Saarela, O., Airasmaa, I., Kokko, J., Skrifvars, M. & Komppa, V. 2019. Komposiittirakenteet. 03-raaka-aineet. 3.4 Lujitekuidut. WWW-dokumentti. 27.11.2019. Saatavissa: <https://www.lujitemuovi.fi/raaka-aineet/3-4-lujitekuidut/> [Viitattu 7.4.2021].

Sali, D., Boffetta, P., Andersen, A., Cherrie, J., Chang Claude, J., Hansen, J., Olsen, J., Pesatori, A., Plato, N., Teppo, L., Westerholm, P., Winter, P & Saracci, R. 1999. Non-neoplastic mortality of European workers who produce man made vitreous fibres. Occupational & Environmental Medicine, Vol. 56, 612-617. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://oem.bmj.com/content/oe-med/56/9/612.full.pdf> [Viitattu 17.4.2021].

Sisäilmayhdistys s.a. Epäpuhtaudet ja niiden torjunta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Epapuhtaudet-ja-niiden-torjunta> [Viitattu 28.3.2021].

Sisäilmayhdistys. 2008a. Ilmavirtaukset rakennuksessa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa> [Viitattu 15.4.2021].

Sisäilmayhdistys. 2008b. Mineraalikuitupäästöt. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjauksen/LVI-tekniikka-ja-muut-sisailmaongelmat/Mineraalikuitupaastot> [Viitattu 9.4.2021].

Solunetti. 2006. Pyyhkäisyelektronimikroskopia (SEM). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/sem/2/> [Viitattu 28.4.2021].

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksesta 23.4.2015/545.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista. 1.9.2020/654.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta 15.6.2005/509.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2019. Mitkä tekijät vaikuttavat sisäilman laatuun?. WWW-dokumentti. 12.12.2019. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/mitka-tekijat-vaikuttavat-sisailman-laatuun-> [Viitattu 28.3.2021].

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2020. Sisäilma. WWW-dokumentti. 20.5.2020. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma> [Viitattu 23.3.2021].

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2021. Miten voin parantaa sisäilman laatua? WWW-dokumentti. 17.3.2021. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/miten-voin-parantaa-sisailman-laatua-> [Viitattu 30.3.2021].

Timbrell, V. 1965. The Inhalation of Fibrous Dusts. Annals of the New York Academy of Sciences 132, 255-273. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1749-6632.1965.tb41107.x> [Viitattu 16.4.2021].



Toxicological Profile for Synthetic Vitreous Fibers. 2004. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp161.pdf> [Viitattu 15.4.2021].

Tuomainen, M., Björkroth, M., Kämppe, R., Mussalo-Rauhamaa, H., Salo, S-P., Sääntti, J., Tuomi, T., Voutilainen, R. & Seppänen, O. 2003. Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalivillakuitujen terveysvaikutukset. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://docplayer.fi/27975637-Ilmanvaihtojarjestelman-mineraalivillakuitujen-terveysvaikutukset.html> [Viitattu 2.4.2021].

Tuomi, T., Kilpikari, J., Hartonen, M., Kämppe, R. & Lallukka, H. 2019. Filter Cassette Method for Analyzing Man-Made Vitreous Fibers Settled on Surfaces. International journal of environmental research and public health 16, 1256. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/332301961\\_Filter\\_Cassette\\_Method\\_for\\_Analyzing\\_Man-Made\\_Vitreous\\_Fibers\\_Settered\\_on\\_Surfaces](https://www.researchgate.net/publication/332301961_Filter_Cassette_Method_for_Analyzing_Man-Made_Vitreous_Fibers_Settered_on_Surfaces) [Viitattu 11.4.2021].

Tuomi, T., Wallenius, K., Mahiout, S., Rautiala, S. & Lappalainen, S. 2020. Teolliset mineraalikulidut toimistotyypisissä työtiloissa. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139149/TTL\\_978-952-261-916-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/139149/TTL_978-952-261-916-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Viitattu 31.3.2021].

Työterveyslaitos. 2016. Teolliset mineraalikulidut. PDF-dokumentti. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/Teolliset-mineraalikulidut.pdf> [Viitattu 5.4.2021].

Työterveyslaitos. 2017a. Kuitunäytteen ottaminen teippimenetelmällä. WWW-dokumentti. 29.01.2021. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/service-document/kuitunaytteen-ottaminen-teippimenetelmalla/> [Viitattu 19.4.2021].

Työterveyslaitos. 2017b. Pölynäytteen ottaminen pyyhintämenetelmällä. WWW-dokumentti. 21.1.2020 Saatavissa: <https://www.ttl.fi/service-document/polynaytteen-ottaminen-pyyhintamenetelmalla/> [Viitattu 19.4.2021].

Työterveyslaitos. 2019. Sisäympäristö ja sisäilma. WWW-dokumentti. 19.11.2020. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/sisaymparisto/> [Viitattu 20.3.2021].

Työterveyslaitos. 2021. Sisäilma työpaikalla, Yleistä sisäilmasta. WWW-dokumentti. 10.3.2021 Saatavissa: <https://www.ttl.fi/oppimateriaalit/opas/sisailma-tyopaikalla/1-yleista-sisailmasta/> [Viitattu 27.3.2021].

WHO. 2000. Air Quality Guidelines for Europe, 2nd ed., Chapter 8.2, Man-Made Vitreous Fibers. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0004/123088/AQG2ndEd\\_8\\_2MMVF.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/123088/AQG2ndEd_8_2MMVF.pdf) [Viitattu 1.4.2021].

WHO & IARC. 2002. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 81, Man-made Vitreous Fibres. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Man-made-Vitreous-Fibres-2002> [Viitattu 31.3.2021].

## KÄYTTÄJÄKYSELY

Kiinteistössä on suoritettu tutkimuksia liittyen sisäilmassa havaittuihin teollisiin mineraalikuituihin ja näiden tutkimuksien pohjalta on tehty mineraalikuitumitauksia, -siivouksia sekä -korjauksia. Mahdollisia jatkotoimenpiteitä silmällä pitäen pyydämme teiltä kiinteistössä työskenteleviltä mielipidettänne kiinteistön sisäilman tilasta korjausten jälkeen sekä palautetta, kommentteja ja havaintoja tehdystä tutkimus-, mittaus- ja korjaustyöstä. Käyttäjäkyselyä on tarkoitus hyödyntää jatkotoimenpiteiden tarvittavuuden arviointiin sekä jatkotutkimuksien toteutuessa mm. täydentävien tietojen keräämiseen ja uudentutkimusohjelman laatimiseen.

Tämä käyttäjäkysely on myös osa isompaa Xamkin ammattikorkeakoululle tehtävää päättötyötä, jonka aiheena on toteuttaa tutkimus liittyen sisäilman teollisiin mineraalikuituihin ja kyselyä käytetään työkaluna tutkimuksen toteuttamiseen. Näin ollen vastausten saaminen kyselyyn on tutkimuksen onnistumisen kannalta erittäin tärkeää. Kaikki saadut vastaukset ovat tietenkin luottamuksellisia, eikä niistä käy ilmi kuka on kyselyyn vastannut.

Seuraavaksi kerrotaan hieman taustatietoa mineraalikuiduista, jotta kyselyyn vastaaminen olisi sujuvampaa eikä vastaajalle jäisi epäkohtia.

Työterveyslaitos on määritellyt teollisten mineraalikuitujen olevan yleisnimitys lasimaisille epäorgaanisille kuiduille, joita valmistetaan mm. kierrätyslasista ja kivistä. Suomessa teollisista mineraalikuiduista käytetään yleisesti mm. WHO:n ja Työterveyslaitoksen käyttämää luokittelua, jossa teolliset mineraalikuidut jaetaan keraamisiin kuituihin, eristevillakuituihin ja teknisiin lasikuituihin.

Eristevillakuidut ovat yleinen teollisten mineraalikuitujen lähde asuin- ja toimistotiloissa ja niihin luetaan lasi-, kivi- ja kuonavilla. Ne ovat ulkonäöltään yleensä keltaisia sekä kiinteitä villamaisiamateriaaleja, joita voi usein nähdä esimerkiksi asuinrakennusten rakennustyömailla isoina pussitettuina kuutioina, mattoina ja levyinä. Niitä käytetään tuloilman äänenvaimentamiseen, rakennustenilmanvaihdossa mm. läpivientien ja ilmanvaihtohormien lämpöeristeenä, äänieriste materiaalina sekä rakennusten ulkovaipanrakenteiden lämmöneristykseen. Eristevillakuiduista voi irrota mineraalikuituja, jos ne ovat vahingoittuneet rakennusvaiheessa, valmistusvirheen tai riittämättömän suojauksen takia (esimerkiksi, jos villoja jätetään avonaisiksi ilmastointikanaviin) tai jos eristeidenkautta pääsee kulkemaan ilmapuotoja. Suojaamatta jääneistä eristevilloista voi myös ajansaatossa irrota kuituja itsestään ja kuituja voi myös irrota tuloilman suodattimista. Pienuutensa takia yksittäisiä kuituja on hyvin vaikea nähdä paljaalla silmällä ja voivat aiheuttaa ärsytystä ihossa, silmissä ja hengitysteissä. Kuidut ovat hyvin yleisiä, mutta ne eivät ole vaarallisia ja kuidut myös poistuvat elimistöstä yleensä muutamien viikkojen tai kuukausien jälkeen altistuksen loputtua.

Teknillisiä lasikuituja käytetään puolestaan mm. sähköeristeissä ja lujitekuiduissa ja ne voivat olla myös, joko yhtenäistä lankaa tai yksittäisiä kuituja. Ne aiheuttavat samoja oireita kuin eristevillakuidut ja poistuvat yhtä nopeasti, joten ne eivät ole vaarallisia.

Keraamisia kuituja käytetään enimmäkseen metalliteollisuudessa sekä energiantuotannossa, joten niiden esiintyminen asuin- ja toimistoympäristössä on hyvin epätodennäköistä

### **Taustatiedot**

Montako vuotta olette työskennelleet rakennuksessa?

Missä työhuoneessa/-tilassa yleensä työskentelette?

Onko rakennuksessa tehty muita kuin mineraalikuituihin liittyviä tutkimuksia, joista olette tietoisia?

- Kyllä
- Ei

Jos on, niin mitä?

### **Mineraalikuitupäästöt**

Minkälainen rakennuksen sisäilman laatu oli mielestänne ennen kuitusiivouksen suorittamista?

- Normaali
- Tunkkainen
- Pölyinen
- Haiseva
- En osaa sanoa

Oliko ennen kuitusiivouksen suorittamista havaittavissa selvästi rakennuksen sisäilmassa lejuvia tai pinnoille jääneitä mineraalikuituvilloja kuten lasivillaa tai vuorivillaa?

- Kyllä
- Ei

Oliko ennen kuitusiivousta tiloissa havaittavissa selviä mineraalikuitujen lähteitä kuten suojaamattomia lämmöneristemateriaaleja tai rikkiäisiä äänieristeitä?

- Kyllä
- Ei

Missä tiloissa/tilojen osissa sisäilman laatu oli mielestänne huonointa ennen kuitusiivousta?

Koetteko sisäilman laadun olevan edelleenkin huono, jossain tilassa/tiloissa?

Miten ilmanvaihto mielestänne toimi ennen sisäilmatutkimuksien aloittamista:

- Normaalisti
- Ilma poistui tehottomasti
- Korvausilmaa ei tullut tarpeeksi
- Ilmanvaihtolaitteisto oli erityisen meluisa
- Muuta?

Entäpä kuitukorjauksien jälkeen?

Minkälainen rakennuksen sisäilman laatu on mielestänne kuitusiivouksen jälkeen?

- Parempi
- Samanlainen
- Huonompi
- Muu?

Missä tiloissa olette havainneet muutoksia?

Koetteko rakennuksessa työskennellessänne sisäilmasta johtuvaa oireilua, joka loppuu, kun poistutte rakennuksesta?

- Kyllä
- En
- En osaa sanoa

Koetteko, että työpaikallanne esiintyy sairauspoissaoloja sisäilman takia?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

Onko oireilu tilanne muuttunut mielestänne kuitusiivouksen jälkeen?

Jos on, niin miten?

Onko tilojen puhdistuksessa ja kuitulähteiden korjaamisessa mielestänne onnistuttu?

- Kyllä
- Ei

Jos ei, niin miksei?

Huomioita työnlaadusta, työntekijöiden ammattitaitoisuudesta tai muusta kuitusiivoukseen liittyvästä?

Onko mielestänne jatkotutkimuksille tai jatkotoimille tarvetta?

- Kyllä
- Ei

**Muita omia havaintoja**

## TILAAJAN KYSELY

Kiinteistössä on suoritettu tutkimuksia liittyen sisäilmassa havaittuihin teollisiin mineraalikuituihin ja näiden tutkimuksien pohjalta kiinteistössä on tehty myös teollisten mineraalikuitujen mittauksia sekä korjauksia. Mahdollisia jatkotoimenpiteitä silmällä pitäen pyydämme teiltä työn tilaajalta mielipidettänne ja arvioitanne kiinteistön sisäilman tilasta korjausten jälkeen sekä palautetta, kommentteja ja havaintoja tehdystä tutkimus-, mittaus- ja korjaustyöstä teidän lisäksenne myös tilojen käyttäjiltä, jos he ovat olleet teihin asian tiimoilta yhteyksissä. Kyselyä on tarkoitus hyödyntää jatkotoimenpiteiden tarvittavuuden arviointiin sekä jatkotutkimuksien toteutuessa mm. uusien lähdetietojen keräämiseen ja uuden tutkimusohjelman laatimiseen. Kaikki saadut vastaukset ovat luottamuksellisia niin, ettei niistä käy ilmi kuka on kyselyyn vastannut.

### Taustatiedot

Oletteko vierailleet kohteessa?

- Kyllä
- En

Jos olette niin kuinka monesti?

Onko rakennuksessa tehty muita mineraalikuituihin liittyviä tutkimuksia ja mittauksia?

- Kyllä
- Ei

Jos on niin mitä ja milloin?

### Mineraalikuitupäästöt

Minkälaisen kuvan olette saaneet rakennuksen sisäilman laadusta ennen kuitusiivouksien suorittamista?

Oletteko itse kokeneen sisäilman laadun olevan huono kohteen tiloissa?

- Kyllä
- En

Onko teille tullut valituksia liittyen kohteen sisäilman tunkkaisuuteen, pölyisyyteen, haisevuuteen tai johonkin muuhun?

- Kyllä
- Ei

Oletteko itse huomanneet ennen kuitusiivouksen suorittamista, että kohteessa olisi ollut havaittavissa leijuvia tai pinnoille jääneitä mineraalikuituvilloja kuten lasivillaa tai vuorivillaa?

- Kyllä
- En

Oliko mielestänne ennen kuitusiivousta tiloissa havaittavissa selviä mineraalikuitujen lähteitä kuten rikkinäisiä akustiikkalevyjä tai ilmanvaihtolaitteiston äänenvaimentimia?

- Kyllä
- Ei

Onko teille tullut edellä mainituista havaintoja tai palautetta tilojen käyttäjiltä?

- Kyllä
- Ei

Jos on, niin minkälaista?

Toimiko ilmanvaihto mielestänne normaalisti ennen sisäilmatutkimuksien aloittamista?

- Kyllä
- Ei

Tehtiinkö ilmanvaihdosta huomautuksia ennen kuitusiivouksen aloittamista tilojen käyttäjien puolelta?

- Kyllä
- Ei

Minkälainen rakennuksen sisäilman laatu on mielestänne kuitusiivouksen jälkeen?

- Samanlainen
- Parempi
- Huonompi
- En osaa sanoa

Minkälaista palautetta olette saaneet kuitusiivouksien jälkeen kohteen tilojen käyttäjiltä liittyen kohteen sisäilman laatuun?

Onko teille raportoitu kohteen työntekijöiden poissaoloista liittyen rakennuksen sisäilmaan ennen kuitusiivousta?

- Kyllä
- Ei

Entä kuitusiivousten jälkeen?

- Kyllä
- Ei

Ovatko tilojen käyttäjät raportoineet teille sisäilmasta johtuvasta terveysoireilusta kohteessa?

- Kyllä
- Ei

Minkälaista palautetta/huomautuksia/kommentteja olette saaneet kuitusiivouksen jälkeen tilojen käyttäjiltä?

Onko tilojen puhdistuksessa ja kuitulähteiden korjaamisessa mielestänne onnistuttu?

Huomioita työnlaadusta, työntekijöiden ammattitaitoisuudesta tai muusta kuitusiivoukseen liittyvästä?

Onko mielestänne jatkotutkimuksille tai -toimille tarvetta?

- Kyllä
- Ei

Jos on, niin minkälaisia jatkotutkimuksien/ -toimien pitäisi olla?

**Muita omia havaintoja?**