



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Penttilä

# SISÄILMATUTKIMUSPROSESSIN LAADUN KEHITTÄMINEN

Case RKM Group Oy / RKM Engineering

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Antti Penttilä
Opinnäytetyön nimi	Sisäilmatutkimusprosessin laadun kehittäminen: Case RKM Group Oy/RKM Engineering
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	32 + 2 liitettä
Ohjaaja	Mika Korpi

---

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli toimeksianto RKM Group Oy:ltä liittyen yrityksen toimialaan kuuluviin sisäilmatutkimuksiin. Työn tarkoituksena oli koota yhteenveto sisäilmatutkimusten käytännön toteuttamisen tueksi RKM Group Oy:n käyttämien sisäilmatutkimusmenetelmien osalta.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä, sisäilmassa esiintyviä yleisimpiä epäpuhtauksia ja niiden lähteitä, sisäilmaongelmien aiheuttamia oireita sekä sisäilman epäpuhtauksien hallintakeinoja. Lisäksi esitin perustietoutta yrityksen käyttämistä näytteenottomenetelmistä ja -välineistä yleisellä tasolla.

Toimeksiannon tavoitteena oli myös laadunhallintaan liittyvien keskeisten seikkojen tarkastelu ja sen merkityksen korostaminen yrityksen kilpailutekijänä. Mitäustulosten ja analyysien luotettavuuden varmistamiseksi on näytteenotossa tärkeää noudattaa voimassa olevia ohjeistuksia.

Työssä käytin tietolähteinä alan kirjallisuutta, viranomaisohjeistuksia sekä alan yritysten ja taustayhteisöjen julkaisemaa materiaalia.

Opinnäytetyöprosessin tuloksena ja johtopäätöksenä kävi ilmi, että laadukkaan sisäilmatutkimuksen suorittaminen edellyttää yksityiskohtaisen ja kattavan tutkimussuunnitelman laatimista. Lisäksi tärkeää on asiantuntijuuden vahvistaminen perehdyttämisen ja kouluttamisen avulla.

## ABSTRACT

Author	Antti Penttilä
Title	Developing the Process of Indoor Air Research: Case RKM Group Ltd/RKM Engineering
Year	2018
Language	Finnish
Pages	32+ 2 Appendices
Name of Supervisor	Mika Korpi

---

The topic of this thesis was the assignment of the indoor air research given by RKM Group Oy. The aim was to collect a summary to support the process of the indoor air research.

The quality factors of indoor air were examined as well as the most common impurities and their sources, the symptoms caused by indoor air problems and the methods of controlling the impurities. In addition, basic information of the sampling methods and tools was dealt with generally.

The objective of the assignment was also to examine the basic issues of quality management and its impact for the competitiveness. It is important to follow the valid instructions for sampling to ensure the reliability of the measurements and analyses.

As a source of information literature, instructions given by the authorities and the material published by companies and several communities were used.

As a result, it came out that it is essential to create a detailed and comprehensive research plan. This enables a high-quality indoor air research. Besides it is important to strengthen the expertise by familiarization and training.

---

Keywords	Indoor air research, research plan, sampling and quality management
----------	---

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYKSEN NYKYTILAN KUVAUS JA KEHITTÄMISTARPEET LAADUNHALLINNAN NÄKÖKULMASTA .....	8
	2.1 RKM Group/ RKM Engineering tänään .....	8
	2.2 Tutkimusprosessin kehittämistarpeet.....	9
3	SISÄILMATUTKIMUKSEN TEORIAA.....	10
	3.1 Sisäilman yleisimmät epäpuhtaudet ja niiden lähteet .....	10
	3.2 Sisäilmaongelmien aiheuttamat oireet .....	13
	3.3 Sisäilman epäpuhtauksien hallinta.....	14
4	PALVELUN LAADUNHALLINTA .....	16
5	SISÄILMATUTKIMUKSEN PROSESSIKUVAUS .....	18
	5.1 Lähtötilanteen kartoitus .....	18
	5.2 Tutkimussuunnitelman laatiminen .....	19
	5.3 Sisäilmatutkimuksen toteuttaminen.....	20
	5.3.1 Andersen-menetelmä .....	22
	5.3.2 VOC-näytteenotto .....	23
	5.3.3 Kuitumittaus.....	26
	5.3.4 Mikrobinäytteenotto materiaalista .....	27
	5.4 Tutkimustulokset ja tutkimusselostus.....	29
6	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET.....	31

LIITTEET

**KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b> Rakennuksen sisäilmasto /5/	10
<b>Kuva 2.</b> Sisäilmaston laatutekijät /6/	12
<b>Kuva 3.</b> Sisäilmasto-ongelman arvioinnin osatekijät /11/	18
<b>Kuva 4.</b> Andersen-keräin /12/	22
<b>Kuva 5.</b> VOC-näytteenottolaite /8/	24
<b>Kuva 6.</b> Tenax-TA-adsorbenttiputki /8/	25
<b>Kuva 7.</b> Geeliteippi /13/	26
<b>Kuva 8.</b> Valmis näyte analysoitavaksi /13/	26
<b>Taulukko 1.</b> Sisäilmaluokitus 2008 /6/	11
<b>Taulukko 2.</b> Huonetilan lämpötilasuositukset /7/	15
<b>Taulukko 3.</b> Sisäilman tavanomaisten mikrobipitoisuuksien viitearvot 6-vaihe-keräimellä talvikaudella otetuille näytteille /8/	23
<b>Taulukko 4.</b> Mikrobitaulukko /10/	27

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Yleisimmät sisäilman laatua heikentävät tekijät ja niiden aiheuttamat haitat ja oireet

**LIITE 2.** Sisäilman käsittelyprosessi työpaikalla

# 1 JOHDANTO

Huonetiloissa esiintyvät sisäilmaongelmat aiheuttavat terveyshaittoja tiloissa oleskeleville. Ongelmien eliminoimiseksi suoritetaan sisäilmatutkimus, jossa selvitetään, mistä syntyneet ongelmat ovat peräisin ja miten niihin tulisi reagoida.

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana on RKM Group Oy:n Engineering-liiketoimintayksikön toimeksianto liittyen yrityksen suorittamiin sisäilmatutkimuksiin. Työn teoriaosuudessa kerron yleistä sisäilmasta. Eriteltyinä selvitän aihekokonaisuuksina sisäilman epäpuhtaudet ja niiden lähteet, sisäilman terveysvaikutukset ja sisäilmassa esiintyvien epäpuhtauksien hallinnan sisällön. Lisäksi käsitelen lyhyesti yrityksen käyttämiä näytteenottomenetelmiä.

Työssäni selostan yleisellä tasolla keskeiset toimenpiteet ja huomioitavat seikat valmistauduttaessa sisäilmasta suoritettavaan näytteenottoon, samoin kuin toimenpiteet näytteenoton aikana ja sen jälkeen.

Esitän työssäni lisäksi koosteen laadunhallinnan roolista ja merkityksestä yrityksen toiminnassa yleisellä tasolla. RKM Group Oy on toiminnassaan sitoutunut jatkuvaan laadun kehittämisprosessiin.

## **2 YRITYKSEN NYKYTILAN KUVAUS JA KEHITTÄMIS- TARPEET LAADUNHALLINNAN NÄKÖKULMASTA**

### **2.1 RKM Group/ RKM Engineering tänään**

RKM Group Oy koostuu kolmesta liiketoimintayksiköstä: RKM Kuivaustekniikka, RKM Rakennus ja RKM Engineering. RKM Group kuuluu yhtenä jäsenyrityksenä Kuivaustekniikka Ryhmään, johon kuuluvat lisäksi Keski-Suomen Kuivaustekniikka Oy, Oulun Kuivaustekniikka Oy ja Pohjois-Suomen Kuivaustekniikka Oy. Ryhmä toimii noin 40 paikkakunnalla ja on erikoistunut kiinteistöjen tutkimus-, ylläpito- ja korjausrakointiin.

RKM Group Oy:llä on toimipisteet Vantaalla, Hyvinkäällä, Kotkassa, Kouvossa ja Pirkkalassa.

Yrityksen tarjoamia palveluja ovat

- Asbesti- ja haitta-ainekartoitukset
- Vesivahinkokartoitukset
- Kosteusmittaukset
- Kuivausrakointi ja rakennusten kosteudenhallinta
- Sisäilmatutkimukset, materiaalinäytteidenotto ja analysointi
- Kiinteistöjen tiiveysmittaukset
- Palovahinkojen puhdistukset ja erikoispuhdistukset
- Hajunpoisto ja desinfioinnit
- Ryömintätilakuivaus
- Homesaneeraus
- Kosteus- ja palovauriokohteiden rakennustekniset työt
- Tilamuutos- ja korjausrakennustyöt
- Lämpökamerakuvaukset
- Kiinteistöjen energiaselvitykset/energialuokitukset



- Projektien valvontatyöt ja projektinjohtotehtävät
- Kustannuslaskenta ja -suunnittelu
- Irtaimiston varastointi.

Yrityksen liikevaihto oli edellisellä tilikaudella noin 10 milj. € ja työntekijöitä oli noin 100. /1, 2, 3/

## **2.2 Tutkimusprosessin kehittämistarpeet**

Sisäilmatutkimusprosessin kehittämistarpeisiin liittyen olen haastatellut RKM Group Oy:n asiantuntijapalvelujohtaja DI Jari Lemposta. Hänen mukaansa yrityksessä on ilmennyt tarve toiminnan laadun kehittämiseen, sisäilmatutkimusprosessin selkiyttämiseen sekä sen yksityiskohtaiseen kuvaamiseen ja mallintamiseen.

Keskeisintä on hänen mukaansa osata laatia riittävän kattava tutkimussuunnitelma asiakkaalle tehtävän tarjouksen liitteeksi. Tällä toimenpiteellä voidaan saavuttaa luotettava tutkimuksen lopputulos ja sitä kautta laadukkaat korjaussuosituksia esitettäessä.

Näytteiden oton yhteydessä tulee kiinnittää huomiota oikeisiin työ- ja toimintatapoihin. Lisäksi keskeisessä roolissa ovat toimintaa tukevana tekijöinä jatkuva uuden oppiminen sekä alan uusien ohjeiden ja määräysten sisäistäminen. Työntekijöitä kannustetaan kehittämään omaa ammattitaitoaan sekä seuraamaan alan kehitystä osallistumalla alan koulutustapahtumiin sekä perehtymällä uusimpiin tutkimustuloksiin ja -menetelmiin.

Laadun kehittämiseksi on myös ajankohtaista tehdä tuotteistusta, laatia hyvät raportointipohjat asiantuntijoiden käyttöön sekä hankkia uutta tutkimusvälineistöä. Tärkeää on myös huolehtia olemassa olevan välineistön säännöllisestä kalibroinnista mittausvirheiden minimoimiseksi ja eliminoimiseksi. /3/

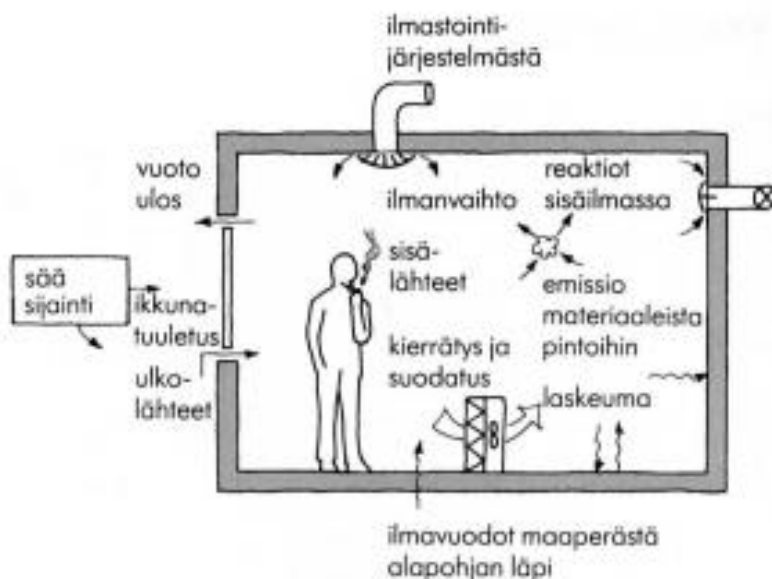
### 3 SISÄILMATUTKIMUKSEN TEORIAA

#### 3.1 Sisäilman yleisimmät epäpuhtaudet ja niiden lähteet

Vuodelta 1994 olevan Terveydensuojelulain 26 §:ssä on esitetty asunnon ja muun oleskelutilan terveydelliset vaatimukset seuraavasti:

”Asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. Asunnossa ja muussa oleskelutilassa ei saa olla eläimiä eikä mikrobeja siinä määrin, että niistä aiheutuu terveyshaittaa.”

Sisäilmaston laatuun on erittäin tärkeää kiinnittää huomiota, sillä keskimäärin ihminen viettää ajastaan lähes 90 % sisätiloissa ja hengittää vuorokaudessa ilmaa noin 15 000 litraa (Kuva 1). Sisäilma on terveellistä silloin, kun se on hajutonta, pölytöntä, vedotonta ja sen lämpötila tuntuu tilanteeseen sopivalta. /4/



**Kuva 1.** Rakennuksen sisäilmasto.

Tällä hetkellä on voimassa Sisäilmastoluokitus vuodelta 2008. Sen perusteella sisäilmasto jaetaan kolmeen eri luokkaan: S1 Yksilöllinen sisäilmasto, S2 Hyvä sisäilmasto ja S3 Tyydyttävä sisäilmasto (Taulukko 1). /6/

**Taulukko 1.** Sisäilmaluokitus 2008.

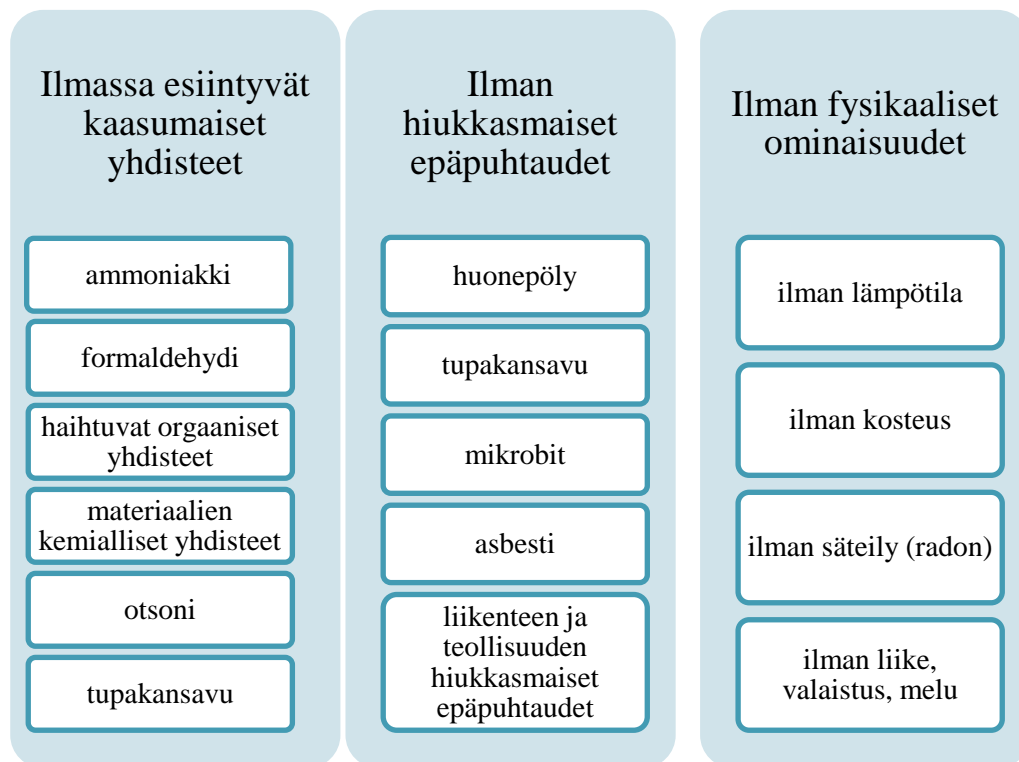
<b>S1 Yksilöllinen sisäilmasto</b>	<b>S2 Hyvä sisäilmasto</b>	<b>S3 Tyydyttävä sisäilmasto</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- sisäilman laatu on erittäin hyvä</li> <li>- tiloissa ei ole havaittavia hajuja</li> <li>- tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä tekijöitä</li> <li>- lämpötilat ovat säädettäviä</li> <li>- tilat ovat vedottomia</li> <li>- tiloissa on hyvät äänolosuhteet</li> <li>- tiloissa on säädettävä valaistus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sisäilman laatu on hyvä</li> <li>- tiloissa ei ole havaittavia hajuja</li> <li>- tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä tekijöitä</li> <li>- tilojen lämpöolot ovat hyvät</li> <li>- tiloissa ei esiinny vetoa</li> <li>- ääni- ja valaistusolosuhteet tukevat käyttötarkoitusta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rakennusmääräysten minimivaatimukset täyttyvät sisäilman laadussa, lämpö-, ääni- ja valaistusolosuhteissa</li> </ul>

Sisäilmassa esiintyvien epäpuhtauksien lähteet voidaan jakaa ulkoa tuleviin, rakennusperäisiin sekä ihmisestä ja ihmisen toiminnoista johtuviin. Ulkoa tulevia lähteitä ovat mm. maaperän vuotoilma, joka rakennuksen alipaineen vuoksi kulkeutuu sisälle sekä liikenteen päästöt ja katupöly. Rakennusperäisiä lähteitä ovat rakennus- ja sisustustarvikkeet, ilmanvaihtolaitteet, kostuneiden rakenteiden mikrobikasvustot sekä maalit ja pintakäsittelyaineet. Ihmisestä ja ihmisen toiminnosta johtuvia lähteitä ovat ruoanvalmistus, tupakointi, roska- ja jäteastiat, tulisijat sekä pölyisyys ja likaisuus. /5/

Sisäilmassa esiintyy runsaasti erilaisia epäpuhtauksia, joita ovat mm. hiukkaset, mikrobit, pölypunkit, orgaaniset kaasut, formaldehydi, ammoniakki, styreeni, radon sekä hiilimonoksidi. Ne ovat yleensä peräisin joko ulkoilmasta, itse rakennuksesta, sisustusmateriaaleista tai ihmisen toiminnasta. /6/

## Sisäilman laatuun vaikuttavia tekijöitä

Kuvassa 2 on esitettyä sisäilmaston laatuun vaikuttavat ilman laadulliset ja fysikaaliset ominaisuudet. /6/



**Kuva 2.** Sisäilmaston laatutekijät.

Hyvän sisäilman kriteeri on, että se ei aiheuta paikalla olijolle ärsytys- tai allergioireita. Pahiten allergisoivia sisäilman epäpuhtauksia ovat erilaiset hengitysilmassa esiintyvät valkuaispitoiset pölyt, esimerkiksi siitepölyt, itiöt, mikrobien osat ja eläinpöly. Oireita voivat aiheuttaa lisäksi rakennustarvikkeista peräisin olevat haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja homekasvustoista peräisin olevat mikrobit.

/5/

Sisäilman laatua heikentävät tekijät on lueteltu liitteessä 1 olevassa taulukossa, johon on kattavasti koottu epäpuhtaudet/haittatekijät, niiden alkuperä tai esiintymisen syy sekä haitta tai oire, jonka ne aiheuttavat. /8/

Sisäilmassa olevan ongelman voi tunnistaa mm. seuraavista seikoista:

- huoneilman tunkkaisuus/ilmanvaihdon ongelmat
- huoneilman alhainen lämpötila
- huoneilman korkea lämpötila
- huoneilman kuivuus
- tunnistettava homeen haju
- kosteusvaurio- ja homejäljet
- pinnoille tiivistyvä kosteus
- viemärin haju
- muu voimakas haju
- vedon tunne
- hajujen kulkeutuminen muualta
- voimakas rakennus- tai sisustusmateriaalien haju
- ulkoa tulevat epätavalliset hajut
- ilman pölyisyys, puutteellinen siivous. /4/

### 3.2 Sisäilmaongelmien aiheuttamat oireet

Terveellinen sisäilma on riittävän puhdasta hengitysilmakeksi. Siinä ei saa olla terveyttä vaarantavia määriä epäpuhtauksia eikä mikrobeja, viruksia, bakteereita tai sienten itiöitä. Sisäilman orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuudet ovat asuinhuoneissa keskimäärin 0,05–0,40 mg/m<sup>3</sup>, toimistotiloissa 0,05–0,80 mg/m<sup>3</sup> ja ulkoilmassa vastaavasti keskimäärin 0,01–0,04 mg/m<sup>3</sup>. Mitään oireita ei ole tutkimuksissa havaittu ko. yhdisteiden kokonaispitoisuuden ollessa enintään 0,16 mg/m<sup>3</sup>. Oireilua saattaa esiintyä pitoisuuksien ollessa 0,2–3,0 mg/m<sup>3</sup>. Tätä suurempina kokonaispitoisuuksissa huonetilassa oleskelu ei ole miellyttävää. /5/

Huonon sisäilman aiheuttamat ongelmat ovat moninaisia ja vaihtelevat yksilöittäin. Tyypillisiä reaktioita ovat hengitystie- ja astmaoireet sekä erilaiset tulehdukset. /4/

Huonon sisäilman aiheuttamia oireita ovat

- erilaiset yliherkkyysoireet
- nuha, yskä
- silmien ja ihon ärsytysoireet
- kurkun karheus ja äänen käheys
- hengenahdistus
- hengityselinten infektiot (yskä, nuha, keuhkoputkentulehdus)
- yleinen väsymystila ja voimattomuus
- päänsärky
- niveloireet
- astma. /4/

Sisäilmasta sairastumiselle ei ole määritelty sairausdiagnoosia. Sairastumisen fysiologiset taustatekijät ovatkin yleensä hyvin moninaisia. Lyhytaikaisella hengitysilman huononemisella ei ole todettu olevan vaikutusta terveeseen ihmiseen. Sen sijaan esimerkiksi allergisten oireilu voi lisääntyä. Vuoden 1988 tietojen mukaan aikuisväestöstä 15–20 % sairastaa allergista nuhaa, 2–6 % astmaa, 2–5 % atooppista ihottumaa, 1–2 % ruoka-allergiaa ja 15 % kosketusallergiaa. /6/

### **3.3 Sisäilman epäpuhtauksien hallinta**

Huono sisäilma voi aiheuttaa terveyshaittoja. Sen on myös todettu alentavan työn tehokkuutta ja työssä viihtymistä. Viihtyminen työssä on tärkeä motivaation ja sitä kautta työn tuloksellisuuden kannalta. Mikäli työpaikalla havaitaan sisäilmaan mahdollisesti liittyvää oirehtimista, on työnantajan velvollisuutena ottaa yhteyttä

asiantuntijoihin tarkempien tutkimusten tekemiseksi. Liitteessä 2 on esitetty sisäilman käsittelyprosessin kulku. /17/

Sisäilman laatua on mahdollista parantaa

- riittävän ilmanvaihdon varmistamisella
- ehkäisemällä epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin
- sisustus- ja rakennusmateriaalien valinnalla
- ihanteellisen huonelämpötilan säätämällä
- riittävän siivoustason ylläpitämällä
- tupakoinnin välttämällä. /4/

Kuten ensimmäisessä luvussa todettiin, ihminen tutkitusti viettää ajastaan 90 % sisätiloissa. Edellä mainitun johdosta asuinhuoneiston huoneilman lämpötilalle on määritelty viranomaisten taholta taulukossa 2 esitetyt raja-arvot. /7/

**Taulukko 2.** Huonetilan lämpötilasuositukset.

Asunnot	Raja-arvot °C
Huoneilman lämpötila lämmityskaudella	+18 –26
Huoneilman lämpötila lämmityskauden ulkopuolella	+18–32

## 4 PALVELUN LAADUNHALLINTA

Laadunhallinnan perusperiaatteet on julkaistu ISO 9000 -standardissa seuraavasti:

- asiakaskeskeisyys
- johtajuus
- ihmisten täysipainoinen osallistuminen
- prosessimainen toimintamalli
- parantaminen
- näyttöön perustuva päätöksenteko
- suhteiden hallinta.

Yrityksen toiminnassa tulisi näiden perusperiaatteiden toteutua. Asiakaslähtöinen toiminta pyrkii toteuttamaan asiakkaan odotukset ja yksilölliset tarpeet. Luottamuksen rakentaminen ja vuorovaikutustilanteiden laadukas hoitaminen tuovat lisäarvoa sekä yritykselle että asiakkaalle. Olemassa olevien asiakassuhteiden jatkuvuus ja uusien asiakaskontaktien luominen edellyttää asiakkaiden myönteisiä palvelukokemuksia. Yrityksen imago pohjautuu myönteisiin asiakaskokemuksiin.

Yrityksen johdolla on yhteinen päämäärä ja visio. Johdon tehtävänä on määritellä organisaation yhteiset laatutavoitteet sekä kannustaa ja motivoida henkilöstöä asetettujen yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Toiminta- ja viestintäprosessien selkiyttäminen ja yhdenmukaistaminen auttaa asetettujen laatutavoitteiden saavuttamisessa.

Kannustaminen ja tunnustuksen sekä vaikutusmahdollisuuksien antaminen lisäävät henkilöstön työmotivaatiota ja sitä kautta työn tuloksellisuutta. Motivoitunut ja tyytyväinen henkilöstö on myös valmis kehittämään ammattitaitoaan ja oppimaan uutta.

Prosessimaisessa toimintamallissa henkilöstön voimavarat keskitetään tärkeimpien prosessien laadukkaaseen läpivientiin. Resurssit saadaan parhaiten hyödynnettyä tehokkaalla prosessien hallinnalla ja minimoimalla ulkoiset häiriötekijät.



Parantamisella tarkoitetaan yrityksen toiminnan tehostamista siten, että yritys reagoi tehokkaasti muuttuviin sisäisiin ja ulkoisiin olosuhteisiin. Lisäksi yrityksen tavoitteena on hyödyntää sekä jo olemassa olevaa tietoa että luoda uusia innovaatioita. Toiminnan tehostamisella prosessit tarkentuvat ja yrityksen suorituskyky ja sitä kautta tulokset paranevat.

Päätöksenteon perustana käytetään tutkittua, analysoitua ja objektiivista tietoa. Tiedon monipuolisilla prosessointitavoilla pyritään varmistamaan päätöksenteon luotettavuus ja vaikuttavuus. Tätä kautta päätöksenteko tehostuu.

Hyvät ja toimivat sidosryhmäyhteydet ovat tärkeä yrityksen menestystekijä. Hyvällä sidosryhmäsuhteiden hoidolla on mahdollista saavuttaa synergiaetuja, jotka hyödyttävät sekä yritystä että sen eri sidosryhmiä. /14/

## 5 SISÄILMATUTKIMUKSEN PROSESSIKUVAUS

### 5.1 Lähtötilanteen kartoitus

Sisäilmatutkimuksen käynnistäminen edellyttää kohteen taustatietojen selvittämistä. Sisäilmasto-ongelman kartoittamiseksi selvitetään rakennuksen ja sen ilmanvaihtojärjestelmän kunto. Lisäksi hankitaan tietoja tilojen käyttäjien kokemuksista ja mahdollisesti ilmenneistä oireista sekä huolto- ja siivoustoimenpiteiden toteuttamisesta kohteessa (Kuva 3). /11/



**Kuva 3.** Sisäilmasto-ongelman arvioinnin osatekijät.

Sisäilmaongelman taustalta löytyy usein kosteuteen liittyvä ongelma tai vaurio. Mahdolliset ongelmat ja vauriot selvitetään kohdekäynnillä. Asiakkaan näkemykset ja havainnot ovat lähtökohtana ongelman arvioinnille ja paikallistamiselle.

## **5.2 Tutkimussuunnitelman laatiminen**

Tutkimussuunnitelma laaditaan ennen tutkimuksen aloittamista asiakkaalle lähetettävän tarjouksen liitteenä. Suunnitelmasta tulee ilmetä seuraavat seikat:

### **1 Yleistiedot**

#### 1.1 Tutkimuskohde

- kohteen yhteystiedot: nimi- ja osoitetiedot

#### 1.2 Tutkimuksen tilaajan tiedot

- tilaajan yhteystiedot: nimi ja osoitetiedot

- yhteyshenkilön nimi ja yhteystiedot

#### 1.3 Tutkimussuunnitelman tekijä

- tekijäyrityksen yhteystiedot

- yhteyshenkilön nimi ja yhteystiedot

#### 1.4 Tutkimuksen tavoite

- selvittää kohteen sisäilmassa havaittujen ongelmien syyt ja laatia tutkimustulosten perusteella suositukset kohteessa tehtäviksi korjaustoimenpiteiksi

- lähtökohtana saatavilla oleva lähtötietoaineisto

#### 1.5 Lähtötietoaineisto

- kohteesta saatavilla oleva aineisto, esimerkiksi ARK-, RAK-, LVI-piirustukset ja aiemmat kuntotutkimusraportit

## **2 Kohteen yksityiskohtainen kuvaus**

Tutkittava kohde profiloidaan seuraavasti

- rakennuksen sijainti

- rakennusvuosi

- rakennustapa
- rakennuksen käyttötarkoitus
- rakennusmateriaalit
- ilmastointijärjestelmä
- suoritettut peruskorjaukset

### **3 Tutkimuksen sisältö**

- aistinvaraiset menetelmät
- mittaukset
- materiaalinäytteet. /8/

### **5.3 Sisäilmatutkimuksen toteuttaminen**

”Kosteus- ja sisäilmateknisessä kuntotutkimuksessa tutkitaan tarkasti kosteusvaurioituneet tai sellaisiksi epäilty rakenteet sekä muut sisäilmanlaatuun mahdollisesti vaikuttavat rakenneosat, materiaalit ja talotekniset tekijät sekä mahdolliset muut sisäilmalaatuun vaikuttavat tekijät. Tutkija analysoi kaikki tutkimustulokset ja niiden merkittävyyden tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen kokonaisuutena. Tutkija esittää toimenpide-ehdotuksen analysoinnin perusteella. Tutkimuksesta laaditaan tutkimusselostus, joka sisältää tutkimustulokset, analyysit ja toimenpide-ehdotukset.” /8/

Sisäilmatutkimusten avulla pyritään selvittämään, onko rakennuksen käyttäjien terveysongelmien ja sisäilman laadun välillä syy-yhteys. Sisäilman laatua voidaan tutkia aistinvaraisesti, suorittamalla erilaisia mittauksia tai ottamalla sisäilmanäytteitä.

Sisäilmasta ja materiaaleista voidaan tutkia mm. seuraavia aineita:

- homeet ja bakteerit
- hiilidioksidi ja hiilimonoksidi

- haihtuvat orgaaniset yhdisteet
  - VOC (Volatile organic compound / haihtuvat yhdisteet)
  - VVOC (Very volatile organic compound / erittäin haihtuvat yhdisteet)
- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus (TVOC)
- asbesti ja mineraalivillakuidut
- PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt)
- PCB- (polyklooratut bifenyylit) ja lyijy-yhdisteet
- ammoniakki ja formaldehydit
- akrylaatit, aldehydit, amiinit, fenolit
- hapot ja emäkset
- liuotinaineet
- pienhiukkaset, hiukkasmaiset epäpuhtaudet. /12/

Ennen sisäilmanäytteenottoa tulee huomioida seuraavat seikat:

- sisäilman mikrobinäytteet otetaan ajankohtana, joka vastaa tilan normaalia käyttöä ja olosuhteita
- huoneiston lämpötilan ja ilmastoinnin tulee olla tavanomaisella tasolla
- ikkunat ja ovet suljetaan 4– 6 tuntia ennen näytteenottoa
- elintarvikkeiden ja tekstiilien käsittelyä tulee välttää mittauspäivänä
- tilasta tulee poistaa lemmikkieläimet. /10/

Näytteenoton aikana huomioitavat seikat:

- näytteenotossa on käytettävä puhtaita suojakäsineitä
- työvälineet tulee desinfioida 70 % etanolilla tai isopropanolilla
- jokainen yksittäinen näyte otetaan erilliseen puhtaaseen, suljettavaan näytepussiin, joka suljetaan huolellisesti
- näytteiden siirtäminen näytepusseihin tulee tehdä sormin koskematta
- näytteen numero merkitään näytepussiin
- aistinvaraiset havainnot kirjataan muistiin tutkimuskohteesta
- näytteen tiedot merkitään analyysipyyntölomakkeelle. /10/

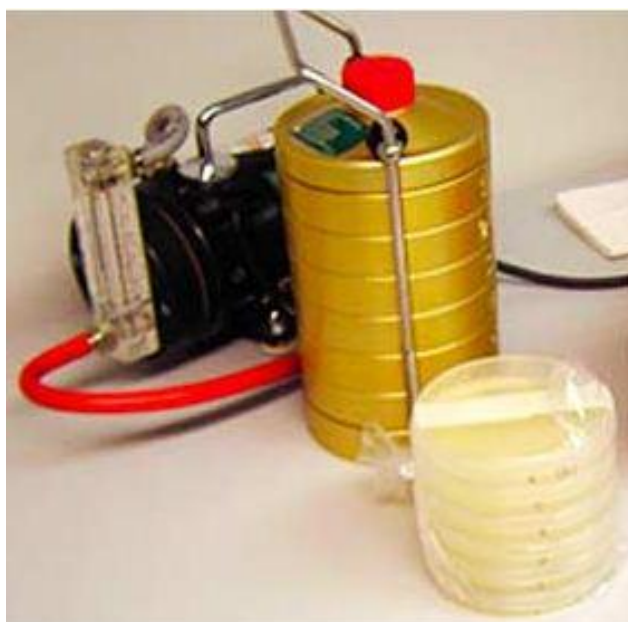
Näytteenoton jälkeen huomioitavat seikat

- laboratoriotulosten luotettavuuden varmistamiseksi näytteet tulee toimittaa välittömästi laboratorioon tutkittaviksi (määrät näytteet viimeistään seuraavana päivänä ja kuivat näytteet kolmen vuorokauden kuluessa)
- näytteet on säilytettävä jääkaapissa bakteerien lisääntymisen estämiseksi. /15/

RKM Group Oy hyödyntää sisäilmatutkimuksissaan seuraavia tutkimus- ja mittausmenetelmiä. Mittausmenetelmä valitaan aina kohteen ongelmatilanteen mukaan.

### 5.3.1 Andersen-menetelmä

Sisäilman mikrobipitoisuuden toteamiseen käytetään Andersen 6-vaiheimpaktorilla otettavaa sisäilmanäytettä (Kuva 4). Andersen-menetelmällä saadaan selville, onko sisäilman mikrobiologia tavanomainen vai ei. Näyttönä tutkimuksen toteuttamiseksi tarvitaan esimerkiksi havaintoja homeen hajusta, kosteusvaurioista tai materiaali- ja pintanäytteissä havaittavista mikrobikasvustoista. /12/



**Kuva 4.** Andersen-keräin.

Sisäilmanmittaukset suositellaan tehtäväksi talviaikaan maan ollessa lumen ja jään peittämä. Tällöin ulkoilman sieni-itiöiden ja aktinobakteerien eli sädesienien pitoisuudet ovat alhaisimmillaan. Samoin tuolloin sisäilmassa esiintyvien mikrobien voidaan olettaa olevan peräisin lähes yksinomaan itse asunnosta (Taulukko 3). Sulan maan aikana otetun sisäilmamittauksen lisäksi otetaan näyte myös ulkoilmasta. /10/

**Taulukko 3.** Sisäilman tavanomaisten mikrobipitoisuuksien viitearvot 6-vaihekeräimellä talvikaudella otetuille näytteille.

Rakennustyyppi	Mikrobiryhmä		
	Home- ja hiiva-sienet pmy/m <sup>3</sup>	Sädesienet pmy/m <sup>3</sup>	Mesofiiliset bakteerit pmy/m <sup>3</sup>
Asunnot <sup>1)</sup>	100 / 500 <sup>2)</sup>	10	4 500 <sup>3)</sup>
Kivirakenteiset koulut <sup>4)</sup>	50	10	4 500 <sup>5)</sup>
Toimistot	50	5	600

1) Vain taajamissa sijaitsevat asunnot, 2) viitearvo 100 pmy/m<sup>3</sup> mikäli lajistossa on poikkeavia pitoisuuksia kosteusvaurioindikaattorimikrobeja, muutoin 500 pmy/m<sup>3</sup>, 3) viitearvon ylittävä pitoisuus viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai kosteusvaurioihin, 4) kouluja tutkittaessa suositellaan myös näytteiden ja niiden mediaanipitoisuuksien tarkastelua kokonaisuutena, 5) viitearvon ylittävä pitoisuus viittaa yleensä riittämättömään ilmanvaihtoon.

Mikrobipitoisuuksien arvioinnissa huomioidaan rakennuksen sijainti, ikä ja vuodenaika sekä asukkaiden normaalit asumiseen liittyvät toiminnot. Rakennuksissa, joissa on käytetty eristeenä luonnonmateriaaleja, mikrobeja voi vapautua sisäilmaan, sillä luonnonmateriaalit sisältävät itsessään paljon mikrobeja. Vanhoissa puurakenteisissa rakennuksissa on yleensä käytetty eristemateriaaleina luonnonmateriaaleja, mm. turvetta, hiekkaa, olkia ja sammalta, joissa esiintyy luonnostaan paljon mikrobeja. /10/

### 5.3.2 VOC-näytteenotto

Lähtökohta VOC-yhdisteiden mittaamiseen on usein tavallisuudesta poikkeava sisäilmassa havaittava hajua. Motiivina voivat olla myös rakenteet tai materiaalit,

joiden koostumuksessa epäillään olevan haitallisia yhdisteitä. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä vapautuu sisäilmaan melkein kaikista rakennusmateriaaleista. /9/

VOC-yhdisteet (Volatile Organic Compounds) ovat sisäilmassa esiintyviä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. Näytteitä otetaan sekä ilmasta että materiaalista. Sisäilman VOC-pitoisuuden vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen ikä, liikenteen ja teollisuuden päästöt, huoneen lämpötila- ja kosteusolosuhteet, ilmanvaihto, mahdolliset VOC-yhdisteitä sisältävät materiaalit, hajusteet sekä puhdistusaineet. /4/

VOC-yhdisteiden lähteitä ovat erityisesti erilaiset rakennus- ja sisustusmateriaalit. Näiden lisäksi lähteitä ovat ihmisen oma toiminta (esimerkiksi kemikaalien käyttö) ja ulkoilmassa esiintyvät epäpuhtaudet, kuten esimerkiksi liikenteen päästöt. /6/

VOC-näytteiden kerääminen suoritetaan käyttäen kuvan 5 mukaista VOC-näytteenottolaitetta ja kuvan 6 Tenax TA-adsorbenttiputkea. /8, 16/



**Kuva 5.** VOC-näytteenottolaite.





**Kuva 6.** Tenax-TA-adsorbenttiputki.

Näytteitä otettaessa on otettava huomioon, että korkea lämpötila ja kosteus lisäävät VOC-päästöjen määrää. Sisäilmassa esiintyviin VOC-yhdisteiden pitoisuuksiin ovat vaikuttamassa myös mm. seuraavat tekijät:

- auringon säteily ja muu lämpösäteily materiaalipintaan
- rakennuksen ilmanvaihto
- rakennuksen painesuhteet
- mittauspaikka ja ilman liikkeet tilassa
- vuodenaika
- tilan käyttö (muuttuvat VOC-lähteet). /8/

### 5.3.3 Kuitumittaus

Kuitumittauksella selvitetään teollisten mineraalikuitujen kuten lasivillan, vuorivillan ja keraamisten kuitujen pitoisuuksia sisäilmassa. Sisäilmassa esiintyvien mineraalivillakuitujen määrän mittaamiseen käytetään geeliteippimenetelmää (Kuva 7). Menetelmässä tutkittavaan tilaan asetetaan tasolle kahden viikon ajaksi puhdas petrimaljan pohjaosa. Tämän jälkeen maljaan painetaan tiiviisti kiinni geeliteippi siten, että teipin tartuntapinta on alaspäin. Toimenpiteen jälkeen malja suljetaan ja lähetetään analyysiä varten laboratorioon (Kuva 8). /8/



**Kuva 7.** Geeliteippi.



**Kuva 8.** Valmis näyte analysoitavaksi.

Syitä kuitujen esiintymiselle sisäilmassa voi olla

- likaiset ilmansuodattimet
- vuodot ilmanvaihtokanavien liitoksissa
- likaiset ilmanvaihtokanavat
- pinnoittamattomat tai rikkoontuneet akustiikkalevyt.

Mineraalivillakuituja käytetään esimerkiksi lämpö- ja paloeristeenä, useiden ilmanvaihtolaitteiden äänieristeenä sekä akustiikkalevyissä. Ajan kuluessa mineraalivilla saattaa haurastua ja mekaaninen rasitus tai värinä voi aiheuttaa kuitujen irtoamista ja niiden leviämistä sisäilmaan.

Mineraalivillakuidut voivat aiheuttaa ärsytysoireita silmissä, iholla ja limakalvoilla. Limakalvojen ärsytys voi altistaa erilaisille virus- ja bakteeri-infektioille. /8/

#### 5.3.4 Mikrobinäytteenotto materiaalista

Mikrobinäytteitä voidaan ottaa rakennuksen sisäilmasta, erilaisilta pinnoilta ja rakennusmateriaaleista. Pinnoista ja materiaaleista otettujen näytteiden avulla on mahdollista saada selville paikka, josta mikrobit ovat peräisin.

Näytteenottokohdaksi valitaan materiaalista tai rakenteesta sellainen kohta, jossa havaitaan vaurioita tai jossa vaurio todennäköisimmin esiintyy. Yleensä tällainen kohta sijaitsee lähellä kosteuslähdettä. Taulukossa 4 on esitettyä kooste tärkeimmistä home- ja kosteusvaurioindikaattoreista.

**Taulukko 4.** Tärkeimmät home- ja kosteusvaurioindikaattorit

Acremonium	Chaetomium	Sporobolomyces
aktinomykeetit	Eurotium	Sphaeropsidales
Aspergillus fumigatus	Exophiala	Stachybotrys
Aspergillus ochraceus	Fusarium	Trichoderma

Aspergillus penicillioides / Aspergillus restrictus	Geomyces Oidiodendron	Tritirachium / Engyodontium
Aspergillus sydowii	Paecilomyces	Ulocladium
Aspergillus terreus	Phialophora sensu lato	Wallemia
Aspergillus ustus	Scopulariopsis	
Aspergillus versicolor		

Näytettä otettaessa on käytettävä suojakäsineitä ja tarvittavien työvälineiden tulee olla puhtaita. Useampia näytteitä otettaessa on työvälineet puhdistettava huolellisesti ennen seuraavan näytteen ottoa. Näytteen oton määräala tulisi olla n. 10 cm x 10 cm tai tilavuus n. 1 dl kevyttä materiaalia.

Näyte pakataan puhtaaseen, suljettavaan muovipussiin siten, että kukin näyte sisältää vain yhtä laatua näytemateriaalia. Näytteen yksilöinti tehdään merkitsemällä näytepussi ja näytettä koskeva informaatio kirjataan näytteenottolomakkeeseen. Lomakkeen tulee sisältää minimissään näytteen yksilöintitunnuksen ja näytteenoton ajankohdan. Lisäksi siinä on oltava maininta näytemateriaalista eli mistä näyte on otettu. Myös aistihavainnot mahdollisesta vauriosta kirjataan samoin kuin näytteenottokohdasta saadut mittaustulokset. /10/

”Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyyseillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua.” /10/

#### **5.4 Tutkimustulokset ja tutkimusselostus**

Näytteet lähetetään tutkittaviksi ja analysoitaviksi sopimuslaboratorioon. Laboratorion suorittamalla näyteanalyysillä selvitetään sisäilmaolosuhteiden laatutekijät.

Sisäilmateknisessä tutkimusselostuksessa tulee esittää tehdyt havainnot, tutkimus- ja mittaustulokset, niistä tehtävät johtopäätökset, korjausehdotus sekä mahdolliset suositeltavat lisätutkimukset. Lopullinen selostus tulee laatia siten, että siitä käy selkeästi erillisinä ilmi saadut tiedot ja tutkimuksen suorittajan omat tulokset ja johtopäätökset. Tutkimusselostuksessa tulee esittää selkeästi toimenpiteitä vaativat poikkeamat, niiden laajuus ja syyt.

Riskianalyyssissä eritellään havaitut sisäilmaongelmat ja niiden todennäköiset seuraukset tutkittavan tilan käyttäjille. Lisäksi riskianalyyssissä selvitetään toimenpiteet, joilla em. ongelmat eliminoidaan. /8/

## 6 YHTEENVETO

Tietoa sisäilmatutkimuksista löytyi runsaasti eri lähteistä, mutta saatavilla oleva tietolähdemateriaali oli varsin pirstaleista ja laadullisesti paikoitellen hyvinkin spesifiä. Tämä aiheutti merkittäviä haasteita tiedon hankinnalle ja sen tulkinnalle. Edellä mainituista syistä johtuen sisäilmatutkimuksen menettelytavat ja käytänteet käsiteltiin työssä ainoastaan yleisellä tasolla menemättä laajemmin kaikkiin tekniisiin yksityiskohtiin.

Sisäilmatutkimusten tekeminen on asiantuntijatyötä. Tutkimuksen tekijän on aiheellista tuntea tutkimuksen taustoja, ei vain miten tutkimus tehdään, vaan myös miksi se tehdään. Huonon sisäilman aiheuttamat oireet ja terveysvaikutukset ovat sekä yksilötasolla että kansantaloudellisesti merkittäviä. Rakennusten sisäilmaongelmat ovat hyvin moninaisia ja niiden tutkiminen ja syiden selvittäminen edellyttää laajaa asiantuntemusta. Tutkimustehtävien suorittaminen on jatkuvaa asiakkaiden kohtaamista ja edellyttää asiakkaan asemaan asettautumista.

Tutkimuksen tekijän tulee saada työhön kattava tekninen perehdytys, jotta menettelytavat näytteiden otossa olisivat ohjeistusten mukaisia ja sitä kautta mittaustulokset luotettavia. Tutkimuksen tulee perustua yksityiskohtaiseen suunnitelmaan, jossa eritellään tutkimuksen taustatiedot ja lähtötilanne, tutkimuksen kohdekuvaus sekä mitä menetelmiä käyttäen tutkimus toteutetaan.

Palvelun laadun kehittäminen on yrityksen keskeisiä kilpailutekijöitä ja organisaation sitoutuminen siihen mahdollistaa osaltaan tutkimusten laadukkaan toteuttamisen ja sitä kautta korkean asiakastyytyväisyyden. Tärkeä osa palvelua on myös asianmukaiset ja modernit tutkimusvälineet sekä panostaminen tietotaidon jatkuvaan kehittämiseen.

## LÄHTEET

- /1/ RKM Group Oy. Viitattu 23.3.2018. <https://www.rkmkuivaustekniikka.fi>
- /2/ Kuivaustekniikkaryhmä. Viitattu 23.3.2018.  
<http://www.kuivaustekniikkaryhma.fi>
- /3/ Lemponen, J. 2018. Asiantuntijapalvelujohtaja. RKM Group Oy. Haastattelut 21.3. ja 15.4.2018
- /4/ Sisäilmaopas. Allergia- ja Astmaliitto ry ja Hengityслиitto ry. Viitattu 19.4.2018. <https://www.hengityслиitto.fi/sites/default/files/oppaat/sisailmaopas.pdf>
- /5/ Rakennuksen sisäilmasto. 1995. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 07-10564.
- /6/ Sisäilmayhdistys. Viitattu 19.4.2018.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>
- /7/ Suomen säädöskokoelma 545/2015, Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asi-  
antuntijoiden pätevyysvaatimuksista
- /8/ Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-  
tekninen kuntotutkimus. Turenki. Hansaprint Oy.
- /9/ Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa III. Asumisterveysasetus § 14–  
19. Ohje 8/2016. Valvira. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto.  
<http://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+sovelta-misohje+osa+III.pdf/997eeca1-53f7-4d4e-bb7a-df6ef7ee0e9c>
- /10/ Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Osa IV. Asumisterveysasetus § 20.  
Ohje 8/2016. Valvira. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto.  
<http://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+sovelta-misohje+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>
- /11/ Sisäilmasto-ongelman selvittäminen. Tilaajan ohje. 2016. Rakennustieto Oy.  
RT-Net palvelu. RT 18-11217.
- /12/ Suomen Sisäilmatutkimus. Viitattu 5.4.2018.  
<http://www.suomensisailmatutkimus.fi/index.php/palvelut/sisailmatutkimus>
- /13/ Ositum Oy. Viitattu 18.4.2018. [www.ositum.fi](http://www.ositum.fi)
- /14/ SFS ISO 9000 Laadunhallinta. Laadunhallinnan periaatteet. Helsinki: Suo-  
men Standardisoimisliitto SFS ry. 2016. 4 s.

/15/ Mikrobioni Oy. Rakennusmateriaalinäytteen ottaminen. Viitattu 18.4.2018.  
<http://www.mikrobioni.fi/wp-content/uploads/2012/11/AO04-Materiaalinäytteen-ottaminen-1.pdf>

/16/ ISO 16000-6:2011. Indoor Air - Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID  
<https://www.iso.org/standard/52213.html>

/17/ Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. Sisäilma. Viitattu 22.4.2018.  
<http://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/tyoymparisto/sisailma>



## LIITE 1

Epäpuhtaus tai muu haittatekijä	Tavanomainen lähde/syy	Haitta / oire
Allergeenit	Koti- ja lemmikkieläimet, siitepölyt, kemikaalit, pöly- ja varastopunkit, mikrobikasvustot	Allerginen nuha, silmä-, astma- ja iho-oireilu
Ammoniakki	Materiaalien kosteusvauriot, viemärit, lemmikkieläimet, tupakointi	Hajuhaitat, ärsytysoireet
Asbestikuidut	Useat eri rakennusmateriaalit	Syöpäriskin kasvu, asbestoosi
Formaldehydi	Lastulevyn ym. materiaalien kosteusvauriot, sisustustuotteet, tekstiilit ja pesuaineet	Hajuhaitat, ärsytysoireet, kosketusihottuma, syöpäriskin kasvu.
Hiiidioksidi (CO <sub>2</sub> )	Ihmiset, lemmikkieläimet, heikko ilmanvaihto	Suuri pitoisuus viittaa tilojen käyttöön nähden riittämättömään ilmanvaihtoon. Erittäin korkeissa pitoisuuksissa väsymys, päänsärky.
Hiiimonoksidi (häkä, CO)	Tulisijat, liikenne	Häkämyrkytys, tukehtumiskuolema
Häiritsevät hajut	Materiaalien kosteusvauriot, ilmavuodot rakenteista, materiaalit, kemikaalit, käyttäjät	Ärsytysoireet, epämukavuus
Vähäinen ilmanvaihtuvuus	Heikkotehoinen ilmanvaihto, IV-järjestelmän viat, ilmanjaon puutteet	Epäpuhtauksien kertymisestä aiheutuva oireilu ja epämukavuus
Liiallinen alipaineisuus rakennuksen ulkovaipan yli	Ulkoilmavirtoihin nähden liialliset poistoilmamäärät	Epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteista sisäilmaan
Kuiva sisäilma	Kylmä ja kuiva ulkoilma	Ihon ja limakalvojen ärsytysoireet, oireiluherkkyden kasvu
Lämpötila, liian matala tai korkea, vetoisuus	LVI-järjestelmän puutteet ja säätövirheet, pintasäteily, ilmavuodot	Epämukavuus, sairastavuuden lisääntyminen
Mikrobit ja niiden aineenvaihdutustuotteet	Kosteus- ja mikrobivauriot, ilmavuodot rakenteista, IV-kanaviston epäpuhtaudet kosteissa järjestelmänosissa	Hengitystieärsytys, astma, allergiset sairaudet, hengitystieinfektioiden lisääntyminen, yleisoireet
Otsoni	Ilmanpuhdistimet, kopiokoneet	Hengitysteiden ärsytysoireet. Voimistaa allergeenien vaikutusta

PAH-yhdisteet	Vanhat kosteuseristeet, kivihiilipiki, polttotapahtumat	Hajuhaitat, syöpäriskin kasvu
PCB	Rakennusmateriaalit, mm. elementtisaumaussmassat ja maalit, lämmönsiirtonesteet	Syöpäriskin kasvu
Pienhiukkaset	Ulkoilma (teollisuus, liikenne), tupakansavu, kopiokoneet, kosteusvauriot, pienpoltto, kynttilät ja tulisijat	Viihtyvyyshaitat, sydän- ja hengityselinsairaudet, astma
Radon	Maaperä, rakennuksen alustäyttö	Keuhkosyöpäriskin kasvu
Teolliset mineraalivillakuidut	Lämmön- ja ääneneristysmateriaalit rakenteissa ja IV-järjestelmässä	Silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet
VOC-yhdisteet (haittavat orgaaniset yhdisteet, engl. volatile organic compounds)	Kosteusvauriot, rakennusmateriaalit, sisustusmateriaalit, tekstiilit, pesuaineet, kosmetiikka, ihmiset ja lemmikkieläimet	Ärsytysoireet, astma
Öljyhiilivedyt	Rakennusmateriaalit (mm. valuasfaltti), öljyvahingot rakenteisiin ja maaperään rakennuksen alla	Hajuhaitat

## LIITE 2

## Sisäilman käsittelyprosessi työpaikalla

