

OULUN SEUDUN  
AMMATTIKORKEAKOULU



Heikki Hannula

## **KIINTEISTÖN SISÄILMAN KUITULÄHTEIDEN KARTOITUS**

# **KIINTEISTÖN SISÄILMAN KUITULÄHTEIDEN KARTOITUS**

Heikki Hannula

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Talotekniikan koulutusohjelma

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Talotekniikan koulutusohjelma, 24 sivua, 0 liitettä

---

Tekijä: Heikki Hannula

Opinnäytetyön nimi: Kiinteistön sisäilman kuitulähteiden kartoitus

Työn ohjaaja: Pirjo Kimari

Työn valmistumislukukausi ja vuosi: kevät 2011

---

Työssä selvitetään mineraalivillakuitujen aiheuttamia sisäilmaongelmia Oulun ammattikorkeakoulun liiketalouden yksikössä. Kuitujen epäiltiin olevan peräisin ilmanvaihtolaitteista ja rakennusmateriaaleista. Opinnäytetyössä selvitetään sisäilman mineraalivillakuitujen lähteet sekä se, missä osissa ilmanvaihtolaitteistoa ja rakenteita mineraalivillaa on yleisesti käytetty. Työssä tarkastellaan myös mineraalivillakuitujen aiheuttamia terveyshaittoja.

Kartoituksessa etsittiin mahdollisia mineraalivillalähteitä. Ilmastointijärjestelmä ei sisältänyt mineraalivillalähteitä. Ilmastointikoneiden äänenvaimentimet ja päätelaitteiden vaimennukset oli valmistettu polyesterikuidusta. Kaikkien ilmastointikoneiden puhtaus oli hyvä. Tuloilma- ja poistoilmasuodattimet oli vaihdettu säännöllisesti. Pölynkeräysteippinäytteet otettiin yhden ilmastointikoneen vaikutusalueelta.

Näytteiden tulokset alittivat tavoitearvot. Opinnäytetyön aikana liiketalouden yksikössä tehdyissä tutkimuksissa ei voi todeta mineraalivillakuitujen aiheuttavan sisäilmaongelmaa. Ilmastointikanavat tulisi puhdistaa säännöllisesti ja ilmastointikoneiden suodattimet tulisi vaihtaa säännöllisesti. Tasopinnat tulisi pitää puhtaana myös vaikeasti päästävissä paikoissa.

**Avainsanat:** sisäilmaongelma, mineraalivilla, ilmastointi

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

SISÄLLYS

|   |    |
|---|----|
| 1 JOHDANTO.....   | 5  |
| 2 MINERAALIKUITUJEN ESIINTYMINEN JA TERVEYSHAITAT ..... | 7  |
| 2.1 Mineraalikuitujen esiintyminen.....                 | 7  |
| 2.2 Mineraalikuitujen aiheuttamat terveyshaitat .....   | 8  |
| 3 OAMK:N LIIKETALOUDEN YKSIKKÖ.....                     | 11 |
| 3.1 Rakennuksen yleistiedot.....                        | 11 |
| 3.2 Kuitukartoitus .....                                | 11 |
| 3.2.1 Ilmastointikoneet .....                           | 11 |
| 3.2.2 Päätelaitteet.....                                | 16 |
| 3.2.3 Kattomateriaalit .....                            | 16 |
| 4 KUITUMITTAUKSET .....                                 | 18 |
| 4.1 Kuitunäytteet .....                                 | 18 |
| 4.2 Tulokset .....                                      | 19 |
| 5 JOHTOPÄÄTÖKSET .....                                  | 21 |
| 6 YHTEENVETO .....                                      | 22 |
| LÄHTEET .....   | 24 |

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on Oulun seudun koulutuskuntayhtymä OSEKK. Kohteena on Oulun seudun ammattikorkeakoulun liiketalouden yksikkö, missä on epäilty mineraalikuitujen aiheuttavan sisäilmaongelmia.

Opinnäytetyössä kartoitetaan liiketalouden yksikössä, Teuvo Pakkala katu 19, ilmastointilaitoksen ja rakenteiden mahdolliset kuitulähteet ja perehdytään mineraalivillakuitujen aiheuttamiin terveyshaittoihin. Kiinteistössä on havaittu mineraalivillakuitujen aiheuttamia sisäilmaongelmia, ja tavoitteena on selvittää, missä osissa ilmanvaihtolaitteistoa ja rakenteita mineraalivillaa on yleisesti käytetty. Kohteessa suoritetaan mittauksia ja näytteenottoja ilmanvaihtojärjestelmästä ja huoneilmasta.

Yleisesti kuitujen lähteenä ilmanvaihtolaitteissa ovat erilaiset lämmöneristeet, äänieristeet, suodatinmateriaalit ja kanaviston pinnoite. Huonetilojen pintamateriaalit voivat myös sisältää kuituja ja muita hiukkasia. Kattojen akustiset levyt ovat valmistettu yleisesti lasivillasta. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt aiheuttavat ihmisille silmien ja hengitysteiden oireita.

Teknologian kehittämiskeskus (Tekes) on tutkinut vuosina 2003 - 2005 ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöjä ja kehittänyt mittaus- ja analysointimenetelmiä ja ohjearvoja. Samalla Tekes tutki henkilöiden altistumista hiukkaspäästöille ja irtoavien kuitujen määrää mitattiin Sisäilmastoluokitus 2000 suositusten mukaisesti ja tuloilman kuitupitoisuudelle suositetaan ohjearvoa 1 kuitu/m<sup>3</sup>. (Kovanen – Heimonen – Laamanen – Riala – Harju – Tuovila – Kämppi – Säntti – Tuomi – Salo – Voutilainen – Tossavainen 2006, 3.)

Uusin Sisäilmastoluokitus 2008 määrittelee ilmanvaihtotuotteiden puhtausvaatimukset, joiden tavoitteena on varmistaa hyvä ilmanlaatu. Tuloilma ei saa sisältää kanavistosta ja laitteista peräisin olevia haitallisia aineita eikä hajua tai epäpuhtauksia. Sisäilmastoluokitus ei ole kuitenkaan tarkoitettu käytettäväksi rakennuksen

terveellisuuden arvioinnissa, mutta sitä voidaan käyttää sisäilman laadun mittaamisessa ja arvioinnissa. (Sisäilmastoluokitus 2008, 3.)

## 2 MINERAALIKUITUJEN ESIINTYMINEN JA TERVEYSHAITAT

### 2.1 Mineraalikuitujen esiintyminen

Lasikuidut ja lasivillat valmistetaan keräyslasista ja vuorivillat pääasiassa emäksisistä kiviaineksista ja kuonavilla malmin jalostuksessa jäljelle jääneestä kuonasta. Lasikuidut valmistetaan sulasta lasimassasta vetämällä kuituja suulakkeen läpi vakionopeudella. Lasikuidut ovat halkaisijaltaan yli 3 µm, ja näistä kuiduista valmistetun tuotteen kaikki kuidut ovat suunnilleen saman paksuisia. Mineraalivillakuidut, joiden tuotanto on yli 80 prosenttia teollisten mineraalikuitujen kokonaistuotannosta, valmistetaan sulasta massasta puhaltamalla pisaroita tai lankoja höyrystyskammioon tai linkoamalla. Valmistusprosessin seurauksena lasi- ja vuorivillat muodostavat kuituvyyhdin, jossa kuitujen paksuus vaihtelee hyvin paljon. Mineraalivillakuidut ovat halkaisijaltaan alle 3 µm:stä (0,1 - 3 µm lasimikrokuitu) noin 8 µm:iin. (Sisäilmayhdistys ry. 2011, linkit portal -> terveelliset\_tilat -> sisäilmasto -> hiukkasmaiset\_epapuhtaudet.)

Rakennusten tuloilma sisältää ulkoilman hiukkasmaisia epäpuhtauksia, joita ovat bioaerosolit, pakokaasut ja lentotuhka, mutta monissa tapauksissa päästölähde voi olla ilmanvaihtolaite, akustiikkalevy, kanaviston pinnoite, lämmöneriste, ääneneriste, suodatusmateriaali tai kostutusvesi. Yli 0,1 mikrometrin kokoiset hiukkaset koostuvat yleensä epäorgaanisista yhdisteistä kuten metallioksidoista, silikaattimineraaleista, kipsipölystä sekä lasi- ja kivivillakuiduista. Sisäilmastoluokitus 2000 määrittelee ilmanvaihtotuotteiden puhtausvaatimukset, joiden tavoitteena on varmistaa ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan tuloilman hyvä laatu. Tuloilmassa ei saa olla laitteista tai kanavistosta peräisin olevia haitallisia aineita kuten mikrobeja ja kuitupölyä eikä viihtyvyyttä alentavaa hajua tai epäpuhtautta. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistuksella voidaan vaikuttaa ilmanvaihtokanavien pölynkertymään ja yleiseen ilmanlaatuun. (Kovanen ym. 2006, 13.)

Huonepölyssä olevien epäorgaanisten mineraalikuitujen on epäilty aiheuttavan terveysvaikutuksia. Myös äänenvaimennusmateriaalien sideaineena käytettävä formaldehydihartsit voi aiheuttaa oireita. Ilmanvaihtojärjestelmiin voi päästä

mineraalikuituja pinnoittamattomista tai rikkoontuneista äänenvaimentimista ja suodattimista. Mineraalikuidut voivat kulkeutua ilmanvaihtojärjestelmään myös rakennustyön aikana. Ilmanvaihtokoneen aiheuttaman melun vähentämiseksi puhallinkammio ja sen jälkeen asennettujen ilmanvaihtojärjestelmän osien sisäpinnat on pinnoitettu ääntä absorboivalla materiaalilla. Sisäpinnat ja tulo- ja poistoilmakammiot pinnoitetaan tyypillisesti mineraalivillalevyllä, jonka päälle on asennettu kuitusuojakerros ja reikäpelti. Joissakin tapauksissa mineraalivillalevyjen päälle ei ole asennettu mitään suojaavaa materiaalia, jolloin seurauksena on voinut olla äänenvaimentimessa käytettävien materiaalien hajoaminen vanhenemisen, tärinän ja voimakkaan ilmavirtauksen seurauksena. (Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. 2006, Äänenvaimentimien kunnostus, 1–2.)

Yleensä tuloilmakoneen jälkeen on lamelliäänenvaimennin, jossa ilma virtaa ääntä absorboivasta materiaalista valmistettujen lamellien lävitse. Uusissa järjestelmissä lamelliäänenvaimentimet ovat yleensä tehdasvalmisteisia ja ne on pinnoitettu mineraalikuitujen irtoamista estävällä pinnoitteella. Vanhoissa järjestelmissä myös lamellivaimentimet voivat olla paikalla rakennettuja ja pinnoittamattomia. Myös päätelaitteiden äänenvaimennuksessa on käytetty ääntä absorboivaa mineraalivillaa. Vaikka päätelaitteet ovat miltei poikkeuksetta tehdasvalmisteisia, markkinoilla on ollut runsaasti pinnoittamattomia mineraalivillapintoja sisältäviä tuotteita. (Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. 2006, Äänenvaimentimien kunnostus, 1–2.)

## **2.2 Mineraalikuitujen aiheuttamat terveyshaitat**

Teollisten mineraalikuitujen terveysvaikutukset ovat riippuvaisia kuitujen paksuudesta. Mineraalivillakuidut ovat halkaisijaltaan alle 3 mikrometriä, ja ovat siten tarpeeksi pieniä kulkeutuakseen keuhkoihin saakka. Ne eivät kuitenkaan tunkeudu aivan yhtä helposti alahengitysteihin kuten asbestikuidut, koska mineraalivillakuidut eivät pienene halkaisijaltaan irrotessaan materiaalista. Tutkimuksissa ei ole todettu mineraalivillakuitujen aiheuttavan keuhkofibroosia, keuhkopussin vioittumista, kroonista keuhkoputkien ahtaumaa sekä keuhkosityöpää. IARC (International Agency for Research on Cancer) luokittelee lasi-, vuori- ja kuonavillakuidut sekä jatkuvat lasivillakuidut luokkaan 3: karsinogeenisuus ei ole luokiteltavissa. Taulukossa 1 on esitetty mineraalikuitujen tyypillisiä halkaisijakokoja.



TAULUKKO 1. Teollisten mineraalikuitujen tyypillisiä halkaisijakokoja (Mukaihen Tuomainen ym. 2003)

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

Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöjen on todettu aiheuttavan hengitysteiden, silmien, ihon ja limakalvojen ärsytysoireita. Lähes kaikki yli kolmen mikrometrin paksuiset mineraalikuidut jäävät ylähengitysteihin aiheuttaen ärsytysoireita nenässä ja nielussa. Lisäksi teolliset mineraalikuidut voivat aiheuttaa ärsytystä, kutinaa, punotusta tai kirvelyä silmissä ja iholla. Ihoärsytys aiheutuu kuidun lävistäessä ihon orvaskeden. Halkaisijaltaan alle viiden mikrometrin olevat kuidut aiheuttavat hyvin vähän ihoärsytystä. 5 - 7,5 mikrometrin paksuiset kuidut aiheuttavat kohtalaisen ärsytysreaktion ja 7,5 - 10 mikrometrin paksuiset kuidut aiheuttavat huomattavan ärsytysreaktion. (Tuomainen – Björkroth – Kämppi – Mussalo-Rauhamaa – Salo – Säntti – Tuomi – Voutilainen – Seppänen 2003, 13–14.)

Pitkäaikaisten sairauksien tai allergian riski on kuitenkin vähäinen, sillä lasi- ja kivivillakuidut liukenevat ja poistuvat keuhkokudoksesta suhteellisen nopeasti. Teolliset mineraalikuidut ärsyttävät silmiä samalla tavalla kuin ihoakin. Jouduttuaan silmään kuidut voivat osoittaa eri suuntiin ja aiheuttaa kipua silmiä räpytettäessä tai hierottaessa. Mineraalivillakuiduille altistuessa voi kärsiä kirvelevistä tai vetisistä silmistä, turvonneista silmäluomista ja näköhäiriöistä. (Tuomainen ym. 2003, 13–14.)

Tutkimussairaalassa tehdyssä mineraalivillakuitujen aiheuttamien terveysvaikutusten tutkimuksessa työntekijöiden oireilua tarkasteltiin tietyinä ajanjaksona. Kyselyn avulla selvitettiin henkilöstön hengitystiesairauksia, ja 43 prosenttia työntekijöistä oli potnut flunssaa ilman kuumetta. Kukaan ei ollut sairastanut korvatulehdusta, poskiontelontulehdusta, keuhkoputkentulehdusta tai keuhkokuumetta. Silmä- ja nenä-ärsytysoireiden esiintyvyys oli hyvin korkea. Osalla henkilöstöstä oireet olivat allergiasta aiheutuvia. Taulukossa 2 on esitetty tutkimukseen osallistuneiden työntekijöiden silmäoireita. (Tuomainen ym. 2003, 61)

*TAULUKKO 2. Silmäoireiden esiintyvyys kyselyyn vastanneilla (37 henkilöä)  
(Tuomainen ym. 2003, 61)*

| Silmäoire                    | Esiintyvyys |
|------------------------------|-------------|
| kutina                       | 16 (43 %)   |
| punoitus                     | 13 (35 %)   |
| vetistys                     | 10 (27 %)   |
| valonarkuus                  | 7 (19 %)    |
| kirvely                      | 9 (24 %)    |
| rähmiminen                   | 9 (24 %)    |
| roskantunne                  | 12 (32 %)   |
| silmäluomien turvotus        | 6 (16 %)    |
| silmäluomien punoitus        | 3 (8,1 %)   |
| silmäluomien kutina          | 11 (30 %)   |
| silmäluomien hilseily        | 1 (2,7 %)   |
| silmäluomien karstoittuminen | -           |
| näärännäppy luomessa         | -           |

## **3 OAMK:N LIIKETALouden YKSIKKÖ**

### **3.1 Rakennuksen yleistiedot**

Oulun seudun ammattikorkeakoulun (OAMK) liiketalouden yksikössä koulutetaan liiketoimintaosaamista, yrittäjyyttä, kansainvälistymistä, tietojenkäsittelyä sekä kirjasto- ja tietopalveluja. Lisäksi yksikössä opiskellaan liiketalouden ylempään ammattikorkeakouluntutkintoon. Henkilöstöä koulussa on noin 100 ja opiskelijoita noin 1 400. Liiketalouden yksikkö on peruskorjattu vuonna 2006. (Liiketalouden yksikkö, 2011, linkit Esittely.)

Koulun A- ja B-siiven kolmessa kerroksessa sijaitsevat opetustilat ja opettajienhuoneet. Kellarikerroksessa toimii ravintola ja pesutilat. Kaikkia koulun tiloja hoitaa yhteensä 17 ilmanvaihtokonetta, jotka on uusittu peruskorjauksen yhteydessä vuonna 2006.

### **3.2 Kuitukartoitus**

#### **3.2.1 Ilmastointikoneet**

Ilmastointijärjestelmän kartoituksessa koulurakennuksen kaikki ilmastointikoneet tarkastettiin ja niistä etsittiin mahdollisia kuitulähteitä. Taulukossa 3 on esitetty ilmastointikoneiden vaikutusalueet sekä tulo- ja poistoilmavirrat.

TAULUKKO 3. Rakennuksen ilmastointikoneiden vaikutusalueet ja ilmavirrat

| Iv-koneen tunnus | Vaikutusalue         | Tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s | Poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s |
|------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| TK01             | A1 1.kerros          | 1,3                             | 1,1                               |
| TK02             | A1 2.kerros          | 0,9                             | 0,9                               |
| TK03             | A1 3.kerros          | 1,1                             | 1,0                               |
| TK04             | ruokasali            | 2,0                             | 1,8                               |
| TK05             | A2 2.kerros, kellari | 2,1                             | 1,9                               |
| TK06             | A2 1+3.kerros        | 2,1                             | 2,1                               |
| TK07             | liikuntasali         | 2,0                             | 2,0                               |
| TK08             | keittiö              | 4,0                             | 4,0                               |
| TK09             | sauna                | 0,4                             | 0,4                               |
| TK10             | B1 1.kerros          | 1,1                             | 0,9                               |
| TK11             | B2 2.kerros          | 1,1                             | 1,1                               |
| TK12             | B1 1.kerros          | 1,4                             | 1,4                               |
| TK13             | B1 3.kerros          | 1,2                             | 1,3                               |
| TK14             | B2 2.kerros          | 1,4                             | 1,4                               |
| TK15             | B2 3.kerros          | 1,8                             | 1,8                               |
| TK16             | B2 1.kerros          | 0,5                             | 0,5                               |
| TK17             | B2 auditorio         | 1,1                             | 1,1                               |

Koneiden kammiot on joko vaimentamattomia tai niissä on käytetty polyesterikuidusta valmistettua eristystä. Koneista ei löytynyt mineraalivillaa. Ilmastointikoneiden jälkeisissä äänenvaimentimissa on myös käytetty polyesterikuitua. Ilmastointikanavien loppupäässä ei ole äänenvaimentimia ennen päätelaitteita.

Ilmastointikoneista suurin osa on Fläktwoods Oy:n valmistamia Sting-mallisia koneita. Sting on kompakti ilmankäsittelykone, jonka perusvarusteluun kuuluu suorakäyttöinen tulo- ja poistoilmapuhallin, tulo- ja poistoilmasuodattimet sekä pyörivä lämmönsiirrin. Tarvittaessa peruskonetta täydennetään kanavistoon asennettavilla lisätarvikkeilla kuten sulkupellit, lämmitin, jäähdytin ja äänenvaimennin. Näiden yhdistelmällä Stingistä saadaan yksinkertainen, mutta tehokas ilmankäsittelykone toimistotiloihin, myymälöihin, kouluihin ja päiväkoteihin. Suoritusarvoiltaan sekä energiankulutukseltaan ja elinkaaritaloudeltaan Sting edustaa tämän hetken parasta

tasoa. Kuvassa 1 on esitetty Sting-ilmastointikone ja taulukossa 4 on esitetty koneiden malli ja koko.



*KUVA 1. Sting-ilmastointikone liiketalouden yksikössä*

*TAULUKKO 4. Ilmastointikoneiden malli ja koko*

| Iv-koneen tunnus | Malli                   | Konekoko       |
|------------------|-------------------------|----------------|
| TK01             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK02             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK03             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK04             | Fläktwoods Sting 2005   | 4              |
| TK05             | Fläktwoods Sting 2005   | 4              |
| TK06             | Fläktwoods Sting 2005   | 4              |
| TK07             | Fläktwoods Sting 2005   | 4              |
| TK08             | Fläktwoods EU 2000 2005 | 33             |
| TK09             | Kair Variant 2005       | 400 l/s 1.1 kW |
| TK10             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK11             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK12             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK13             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |
| TK14             | Fläktwoods Sting 2005   | 4              |
| TK15             | Fläktwoods Sting 2005   | 4              |
| TK16             | Fläktwoods Sting 2005   | 2              |
| TK17             | Fläktwoods Sting 2005   | 3              |

Suodattimien tarkoituksena on puhdistaa ilma hiukkasia sisältävistä epäpuhtauksista, kuten pölystä ja tomusta eri suodatinluokista valituilla suodattimilla. Suodattimet on valmistettu synteettisestä materiaalista tai lasikuidusta. Lasivillasta valmistettujen ilmanvaihtosuodattimien kuituemissio tutkimuksessa on todettu kuitujen irtoavan suodattimesta normaalin toiminnan aikana, mutta emissio lakkaa pian käytön aikana. Kaikki liiketalouden yksikön ilmastointikoneiden suodattimet ovat pussisuodattimia ja ne ovat kertakäyttöisiä. Pussisuodattimet ovat synteettistä materiaalia. Pitkät pussisuodattimet ovat mikrolasikuitua. (Fläktwoods Oy, linkit Tuotteet -> Ilmankäsittelykoneet.)

Ilmastointikoneiden yhteyteen asennetut äänenvaimentimet ovat IVK Tuote Oy:n valmistamia Kvd-äänenvaimentimia. Äänenvaimentimia tarvitaan ehkäisemään

erityisesti tuloilmapuhaltimien aiheuttaman melun kulkeutumista sisätiloihin ja ulos rakennuksesta. Äänenvaimennusta tarvitaan myös kanavissa, säätölaitteissa ja päätelaitteissa syntyvän melun sekä tilasta toiseen kulkeutuvan melun vaimentamiseen. Kohteessa on vaimennusmateriaalina käytetty Dacronia, joka on polyesterikuitua. Valmistajan mukaan kuitujen irtoaminen vaimennusmateriaalista on estetty käyttämällä sidosainetta. Irrotettavat vaimennuselementit mahdollistavat vaimennusmateriaalin vaihtamisen. Äänenvaimentimien koot valmistetaan asiakkaan toivomusten mukaisesti. Kuvassa 2 on esitetty ilmanvaihtokammio, jossa on poistettu mineraalivilla ja korvattu polyesterikuitu Dacronilla. (IVK Tuote Oy. 2011, linkit Tuotteet -> Lamellivaimentimet suorakaidekanaviin -> KVA/KVD.)



*KUVA 2. Äänenvaimennettu ilmanvaihtokammio*

### 3.2.2 Päätelaitteet

Opetustilojen ja toimistohuoneiden päätelaitteet ovat vaimentamattomia eli niiden liitäntälaatikoissa ei ole käytetty minkäänlaista vaimennusta. Alas lasketuissa katoissa päätelaitteet on uusittu peruskorjauksen yhteydessä, mutta seinillä olevat päätelaitteet ja suutinhajottajat ovat alkuperäisiä. Käytävien alkuperäisissä päätelaitteissa liitäntälaatikoiden mineraalivilla vaimennus on poistettu ja korvattu polyesterikuitu Dacronilla.

### 3.2.3 Kattomateriaalit

Luokkahuoneissa on käytetty alakattomateriaalina Ecophon Focus -akustiikkalevyä. Peruslevyn lasivillan näkyvällä pinnalla on erillinen pinnoite ja taustapinnalla lasihuopa. Reunat on maalattu. Kuvassa 3 on esitetty tuloilmalaite ja akustinen kattomateriaali.



*KUVA 3. Keittiössä käytettiin myös Ecophon Focus -akustiikkalevyä*



Käytävien alakattolevy on Gyptone Quattro -akustiikkalevy, joka on valmistettu Gyproc-kipsilevystä. Taustapinnalle on liimattu akustinen vaimennushuopa ja näkyvä pinta on maalattu tehtaalla. (Ecophon 2002 – 2009, linkit Tuotekortit -> Focus E.)

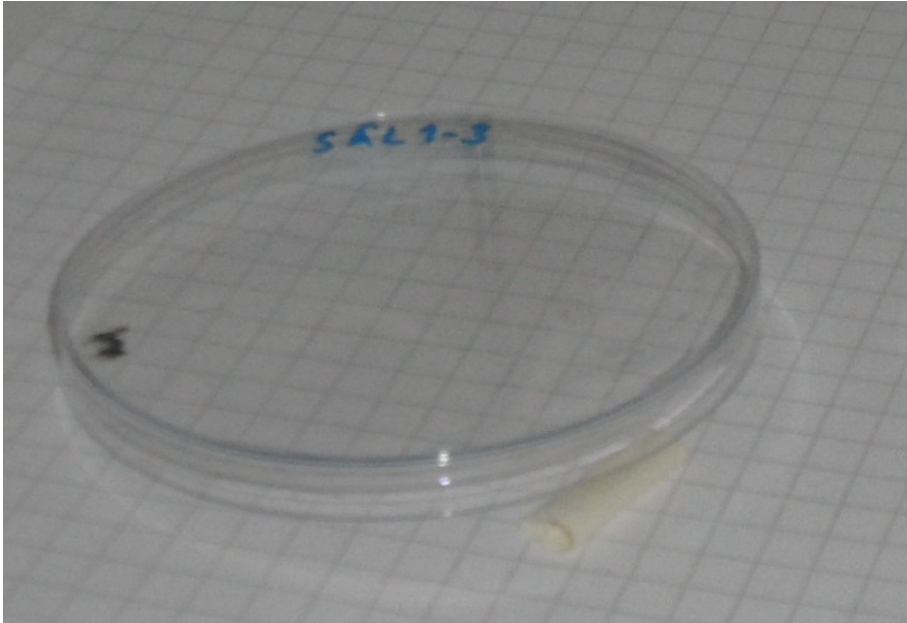
## 4 KUITUMITTAUKSET

### 4.1 Kuitunäytteet

Tutkimusmenetelmänä käytettiin BM-Dustfilter-pölynkeräysteippinäytteitä. Teippinäytteet tutkittiin valomikroskoopilla käyttämällä satakertaista suurennosta. Näytteistä laskettiin kaikki yli 20 mikrometrin pituiset teolliset mineraalikuidut. Näytteidenoton suoritti ja analysoi Kiratek Oy.

Kuitunäytteet päätettiin ottaa yhden ilmastointikoneen vaikutusalueelta. Liiketalouden yksikössä on yhteensä 17 ilmastointikonetta ja niistä 15 on Fläktwoods Sting -mallisia koneita. Kartoituksessa ilmeni kaikkien koneiden puhtauden olevan samanlainen ja eroavaisuuksia ei voinut havaita silmämääräisesti. Tämän perusteella päätettiin ottaa kontrollinäytteet vain yhden ilmastointikoneen alueelta.

Kuitunäytteiden ottamista varten valittiin keittiön tuloilmakone. Ensimmäinen pölynkeräysteippinäyte otettiin tuloilmakammioista äänenvaimentimen edestä. Toinen teippinäyte otettiin keittiöstä tuloilmakanavasta päätelaitteen takaa ja kolmas teippinäyte otettiin keittiön tasopinnalta kaapin päältä. Kaapin päältä otetusta tasopintanaytteestä löytyi runsaasti orgaanisia kuituja. Kyseisen näytteen laskeuma-aika tuli selvittää pölynkeräysteippinäytteellä. Kaapin päälle laitettiin petrimalja keräämään pölyä seitsemän vuorokauden ajaksi. Samanlainen näyte otettiin myös luokkahuoneesta A106 ja teippinäyte kyseisen luokan tuloilmakanavasta päätelaitteen takaa. Kuvassa 4 on esitelty pölylaskeuma-aika ja näytteenottotapa.



*KUVA 4 . Laskeuma-aikanäyte petriمالجاستا*

#### **4.2 Tulokset**

Näytteistä laskettiin kaikki yli 20 mikrometrin pituiset teolliset mineraalikuidut. Tulos ilmoitetaan kpl/cm<sup>2</sup>. Näytteiden sisältämän muun polymateriaalin määrä on arvioitu asteikolla niukka, kohtalainen, runsas ja erittäin runsas. Näytteet sisälsivät niukasti orgaanisia kuituja yhtä näytettä lukuun ottamatta. Keittiön kaapin päältä otetusta tasopintänäytteestä löytyi runsaasti orgaanisia kuituja. Näytteen pölylaskeuma-aika oli tuntematon. Kaapin päältä otettiin seitsemän vuorokauden laskeuma-aikanäyte. Kyseisestä näytteestä löytyi niukasti orgaanisia kuituja. Tuloilmakanavasta otetulle teippinäytteelle ei ole asetettu tavoitearvoja. Taulukossa 5 on esitetty mittaustulokset.

TAULUKKO 5. Mittaustulokset

| Näyte-numero | Näytteenottoaika  | Mineraalivillakuituja kpl/cm <sup>2</sup> | Muun pölymateriaalin määrä ja pölykertymäaika   |
|--------------|---|---|---|
| T1           | Tuloilmakone, TK08 TF01, keittiö, äänenvaimentimen edestä | 1,0                                       | -kohtalaisesti hienoa pölyä<br>-niukasti orgaanisia kuituja<br>-laskeuma-aika tuntematon      |
| T2           | Tuloilmakanava, päätelaitteen takaa, keittiö              | 0,2                                       | -kohtalaisesti hienoa pölyä<br>-niukasti orgaanisia kuituja<br>-laskeuma-aika tuntematon      |
| T3a          | Tasopinta, kaapin päältä, keittiö                         | 1,2                                       | -kohtalaisesti hienoa pölyä<br>-runsaasti orgaanisia kuituja<br>-laskeuma-aika tuntematon     |
| T3b          | Tasopinta, kaapin päältä, keittiö                         | 0,3                                       | -niukasti hienoa pölyä<br>-niukasti orgaanisia kuituja<br>-laskeuma-aika 7 vrk                |
| T4           | Tuloilmakanavan päätelaitteen takaa, A106                 | 1,5                                       | -kohtalaisesti hienoa pölyä<br>-kohtalaisesti orgaanisia kuituja<br>-laskeuma-aika tuntematon |
| T5           | Tasopinta, A106   | 0,2                                       | -niukasti hienoa pölyä<br>-niukasti orgaanisia kuituja<br>-laskeuma-aika 7 vrk                |

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pölynkeräysteippinäytteet soveltuvat hyvin mineraalivillakuitujen pitoisuuksien mittaamiseen huonepölystä. Rakennuksessa otetuista näytteistä ilmeni niukasti teollisia mineraalivillakuituja. Parhaat testitulokset saatiin laskeuma-aikatesteistä, joiden pölylaskeuma-aika oli seitsemän vuorokautta. Niistä laskettiin teolliset mineraalivillakuidut. Laskeuma-aika testeistä toisesta näytteestä kuituja laskettiin 0,2 kpl/cm<sup>2</sup> ja toisesta 0,3 kpl/cm<sup>2</sup>. Työterveyslaitos määrittää kuitupitoisuudet säännöllisesti siivotuille tasopinnoille alle 0,2 kpl/cm<sup>2</sup> ja harvoin siivotuille tasopinnoille alle 3 kpl/cm<sup>2</sup>. Tuloilmassa kuitupitoisuuden tulisi olla alle 1 kpl/m<sup>3</sup>. Tuloilmajärjestelmästä otetuille teippinäytteille ei ole asetettu tavoitearvoja. (Kuitututkimus K215/2011, 2011.)

Keittiön ilmastointikoneen vaikutusalueelta otetuissa näytteissä ei ylitetty asetettuja tavoitearvoja. Myös luokkahuoneen A106 otetuissa kontrollinäytteissä ei ilmennyt ongelmia. Näytteissä ilmenneet mineraalikuituarvot ovat todennäköisemmin peräisin lasikuidusta valmistetuista alakattolevyistä ja peruskorjauksen yhteydessä ilmastointikanaviin jääneestä mineraalivillasta. Tutkimuksessa tehdyn kartoituksen perusteella voidaan todeta, ettei rakennuksessa ole haitallisia mineraalivillakuitulähteitä. Lähtökohtana näytteiden ottamisessa oli, että kaikki ilmastointikoneet ovat samanlaisia. Voidaan todeta, ettei rakennuksessa ole mineraalivillakuitujen aiheuttamaa sisäilmaongelmaa.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Oulun seudun ammattikorkeakoulun liiketalouden yksikössä mahdollisia mineraalivillakuitujen aiheuttamia sisäilmaongelmia. Opinnäytetyön tilaajana oli Oulun seudun koulutuskuntayhtymä. Mittaus- ja näytteenottovaiheessa oli mukana Kiratek Oy. Rakennuksessa epäiltiin ilmanvaihtojärjestelmissä käytettävän mineraalivillan aiheuttavan oireita henkilökunnalle ja opiskelijoille. Liiketalouden yksikkö oli peruskorjattu vuonna 2006 ja sen yhteydessä ilmanvaihtojärjestelmä oli uusittu, kuten kaikki ilmastointikoneet.

Kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin mineraalivillakuitujen esiintymiseen rakennusmateriaaleissa ja ilmastointijärjestelmissä. Mineraalivillaa on käytetty paljon erilaisissa ilmastointikomponenteissa, kuten äänenvaimentimissa, suodattimissa ja päätelaitteissa. Peruskorjauksen yhteydessä oli poistettu mineraalivillamateriaalit ja korvattu polyesterikuitu Dacronilla. Ilmanvaihtokanavissa ei ollut sekundääri äänenvaimentimia ja ilmastointikoneiden äänenvaimentimet oli rakennettu polyesterikuitumateriaalista. Rakennuksen kartoituksessa tarkastettiin kaikki kiinteistön ilmastointikoneet ja niistä etsittiin mineraalivillaa. Ilmastointikuvista tarkastettiin, oliko kanavissa käytetty äänenvaimentimia ja millaisia päätelaitteita oli luokkahuoneissa ja käytävillä. Rakennusmateriaalit myös otettiin huomioon kartoituksessa. Suurin osa rakennuksen katoista oli lasivillasta valmistettua akustiikkalevyä. Rikkoutumattomana akustiikkalevystä ei pitäisi irrota mineraalikuuituja.

Mineraalivillakuidut aiheuttavat ihmisille hengitysteiden, silmien, ihon ja limakalvojen ärsytysoireita. Opinnäytetyössä ei tehty oirekyselyä henkilökunnalta ja opiskelijoilta. Lähtökohtana oli, että liiketalouden yksikössä voi olla mineraalivillakuitujen aiheuttama sisäilmaongelma. Teollisten mineraalikuuitujen esiintyminen varmistettiin pölynkeräysteippinäytteillä ja laskeuma-aikamittauksilla. Mittauksia edeltävissä keskusteluissa päädyttiin ottamaan kontrollinäyte. Mittaukset tehtiin yhden ilmastointikoneen vaikutusalueelta. Pölynkeräysteippinäytteet otettiin tuloilmakammioista ilmastointikoneen sisältä, tuloilmakanavasta päätelaitteen takaa ja laskeuma-aikanäyte tasopinnalta. Laskeuma-aika oli seitsemän vuorokautta. Näytteistä

laskettiin kaikki yli 20 mikrometrin pituiset teolliset mineraalikuidut. Tulosten analysoimisen jälkeen ei todettu mineraalivillakuitujen aiheuttamaa sisäilmaongelmaa.

Mineraalikuitupitoisuudet jäivät alle tavoitearvojen tai olivat rajoissa. Tasopinnat tulisi puhdistaa säännöllisesti ja myös vaikeasti tavoitettavat paikat tulisi pitää puhtaana. Ilmastointikanavat tulisi puhdistaa säännöllisesti ja ilmastointikoneiden suodattimet tulisi vaihtaa säännöllisesti.

## LÄHTEET

Ecophon. 2002 – 2009. Saatavissa: <http://www.ecophon.fi>. Hakupäivä 1.4.2011.

Fläktwoods Oy. Saatavissa: <http://www.flaktwoods.fi>. Hakupäivä 5.1.2011.

Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut. 2006. Ilmanvaihdon modernit parannus- ja kunnostusratkaisut – tutkimusprojekti. Äänenvaimentimien kunnostus. Espoo. TKK LVI-tekniikka, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitos, Sisäilmayhdistys ry, ClimaConsult Finland Oy.

IVK-Tuote Oy. 2011. Saatavissa: <http://www.ivk-tuote.fi>. Hakupäivä 1.4.2011.

Kuitututkimus K215/2011. Kiratek Oy, 2011.

Kovanen, Keijo – Heimonen, Ismo – Laamanen, Jarmo – Riala, Riitta – Harju, Riitta – Tuovila, Hanna – Kämppi, Reima – Sääntti, Jaakko – Tuomi, Timo – Salo, Suvi-Päivikki – Voutilainen, Risto – Tossavainen, Antti 2006. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. VTT tiedotteita 2360.

Liiketalouden yksikkö. 2011. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/liike>. Hakupäivä 10.2.2011.

Sisäilmastoluokitus 2008. 2008. Sisäilmayhdistys ry.

Sisäilmayhdistys ry. 2011. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi>. Hakupäivä 19.1.2011.

Tuomainen, Marianna – Björkroth, Marko – Kämppi, Reima – Mussalo-Rauhamaa, Helena – Salo, Suvi-Päivikki – Sääntti, Jaakko – Tuomi, Timo – Voutilainen, Risto – Seppänen, Olli 2003. Ilmanvaihtojärjestelmän mineraalivillakuitujen terveysvaikutukset. Raportti B76. Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. LVI-tekniikan laboratorio.