



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ALEKSI PELTOMAA  
RAKENNUSHANKKEEN LAADUNVARMISTAMINEN SISÄILMAS-  
TON NÄKÖKULMASTA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Matti Pentti

Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
26. marraskuuta 2018

## TIIVISTELMÄ

**Alexi Peltomaa:** Rakennushankkeen laadunvarmistaminen sisäilmaston näkökulmasta

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 67 sivua, 9 liitesivua

Joulukuu 2018

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustekniikka

Tarkastaja: Professori Matti Pentti

Avainsanat: sisäilma, laadunvarmistus, laatu

Diplomityön tarkoituksena oli tutkia sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä ja niiden laadunvarmistamista rakentamisessa. Diplomityön teoreettisessa viitekehysessä käsitellään sisäilman keskeisiä ominaisuuksia. Sisäilman osalta syvennytään kertomaan, miten sisäilmalle voidaan asettaa tavoitteita rakentamisessa. Kolmannessa luvussa pohjustetaan työn tarkoitusta käsittelemällä yleisesti laadunvarmistamisen prosessia Suomen rakentamisessa. Kaksi edellä mainittua lukua sidotaan yhteen käsittelemällä neljännessä luvussa eri aihealueiden laadunvarmistusta ja merkitystä rakentamisessa sisäilmaston näkökulmasta. Käsiteltäviä aihealueita ovat rakennuksen ilmanpitävyys, lämpöolosuhteet, ilman laatu, ääniosuhteet, valaistusolosuhteet, talotekniset järjestelmät, energiatehokkuus, sekä kiinteistön käyttö ja ylläpito.

Diplomityössä käytettiin empiirisen aineiston keräämisessä laadullista eli kvalitatiivista tutkimusotetta. Aineisto kerättiin teemahaastatteluiden kautta. Tutkimusta varten haasteltiin viittä henkilöä. Tarkoituksena oli tuottaa tietoa rakentamisen ammattilaisilta, heidän kokemista tapauksista, joissa eri tekijät olivat vaikuttaneet hankkeiden sisäilmastoon heikentävästi. Näiden ilmenneiden ongelmien, virheiden ja puutteiden seurauksena voitiin tuottaa määrällinen listaus tutkittavien kokemuksista.

Tässä tutkimuksessa tulokseksi muodostui 145 kappaleen lista sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä. Listauksen ja tutkimuksen teoriaosuuden välille muodostui monia yhtymäkohtia, joita käsiteltiin tarkemmin tiettyjen aihealueiden osalta. Keskeisiksi aihealueiksi nousivat hulevesien käsittelyjärjestelmät, rakennusten tiiveys, lattiamateriaalien VOC-päästöt, tilojen ilmanvaihto, sekä kiinteistöjen huolto ja ylläpito. Tarkemmin käsiteltävät aihealueet valikoituivat teoriaosuuden ja sisäilmastoon vaikuttavien tekijöiden suorien yhteyksien, sekä tutkittavien merkittäviksi nostamien tekijöiden seurauksena.

## ABSTRACT

**Aleksi Peltomaa:** Construction quality management and indoor air  
Tampere University of Technology  
Master of Science Thesis, 67 pages, 9 Appendix pages  
December 2018  
Master's Degree Programme in Civil Engineering  
Major: Civil Engineering  
Examiner: Professor Matti Pentti

**Keywords:** indoor air, quality management, quality

The purpose of this thesis was to study factors affecting indoor air and their quality management in construction. The theoretical reference framework for the thesis examines the key features of indoor air. The focus is how targets for indoor air quality can be set.

The third chapter is an overview of the quality management process in Finnish construction. Chapters two and three are tied together in chapter four, which explores quality management in construction from the perspective of indoor air. In this chapter the following topics were explored more in depth: airtightness of the building, thermal conditions, indoor air quality, sound conditions, light conditions, HVAC-systems, energy efficiency, and the use and maintenance of the property.

A qualitative approach was used to gather the empirical data for this research. The data was gathered by interviewing five people. The aim was to acquire information from construction professionals regarding their experience on projects, where different factors had had a negative impact on indoor air. As a result of these recognized problems, errors and failures, a quantitative listing of the experiences was formed.

In this thesis the result is a list of 145 factors, which affect indoor air and are based on the interviews. The list of factors and theoretical reference framework contained many points of convergence, which were explored more specifically in certain thematic areas. The main thematic areas include urban runoff, airtightness, VOC emissions from floorings, ventilation, and use and maintenance of real estate. These themes were selected as a direct consequence of the theoretical part and the factors affecting indoor air, as well as the factors raised by the interviewees.

## ALKUSANAT

Diplomityö on prosessi. Prosessi, joka muuttuu ja kehittyy työn edetessä. Tutkimukseni käynnistyi ajatuksesta rakennushankkeen takuuajaisen laadunvarmistamisen kehittämistä, ja muovautui lopuksi käsittelemään rakennushankkeen laadunvarmistamista sisäilmaston näkökulmasta.

Haluan kiittää ystäviäni, perheenjäseniäni ja WSP Finlandia saamastani tuesta ja avusta lopputyöni suorittamiseksi. Erityiskiitos professori Matti Pentille työni ohjaamisesta.

Tampereella, 23.11.2018

Aleksi Peltomaa

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO .....	1
2.	SISÄILMA .....	3
	2.1 Mitä on sisäilma? .....	3
	2.2 Miten sisäilmastoa luokitellaan? .....	5
	2.2.1 Sisäympäristön tavoitearvot (S) .....	5
	2.2.2 Suunnittelu- ja toteutusohjeet .....	9
	2.2.3 Vaatimukset rakennustuotteille .....	12
3.	LAADUNVARMISTAMINEN .....	15
	3.1 Mistä rakennushankkeen laadunvarmistus muodostuu? .....	15
	3.1.1 Rakentamisen säätely ja ohjaus Suomessa .....	15
	3.1.2 Rakennushankekohtainen säätely ja ohjaus .....	15
	3.1.3 Sisäilmaston säätely ja ohjaus .....	20
4.	SISÄILMAN LAADUNVARMISTAMINEN .....	21
	4.1 Rakennuksen ilmanpitävyys .....	21
	4.2 Lämpöolosuhteet .....	23
	4.2.1 Huoneilojen lämpötilat .....	24
	4.2.2 Ilman suhteellinen kosteus .....	25
	4.2.3 Rakennuksen vaipan lämpötekkinen toimivuus .....	25
	4.2.4 Ilman liikenopeus .....	26
	4.3 Ilman laatu .....	26
	4.3.1 TVOC- ja VOC-päästöt .....	26
	4.3.2 Kuitupäästöt .....	28
	4.3.3 Hiilidioksidi- ja radonpitoisuus .....	29
	4.4 Ääniolosuhteet .....	29
	4.5 Valaistusolosuhteet .....	30
	4.6 Talotekniset järjestelmät .....	31
	4.6.1 Ilmanvaihto .....	33
	4.6.2 Rakennusautomaatio .....	36
	4.6.3 Vesi ja viemärointi .....	37
	4.7 Energiatehokkuus .....	38
	4.8 Kiinteistön käyttö ja ylläpito .....	40
5.	AINEISTOKERUUN JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS .....	43
	5.1 Rakentamisen laadulliset puutteet tutkimuksen kohteena .....	43
	5.1.1 Haastattelututkimus .....	44
	5.2 Tutkimusaineiston kerääminen .....	45
	5.3 Aineiston analyysi ja tulkinta .....	46
	5.4 Laadullisen tutkimuksen luotettavuus .....	47
6.	TULOKSET .....	49
	6.1 Sisäilmastoon vaikuttavat tekijät .....	49
	6.2 Keskeisimpien tekijöiden tarkempi tarkastelu .....	52

6.2.1	Hulevesien käsittelyjärjestelmät .....	53
6.2.2	Rakennusten tiiveys .....	54
6.2.3	Lattiamateriaalien VOC-päästöt .....	55
6.2.4	Tilojen ilmanvaihto .....	56
6.2.5	Kiinteistöjen huolto ja ylläpito.....	57
6.2.6	Muita keskeisiä tuloksia.....	59
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	60
7.1	Yhteenveto tuloksista .....	60
7.2	Jatkotutkimusehdotukset .....	61
	LÄHTEET.....	63

LIITE A: Saatekirje ja haastattelukysymykset

LIITE B: Haastattelujen tulokset

LIITE C: Esimerkki käyttäjäkyselylomakkeesta

## LYHENTEET JA MERKINNÄT

CE-merkintä	CE-merkinnällä valmistaja vakuuttaa, että rakennustuotteen ominaisuudet ovat eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaiset.
Energialuokka	Rakennuksen energialuokilla (A-G) kuvataan rakennuksen energiakulutusta, jossa on huomioitu erilaisia painokertoimia esimerkiksi lämmitysmuodolle.
Energiatehokkuus	Rakennuksen energiatehokkuudella tarkoitetaan energian käytön tehokkuuden parantamista.
Energiatodistus	Energiatodistus on tietyn rakennuksen energiatehokkuutta kuvaava asiakirja
E-luku	E-luvulla kuvataan rakennuksen kokonaisenergiakulutusta
Huonelämpötila	Ilmanlämpötila rakennuksen oleskeluvyöhykkeellä
Ilmanvaihto	Ilmanvaihdolla tarkoitetaan rakennuksen sisäilman poistamista ja korvaamista toista kautta tuodulla ilmalla
Ilmastointi	Ilmastoinnilla tarkoitetaan sisäilman käsittelyä.
Ilmanvuotoluku	Ilmanvuotoluku kertoo rakennuksen vuotoilmanmäärän suhteutettuna rakennuksen vaipan pinta-alaan.
LVI	Lämpö, vesi ja ilma
Lämpöhäviö	Lämpöhäviöllä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa rakennusosien ja järjestelmien kautta rakennuksen vaipan ulkopuolelle johtuvaa lämpöä.
Melu	Melu on kuulolle haitallista tai häiritsevää ääntä.
No datumn, n. d.	n. d. on lyhenne, joka tulee englanninkielisistä sanoista no datumn. Lyhennettä käytetään lähdeviitteissä, joissa ei ole julkaisupäivämäärä tai vuotta tiedossa.
Oleskeluvyöhyke	Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastovaatimukset on tarkoitettu toteutuviksi
Pa	Pascal, ilmanpaineen yksikkö
PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub> -hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan huoneilmassa leijuvaa pölyä, jonka hiukkasten aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 µm.
Radon	Radon on maaperässä esiintyvä hajuton, mauton ja väritön radioaktiivinen jalokaasu, joka on terveydelle haitallista.
RALA	Rakentamisen Laatu RALA ry on kiinteistö- ja rakennusalan järjestöjen perustama toimija, jonka tavoitteena on parantaa rakentamisen laatua.
Rakennuttaja	Toimii rakennushankkeessa tilaajan edustajana.
Rakennushankkeeseen ryhtyvä	Hankkeen omistaja, jota monesti kutsutaan tilaajaksi.
RIL	Suomen rakennusinsinöörien liitto, joka on rakennus- ja kiinteistöalalla toimivien etujärjestö.
RT	Rakennustieto on tietopalvelu, joka tarjoaa rakennusalan ammattilaisille hyvää suunnittelu-, rakennus-, ja kiinteistönpitotapaa tukevaa tietoa.
Sisäilma	Sisäilmalla tarkoitetaan rakennuksen sisällä olevaa ilmaa. Sisäilma koostuu erilaisista kaasuista ja hiukkasista.
Sisäilmasto	Sisäilmasto muodostuu rakennuksen ympäristötekijöistä, jotka vaikuttavat ihmisen terveyteen ja viihtyvyyteen.

Sisäympäristö	Sisäympäristöllä tarkoitetaan rakennuksessa vallitsevia kemiallisia ja fysikaalisia olosuhteita.
Suhteellinen kosteus, RH %	Suhteellinen kosteus kuvaa kuinka paljon materiaali tai aine sisältää vettä suhteessa siihen, kuinka paljon se voi sisältää vallitsevassa lämpötilassa. Suhteellinen kosteus ilmoitetaan prosentteina.
Tarkastusasiakirja	Rakennustyön tarkastusasiakirja on rakennustyömaalla pidettävä asiakirja, johon rakennusluvassa tai aloituskokouksessa sovittujen rakennusvaiheiden vastuuhenkilöiden, sekä työvaiheita tarkastaneiden on varmennettava tekemänsä tarkastukset ja johon on merkittävä perusteltu huomautus, jos rakennustyö poikkeaa rakentamista koskevista säännöksistä (MRL 150 f §).
Tilaaaja	Monesti rakennushankkeeseen ryhtyvistä käytetään tilaaja nimitystä. Tilaaaja on kuitenkin se taho, joka ostaa palvelun tai palvelua toiselta osapuolelta.
Tiiveys	Tiiveydellä tarkoitetaan rakenteen kykyä estää haitallinen ilmanvaihtuvuus.
Tiiviys	Tiiviydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä.
Topten	Kymmenen Suomen suurinta rakennusvalvontaa
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
TVOC	Total Volatile Organic Compounds, joka tarkoittaa suomennettuna ilmatilavuuden kokonaismäärällisiä orgaanisia partikkeleita.
Ulkoilma	Rakennuksen vaipan ulkopuolella oleva ilma.
Urakoitsija	Tilaaajan palkkaama osapuoli, joka vastaa rakentamisesta.
Vaippa	Rakennuksen vaipalla tarkoitetaan rakennuksen sisätiloja kylmästä ulkoilmasta erottavaa rakennekerrosta.
Valaistus	Valaistuksella tarkoitetaan keinotekoisesti tuotettua valoa, jonka tarkoituksena on tuottaa riittävä valaistus tilassa suoritettavien tehtävien täyttämiseksi.
VOC	Volatile Organic Compound, joka tarkoittaa suomennettuna ilmatilavuuden yhden orgaanisen partikkelin esiintymää.
Ympäristöministeriö	Tässä tutkimuksessa Ympäristöministeriöllä tarkoitetaan hallintoelintä, joka vastaa ja hallinnoi rakentamiseen liittyviä määräyksiä.
Ääni	Ääni on mekaanista aaltoliikettä, joka aiheuttaa kuuloaistimuksia.



# 1. JOHDANTO

Sisäilmasto liitetään osaksi rakentamisen terveellisyyttä. Ihminen viettää 90-95 % ajastaan sisätiloissa. Ihminen siis myös hengittää suurimmaksi osaksi ajastaan juuri sisäilmaa. (Sisäilmayhdistys 2018.) Sisäilma on noussut viime aikoina uutisoitujen kosteus- ja homevaurioiden seurauksena keskeiseksi aiheeksi rakentamisen laadullisessa keskustelussa. Tilaajat ovat tietoisempia asiasta ja asettavat hankkeille yhä enemmän ja tiukempia tavoitteita sisäilmaston osalta. Asetetut tavoitteet korreloivat suoraan rakentamisen laadunvarmistamiseen, sillä asetettujen tavoitteiden täytyminen on myös varmistettava konkreettisin mittauksin ja tarkastuksin (Pietiläinen et al. 2007).

Rakentamisen laadunvarmistaminen on monien tahojen ja osapuolien vaikutuksen seurauksena muodostuva prosessi. Laadunvarmistusprosessi muotoutuu aina hankekohtaisesti, riippuen osittain rakennettavasta tuotteesta, sekä hankkeen osapuolista. Jokaisen hankkeen tulee kuitenkin täyttää viranomaistahojen määrittelemä rakentamisen vähimmäislaatu. Suomessa kyseinen vähimmäistaso määritellään useilla lakipykälillä, säädöksillä, asetuksilla, määräyksillä, direktiiveillä ja ohjeilla. Yksityiskohtaisemmat rakentamista koskevat vaatimukset ja ohjeet on esitetty Ympäristöministeriön asetuksissa, jotka asettavat velvoittavia määräyksiä. Vähimmäislaatu voidaan nostaa tilaajan asettamilla vaatimuksilla, mutta ei alittaa. (Rakentaja.fi 2011.)

Laadunvarmistamisen ensisijaisina tarkoituksina on pyrkiä luomaan hyvät olosuhteet kiinteistöjen käyttäjille ja varmistaa, että tilattu tuote vastaa toteutunutta. On tärkeää tiedostaa, että laadunvarmistus on koko rakennuksen elinkaaren ajan kestävä prosessi. Se alkaa hankkeen suunnittelusta ja jatkuu läpi rakentamisen aina käytön ja ylläpidon ajalle. Monesti puhuttaessa laadunvarmistamisesta se mielletään virheellisesti ainoastaan työmaa-aikaisen laadunhallinnaksi. (Junnonen n. d.) Laadulla ja laadunvarmistamisella, on suuri vaikutus kiinteistöjen kustannuksiin. Laadultaan huonon sisäilman väitetään aiheuttaneen Suomessa vuonna 1997 kustannuksia yhteensä 1,5-3 miljardin euron edestä (Sepänen & Palonen 1997).

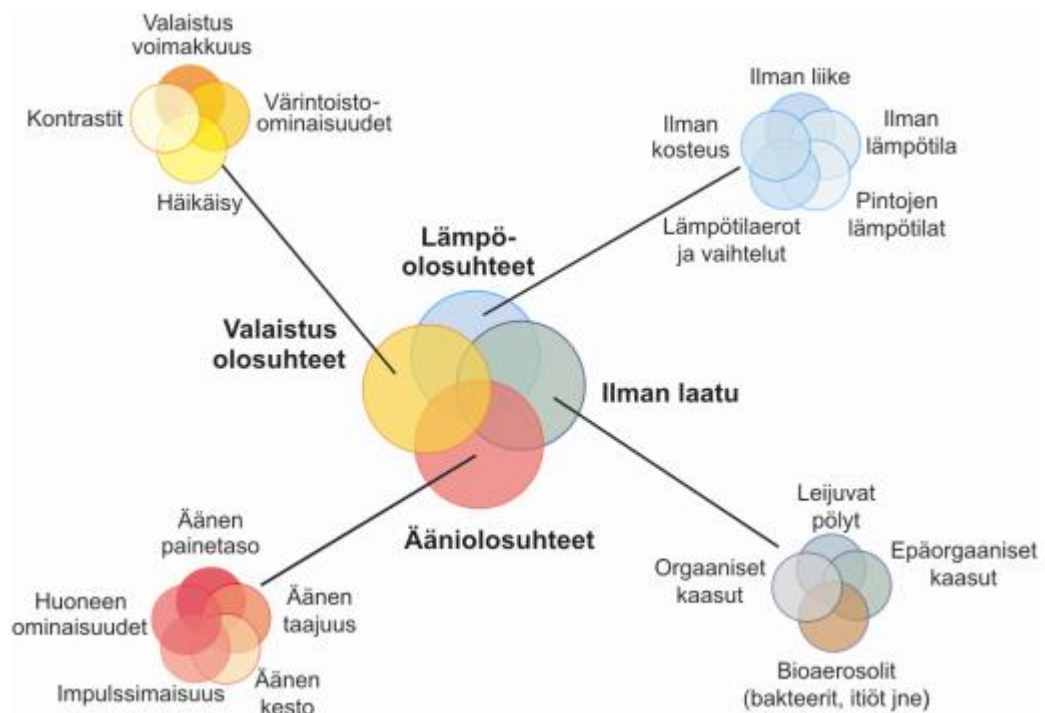
Tutkimukseni perustuu sisäilmaan vaikuttavien tekijöiden tutkimiseen. Tietoa on kerätty rakentamisalalla useassa hankkeessa toimineilta henkilöiltä. Tutkimus toteutettiin henkilökohtaisina teemahaastatteluina, joissa tutkittavat jakoivat kokemuksiaan eri hankkeista. Tutkimustuloksia on pyritty tukemaan tutkimuksen teoriakatsauksella sisäilmasta ja laadunvarmistamisesta. Tutkimustuloksien analysoinnissa tuotettiin laaja listaus sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä. Tulosten tarkemmalla analysoinnilla, voitiin tunnistaa ja liittää yksittäisiä tekijöitä osaksi suurempia aihekokonaisuuksia, joita tarkasteltiin tutkimuk-

sessä vielä syvällisemmin. Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa ja syventyä sisäilmas-  
toon merkittävästi vaikuttaviin tekijöihin. Tutkimuksen kautta pyritään parantamaan ra-  
kennushankkeen laadunvarmistamista sisäilmaston osalta. Tieto sisäilmasta ja rakentami-  
sesta lisääntyy jatkuvasti, jolloin myös laadunvarmistaminen kehittyy ja monipuolistuu.  
Tutkimuksen lähtökohtana on käytetty VTT:n julkaisemaa Toiminnan varmistaminen –kä-  
sikirjaa (2007), sekä Sisäilmastoluokitusta (2018).

## 2. SISÄILMA

### 2.1 Mitä on sisäilma?

Puhuttaessa rakennuksen terveellisyydestä, tarkoitetaan monesti rakennuksen sisäilmaa. Tässä tutkimuksessa sisäilmalla tarkoitetaan rakennuksen sisällä olevaa hengitysilmaa. Kun yhdistetään sisäilmaan rakennuksen ympäristötekijät, puhutaan taas rakennuksen sisäilmastosta (Sisäilmayhdistys ry 2018). Suomessa rakentamista ohjaavassa Ympäristöministeriön (2017) asetuksessa rakennuksen sisäilmasta ja ilmanvaihdosta sanotaan, ettei rakennuksen sisäilma saa sisältää terveydelle haitallisia määriä hiukkasmaisia epäpuhauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä tai viihtyvyyttä heikentäviä hajuja. Hyvän sisäilman saavuttamista pidetään yhtenä rakentamisen tärkeimmistä tavoitteista (Sisäilmaluokitus 2018).

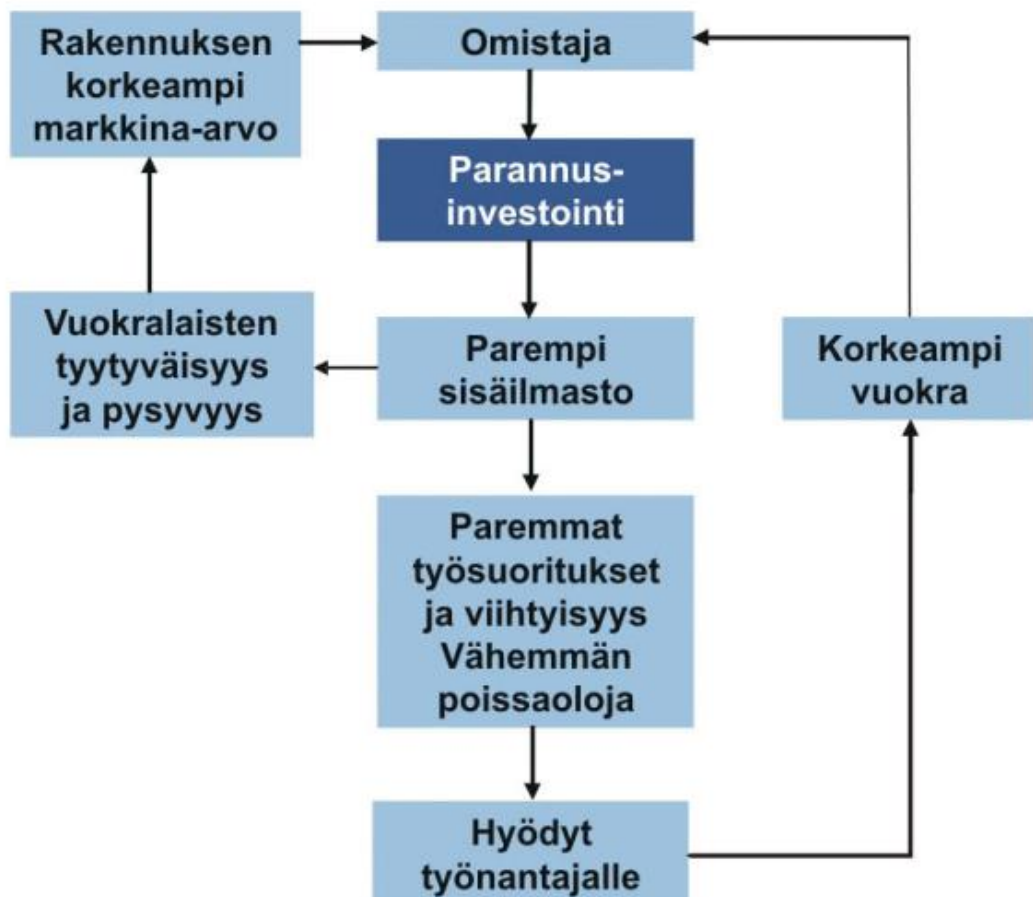


**Kuva 1:** Sisäilmaston osa-alueet (Pietiläinen et al. 2007, s 29)

Sisäilmastoa voidaan kuvata kuvan 1 mukaisesti neljällä fysikaalisella ominaisuudella: ilman laadulla, lämpö-, ääni- ja valaistusolosuhteilla (Sisäilmastoluokitus 2018; Pietiläinen et al. 2007, s 29). Jotta voidaan pyrkiä systemaattisesti parempaan sisäilmastoon, tulee meidän ymmärtää näitä sisäilman ominaisuuksia ja partikkeleita (Sisäilmastoluokitus 2018). Sisäilmasto muuttuu jatkuvasti eri tekijöiden vaikutuksesta. Rakennukset sisältä-

vät sisäisiä kuormitustekijöitä, kuten lämpö- ja kosteuskuormia, henkilökuormia, prosesseja sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien omia päästöjä, jotka kaikki vaikuttavat sisäilmaston laatuun (Pietiläinen et al. 2007, 38 - 39).

Huonolla sisäilmalla on monia haitallisia vaikutuksia. Käyttäjiin kohdistuvia huonon sisäilman vaikutuksia ovat esimerkiksi allergiset sairaudet ja radonin sekä ilman epäpuhauksien aiheuttamat syövätki. Kiinteistöjä koskevia huonon sisäilman vaikutuksia ovat esimerkiksi paljon uutisissa viime aikoina olleet kosteusvauriot. Välillisesti nämä molemmat tekijät aiheuttavat merkittäviä kustannuksia sekä kiinteistön omistajalle, että kiinteistössä liiketoimintaa harjoittavalle. Merkittäviä kustannuksia aiheutuu mm. työntekijöiden sairaspöissaolojen ja kiinteistölle aiheutuvien korjaustarpeiden seurauksena. Käänteisesti ajateltuna, panostamalla hyvään ja laadukkaaseen sisäilmastoon, voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Kuvassa 2 on esitetty kaavion avulla sisäilman laadun parantaminen vaikutuksia. (Pietiläinen et al. 2007, 17 - 18.)



**Kuva 2:** Sisäilmaston parantamisen vaikutuskuvaaja (Seppänen 2004).

## 2.2 Miten sisäilmastoa luokitellaan?

Rakennustieto on luonut ohjekortin Sisäilmastoluokitus 2018 palvelemaan sisäilmaston tason määrittämistä. Julkaisu käsittelee kuvan 3 mukaisesti kolmea osa-aluetta: sisäympäristön tavoitearvoja, suunnitteluohjeita sekä tuotevaatimuksia. *Sisäympäristön tavoitearvot* käsittävät sisäilmaston lämpöolot, ilman epäpuhtaudet sekä ääni- ja valaistusolosuhteet. Olemassa olevien tutkimusten ja hyvää rakentamista edustavien ohjeiden avulla, on edellä mainittujen fyysikaalisten ominaisuuksien osalta voitu määrittää sisäilmastolle tavoitteellisia arvoja. Ohjekortin toisessa osassa *Suunnittelu- ja toteutusohjeet* keskitytään suunnittelussa ja rakennustyömaan erivaiheissa noudatettaviin periaatteisiin ja menettelytapoihin. Sisäilmastoluokituksen kolmas osa, *Vaatimukset rakennustuotteille*, sisältää rakennusmateriaalien päästöjen raja-arvot ja niiden luokituksen. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 3.)



**Kuva 3:** Sisäilmastoluokituksen rakenne (Sisäilmastoluokitus 2018, s 3)

### 2.2.1 Sisäympäristön tavoitearvot (S)

Sisäilmaston laatutaso voidaan luokitella Sisäilmastoluokituksen (2018) mukaisesti kolmeen kategoriaan: S1, S2 ja S3. Alapuolella olevassa taulukossa 1 on esitetty nämä kolme eri sisäilmastoluokitusta ja eri tasojen kuvaukset Sisäilmastoluokituksen (2018) mukaisesti. S1 on esitetyistä luokituksista laadukkain ja S3 vastaavasti ainoastaan vähimmäisvaatimukset täyttävä. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 4).

**Taulukko 1:** Sisäilmastoluokitus (2018) mukaiset laatu tasot.

<b>Sisäilmastoluokituksen taso</b>	<b>Kuvaus</b>
S1: Yksilöllinen sisäilmasto	Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä, eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa, tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa, tai yllälämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet, ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.
S2: Hyvä sisäilmasto	Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllälämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.
S3: Tyydyttävä sisäilmasto	Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot, sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveydensuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. Asetusten vaatimusten täyttyminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. S3-luokan arvot esitetään tässä ensisijaisesti vertailun tueksi.

Sisäilmastoluokituksen S-luokitus jakautuu sisäilman ominaisuuksien perusteella tarkempiin ominaisuuskohtaisiin tavoitearvoihin. Tarvittaessa voidaan yksittäisiä tavoitearvoja ja tasoja valita myös eri luokista. Taulukoissa 2-6 on esitetty edellä mainitut ominaisuuskohtaisesti luokitellut tavoitearvot sisäilmastolle eri S-luokissa. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 5.)

**Taulukko 2:** Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot sisäilmastoluokkien mukaisesti (Sisäilmastoluokitus 2018).

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila $t_{op}$ [°C]			21
$t_u \leq 0$ °C	21,5 <sup>1)</sup>	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ <sup>1)</sup>	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 <sup>1)</sup>	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	< $22,5 + 0,166 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	> $20,5 + 0,075 \times t_u$	> $20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	< $23 + 0,2 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) <sup>2)</sup>
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) <sup>2)</sup>
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) <sup>2)</sup>
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
asunnot	90 %	80 %	

<sup>1)</sup> S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä  $t_{op} \pm 1,5$  °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

<sup>2)</sup> Suluissa asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

**Taulukko 3:** Tavoitearvot ilman liikenopeudelle (Sisäilmastoluokitus 2018).

	S1	S2	S3
Vetoa aistivien osuus, draft rate (DR) [%]	10	15	
Ilman liikenopeus [m/s]			
$t_{rmo} = 21$ °C	< 0,15	< 0,15	0,2 (talvi)
$t_{rmo} = 23$ °C	< 0,15	< 0,20	
$t_{rmo} = 25$ °C	< 0,20*	< 0,25*	0,3 (kesä)*

\*Paikallisesti voidaan hyväksyä korkeampia ilmannopeuksia termisen viihtyvyyden lisäämiseksi, kun käytössä ei ole koneellista jäähdytystä.

**Taulukko 4:** Sisäympäristön laadun tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2018).

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuuslisä* [ppm]	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus [Bq/m <sup>3</sup> ]	< 100	< 100	< 200
PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	< 10	< 10	< 25
PM <sub>2,5</sub> sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	–
Ilman suhteellinen kosteus [% RH]	–	–	–
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	–
asunnot	90 %	80 %	–

\*suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus.

**Taulukko 5:** Standardin SFS 5907 mukaisten tavanomaisimpien tilojen akustisten suu-  
reiden tavoitearvoja (Sisäilmastoluokitus 2018).

Tila ja suure	Merkintä	yksikkö	S1	S2	S3
<b>Asuinhuone</b>					
Äänitasoeroluku asuntojen välillä	$D_{nE,w}$	dB	≥ 58	≥ 55	≥ 55
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{L50-2500}$	dB	≤ 49	≤ 53	≤ 53
LVIS-laitteiden äänitaso asuinhuoneissa	$L_{A,eq}$	dB	≤ 24	≤ 28	≤ 28
LVIS-laitteiden äänitaso keittiössä	$L_{A,eq}$	dB	≤ 33	≤ 33	≤ 33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso päiväsaikaan klo 7–22	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso yöaikaan klo 22–7	$L_{A,eq,22-07}$	dB	≤ 25	≤ 30	≤ 30
<b>1–2 hengen toimistohuone</b>					
Äänitasoeroluku työhuoneiden välillä	$D_{nE,w}$	dB	≥ 44	≥ 40	≥ 35
Äänitasoeroluku käytävälle	$D_{nE,w}$	dB	≥ 30	≥ 25	-
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{L50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika <sup>1)</sup>	T	s	≤ 0,5	≤ 0,6	≤ 0,7
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 40	≤ 40	≤ 40
<b>Neuvotteluhuone</b>					
Äänitasoeroluku naapurihuoneeseen	$D_{nE,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 40
Äänitasoeroluku käytävälle	$D_{nE,w}$	dB	≥ 35	≥ 30	≥ 30
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{L50-2500}$	dB	≤ 58	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika <sup>1)</sup>	T	s	≤ 0,5	≤ 0,6	≤ 0,7
Puheensiirtoindeksi <sup>2)</sup>	STI	-	≥ 0,8	≥ 0,7	≥ 0,7
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 40
<b>Avotilatoimisto<sup>4)</sup></b>					
Äänitasoeroluku työhuoneeseen	$D_{nE,w}$	dB	≥ 30	≥ 25	≥ 25
Äänitasoeroluku neuvotteluhuoneeseen	$D_{nE,w}$	dB	≥ 35	≥ 30	≥ 30
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{L50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Häiritsevyysetäisyys <sup>2)</sup>	$r_D$	m	≤ 4	≤ 6	≤ 8
Puheensiirtoindeksi <sup>3)</sup>	STI	-	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
Jälkikaiunta-aika <sup>1)</sup>	T	s	≤ 0,40	≤ 0,50	≤ 0,60
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	35	35	40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 40	≤ 40	≤ 45
<b>Opetustila</b>					
Äänitasoeroluku luokkien välillä ja luokasta käytävään, kun välissä ei ole ovia	$D_{nE,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 44
Äänitasoeroluku luokkien välillä ja luokasta käytävään, kun välissä on ovi	$D_{nE,w}$	dB	≥ 39	≥ 34	≥ 34
Askeläänitasoluku ympäristöstä	$L'_{nT,w} + C_{L50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika <sup>1,5)</sup>	T	s	0,4–0,6	0,5–0,7	0,5–0,7
Puheensiirtoindeksi <sup>3,5)</sup>	STI	-	≥ 0,75	≥ 0,70	≥ 0,70
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤ 30	≤ 33	≤ 33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 30	≤ 35	≤ 35
<b>Terveydenhoidon vastaanottohuone, tutkimushuone, hoituhuone</b>					
Äänitasoeroluku naapurihuoneeseen	$D_{nE,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 40
Äänitasoeroluku käytävälle	$D_{nE,w}$	dB	≥ 39	≥ 34	≥ 34
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{L50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika <sup>1)</sup>	T	s	≤ 0,6	≤ 0,8	≤ 0,8
Puheensiirtoindeksi <sup>3)</sup>	STI	-	≥ 0,70	≥ 0,60	≥ 0,60
LVIS-laitteiden äänitaso	$L_{A,eq}$	dB	≤ 35	≤ 40	≤ 40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitaso	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 35

<sup>1)</sup> Jälkikaiunta-aika koskee taajuuksia 125–4000 Hz. Taajuuksilla 250–4000 Hz sallitaan ±0,1 s ylitys. Taajuudella 125 Hz sallitaan ±0,3 s ylitys

<sup>2)</sup> Puheen häiritsevyysetäisyys  $r_D$  mitataan ISO 3382-3 mukaan, jossa mittaluvut korvaavat jälkikaiunta-ajan käytön avotilatoimistoissa.  $r_D$  kertoo, minkä etäisyyden jälkeen puheensiirtoindeksin STI-arvo laskee alle arvon 0,50. Ohjearvot on esitetty ohjeessa RIL 243-3-2008.

<sup>3)</sup> Puheensiirtoindeksi mitataan vuonna 2018 julkaistavan ympäristöministeriön ohjeen mukaisella etäisyydellä.

<sup>4)</sup> Avotilatoimistoissa tulisi olla taustäänitaso 40–45 dB  $L_{A,eq}$  (spektri RIL 243-3-2008 mukaan), jotta puheäänit eivät erottuisi pitkien matkojen päähän. Taustääni voidaan helpoiten luoda erillisellä puheenpeittoäänijärjestelmällä.

<sup>5)</sup> Avoimissa oppimisympäristöissä sovelletaan avotoimiston arvoja.



**Taulukko 6:** SFS-EN 12464-1:n mukaisia esimerkkejä valaistussuunnittelun tavoitearvoista (Sisäilmastoluokitus 2018).

	S1	S2	S3
Valaistusvoimakkuus, työalue [lx]	> 500	> 500	–
Valaistusvoimakkuus, lähialue [lx]	> 300	> 300	–
Häikäisyindeksi $UGR_L$	< 19	< 19	–
Värintoistoindeksi $R_a$	> 80	> 80	–

Standardin lisäksi S1- ja S2-luokan asuintiloille on seuraavat lisävaatimukset:

- Asuintilojen keittiöiden ja kylpyhuoneiden työalueiden valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 300 luksia.
- S1-luokan asuin- ja oleskelutiloissa tulee olla himmentimellä ohjattu valaisinpistorasia ja ikkunoissa säädettävä auringonsuojaus (esim. säleverhot tai markiisit).

## 2.2.2 Suunnittelu- ja toteutusohjeet

Suunnittelu- ja toteutusohjeet käsittelevät neljää asiakokonaisuutta: rakennuttamista, rakennussuunnittelua ja rakennusmateriaalien valintaa, työmaasuunnittelua ja työmaan puhtautta sekä talotekniikkasuunnittelua (Sisäilmastoluokitus 2018).

### Rakennuttaminen

Rakennushankkeen alussa määritetään sisäympäristölle ja siihen vaikuttaville rakennustöille tavoitearvot rakennuttajan toimesta. Valinnat tulee tehdä yhdessä suunnittelijoiden kanssa ja antaa tiedoksi kaikille hankkeessa mukana oleville suunnittelijoille. Erityisen tärkeitä on esittää sellaiset suunnittelu- ja toteutusarvot suunnitelma-asiakirjoissa, joiden toteutuminen tarkastetaan. Tällöin myös todentamisolosuhteet tulee määrittellä yksikäsitteisesti suunnitelma-asiakirjoihin. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 10.)

Rakennuttajan ja suunnittelijoiden määrittämien tavoitteiden tulee ohjata koko hankkeen suunnittelua ja toteutusta. Tavoitteet vaikuttavat suunnittelijoiden suunnitelmaratkaisuihin. Suunnitelmaratkaisuiden konkretisoituminen taas esitetään eri asiakirjojen kautta: piirustukset, työselostukset, urakkarajaliitteet ja työmaanlaatusuunnitelma. Hankkeeseen ryhtyvän vastuulla on, että esitettyjen asiakirjojen ristiriidattomuus varmistetaan. RT-ohjekortissa RT 07-10564 on esitetty yhteenvedona erisuunnittelijoiden tehtävät valitun sisäilmastoluokan varmistamisessa. Urakkarajaliite muodostuu tärkeimmäksi asiakirjaksi Sisäilmastoluokituksen huomioon ottamisen varmistamisessa ja vastuiden määrittämisessä. Urakkarajaliitteessä jaetaan edellä mainitun mukaisesti vastuita ja sovitaan yhteisiä pelisääntöjä. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 10.)

### Rakennussuunnittelu ja rakennusmateriaalien valinta

Rakennuksen sisäilmastoon vaikuttava suunnittelu ja materiaalien valinnat alkavat jo rakennuspaikan ja perustamistavan valitsemisesta. Muita keskeisiä sisäilmastoon vaikuttavia ja suunnittelussa huomioitavia asioita ovat esimerkiksi: tilojen sijoittelu, ilmanpityvyys, suojaus ulkoiselta kosteudelta, rakennus- ja sisustusmateriaalit, huollettavuus ja huoltilat, sekä siivottavuus. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 10.)

Tilojen sijoittelun osalta on erityisen tärkeää keskittää toiminnaltaan ja tavoitteiltaan samanlaiset tilat lähekkäin. Tilojen sijoittelulla pyritään minimoimaan likaisen ilman kulkeutuminen puhtaampiin tiloihin. Ilmanpitävyyden huomioimisessa on tarkoituksena pyrkiä estämään epäpuhtauksien kulkeminen rakennuksen ulkovaipan ja tilojen välillä. Rakennus- ja sisustusmateriaalit, huollettavuus, sekä siivottavuus liittyvät keskeisesti toisiinsa. Lähtökohtana edellä mainittujen kohtien onnistumiselle on sopivien, kosteustekniseltä toimivuudeltaan tunnettuja ja yhteensopivia materiaaleja. Käytettävistä materiaaleista tuleekin vaatia tavara- tai tuoteseloste ja käyttöohje, sekä tuotteiden hoito- ja huolto-ohjeet. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 11.)

### **Työmaasuunnittelu ja työmaan puhtaus**

Valitun sisäilmaluokituksen toteutumiseen vaikuttaa erityisesti työmaa-aikainen toiminta pölyn-, kosteuden- ja vedenpoistonhallinnan osalta. Hyvällä työmaasuunnittelulla ja seurannalla tulisi hallita edellä mainitut toiminnan osa-alueet. (Sisäilmastoluokitus 2018, 12.)

Työmaa-aikainen kosteudenhallinta tulee suunnitella ja huomioida työmaankosteudenhallintasuunnitelmalla. Kosteudenhallintasuunnitelma liitetään osaksi työmaan laatusuunnitelmaa ja sen tulisi sisältää seuraavia asioita (Sisäilmastoluokitus 2018, s 12):

- Luettelo rakenteista, materiaaleista ja tuotteista, joille kosteus on riskitekijä.
- Päälystettävien rakenteiden kuivumisaika-arviot
- Lämmityksen, kuivauksen, suojauksen ja osastoinnin suunnitelma
- Varasuunnitelma aikataulussa pysymiseksi, mikäli kuivumisajat eivät toteudu
- Materiaalien ja tarvikkeiden käsittely ja varastointi
- Runkorakenteiden ja eristeiden kastumisen estäminen
- Kuivumisolosuhteiden järjestäminen
- Kosteudenhallinnan organisointi ja vastuuhenkilöt
- Kosteudenmittaussuunnitelma
- Päälystämisperusteet
- Dokumentointi
- Tiedotus ja valvonta

Rakennustöiden puhtaudelle on olemassa yksi luokka P1. Luokituksen tarkoituksena on, että rakennuksen käytön aikana sisäilmaan ei kulkeudu rakennusaikaisia epäpuhtauksia, ja tilat ovat luovutusvaiheessa käyttöönotettavan puhtaat. Tiloja ovat toimisto- ja julkiset rakennukset, sekä koulu-, päiväkotij- ja asuinrakennukset. Mikäli kohteessa ei noudateta P1-luokitustas, tulee hankkeessa noudattaa normaalia hyvän rakentamisen mukaista käytäntöä. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 12.) P1-luokan mukana tulevat vaatimukset:

- Rakennuksen tulee olla puhdas, ennen kuin ilmanvaihdon päätelaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja ilmanvaihtojärjestelmä käynnistää. Tällöin pinnoilla ei saa

olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana.

- Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu. Tämän vaiheen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä, sekä loppusiivous.
- Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja.

### **Talotekniikkasuunnittelu**

Talotekniikkasuunnittelu jakautuu lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän suunnitteluun, ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluun, sekä ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokitukseen. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 14 - 19.)

Lämmityksen ja jäähdytyksen suunnittelussa otetaan kantaa mitoituksessa käytettäviin suunnitteluarvoihin, kuten henkilökuormiin ja ulkoisiin sääolosuhteisiin. Edellä mainitun mukaisesti suunnittelijan tulee kirjata yhdessä rakennuttajan kanssa määrityksessä käytetyt olosuhteet ja suunnitteluarvot sopimukseen. Suunniteltujen arvojen täytyminen tulee tarkastaa sekä talvi-, kesä-, että välikausitilanteessa siten, että laskennan alkaessa rakenteiden lämpötilat ovat tasaantuneet. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 14 - 15.)

Ilmanvaihtojärjestelmän ensisijaisena tarkoituksena on poistaa ihmisten aiheuttamia epäpuhtauksia ja kosteutta. Suunnittelun lähtökohtana ja mitoitusperusteena käytetään ulkoilmavirtoja. Huomioitavaa on, että varauduttaessa muuntojoustavuuteen tulee käyttää tavoitellun sisäilmastoluokituksen (S) edellyttämää parempia arvoja. Tilojen ilmanvaihto mitoitetaan vastaamaan tilojen henkilökuormia, mutta normaalin käytön ulkopuolellakin tulee ilmanvaihdon toimia rakennuksesta peräisin olevia epäpuhtauksien poistamiseksi. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 15 - 16.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokituksella pyritään varmistamaan uuden ilmanvaihtojärjestelmän läpi virtaavan tuloilman hyvä laatu ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus luovutuksessa. Lähtökohtaisesti tuloilma ei saa sisältää terveydelle, tai viihtyisyydelle haitallisia aineita, kuten mikrobeja, kuituja, hiukkasia tai hajuja. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 17.)

Ilmanvaihdon suunnittelussa ja toteutuksessa huomioon otettavia asioita (Sisäilmastoluokitus 2018, s 18 - 19):

- Ilmanvaihtokoneen kokonaisvuoto
- Kanavien ja kanavaosien eristäminen
- Säätö- ja mittalaitteiden vaikutukset puhdistettavuuteen
- Vesilukkojen ja viemäröinnin toteutus

- Ulkoilmasäleikkö ja säleikössä kulkevan ilman nopeus
- Ulkoilmakammion eristäminen, puhdistettavuus ja kosteudenhallinta
- Sulkupellin rakenne ja tiiviys
- Lämmöntalteenoton vuotoilma, kosteudenhallinta ja huolettavuus
- Lämmitys- ja jäähdytyspatteri kosteudenhallinta ja huollettavuus
- Puhallinosan toiminta ja huolettavuus
- Kostutuslaitteen kosteudenhallinta ja –tiivistyminen
- Päätelaitteiden huollettavuus

Suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavien kohtien lisäksi on erityisen tärkeitä kiinnittää huomiota myös varastointiin ja asentamiseen. Hyvällä varastoinnilla ja asentamisella pyritään estämään tuotteiden sisäpuolinen kastuminen ja likaantuminen. Ilmanvaihtojärjestelmästä tulee laatia käyttäjälle luovutettavat käyttö- ja huolto-ohjeet. Ohjeiden tulee sisältää ainakin seuraavat kohdat: ilmanvaihtojärjestelmän suunnitellut käyntiajat, suodattimien vaihtovälit ja kanavien puhdistusohjeet. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 19.)

### 2.2.3 Vaatimukset rakennustuotteille

Huoneilman epäpuhtauspitoisuus määräytyy materiaalien kokonaispäästöjen ja ilmanvaihdon perusteella. Rakennus- ja sisustusmateriaalit vaikuttavat keskeisesti huoneilman laatuun. Niistä vapautuu sisäilmaan erilaisia kemikaaleja raaka-aineiden, valmistusprosessivirheiden, materiaalien vanhenemisen tai väärän käytön seurauksena. Rakennusmateriaalien päästöluokitus esittää vaatimuksia tavanomaisissa työ- ja asuintiloissa käytettäville materiaaleille. Päästöluokituksen tavoitteena on pyrkimys parempaan sisäilmaan ja pienempään ilmanvaihdon tarpeeseen rakennustuotevalintojen avulla. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 20.)

Rakennusmateriaalit luokitellaan päästöluokituksen mukaisesti kolmeen eri luokkaan: M1, M2 ja M3. M1 on luokitukseltaan paras ja edustaa vähäpäästöisimpiä tuotteita. Luokkaan M3 taas kuuluvat ne tuotteet, jotka eivät täytä luokan M2 vaatimuksia. Taulukossa 7 on esitetty luokituksessa tarkasteltavat ominaisuudet ja niiden raja-arvot eri luokissa. Taulukon 7 mukaiset raja-arvot tulee täytyä neljän viikon ikäisinä. Lisäksi yhdistäessä eri luokan materiaaleja, luokitellaan yhdistetty tuote huonomman luokan mukaan, ellei toisin todisteta. Mittaus tapahtuu ohjeen *M1 Emission Classification of Building Materials: Protocol for Chemical and Sensory Testing of Building Materials* mukaisesti. Tavoiteltaessa sisäilmastoluokkia S1 ja S2, tulee tilojen rakennusmateriaaleina käyttää pääasiassa M1 luokan materiaaleja. Muiden luokituksen omaavia materiaaleja sallitaan tällöin käytettäväksi korkeintaan 20 % huoneen sisäpintoista, mutta ei kuitenkaan yli 1 m<sup>2</sup> huoneen lattiapinta-alaa (m<sup>2</sup>) kohden. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 11 ja 20.)

**Taulukko 7:** Päästöluokituksen mukaiset ominaisuudet ja luokkien raja-arvot (Sisäilmastoluokitus 2018, s 20).

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m <sup>3</sup> h]	M2 [mg/m <sup>3</sup> h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70 %.	< 0,2	< 0,4
Yksittäinen VOC µg/m <sup>3</sup>	≤ EU-LCI	≤ EU-LCI
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH <sub>3</sub> ) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 -luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR-yhdisteiden emissio <sup>1)</sup>	< 0,005	< 0,005
Hajun hyväksyttävyyys	+0,0	+0,0

<sup>1)</sup> ei koske formaldehydiä

Laastit, tasoitteet ja silotteet eivät saa sisältää kaseiinia.

LCI-arvot µg/m<sup>3</sup>, (kts. [http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values\\_fi](http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_fi))

Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksen suoritetaan tarkastamalla toimitettujen tuotteiden hyväksymismerkinnät. Luokitellut tuotteet merkitään niin, että ne erottuvat selvästi luokittelemattomista tuotteista ja merkintöjen tulee kestää kuljetusta sekä varastointia. Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokituksessa käytetään ainoastaan M1 luokkaa. Puhtausluokituksen vaatimukset eri epäpuhtauksille ja niiden raja-arvoille on esitetty taulukossa 8. Yksikäsitteiset näytteenotto- ja analysointiohjeet määritetään *Ilmanvaihtotuotteiden puhtaustestausohje 2012* mukaisesti. Lisäksi, ilmanvaihtotuotteille on asetettu seuraavia yleisiä vaatimuksia, jotka koskevat kanavia, kanavien osia, säätö- ja palopeltejä, äänenvaimentimia, sekä suodattimia (Sisäilmastoluokitus 2018, s 21 - 22):

- Puhtausluokiteltu tuote ei saa lisätä terveyden, tai viihtyisyyden kannalta haitallisia epäpuhtauksia ilmanvaihtojärjestelmässä, eikä tuloilmassa.
- Puhtausluokiteltu tuote ei saa tuottaa tuloilman laatua huonontavaa hajua, tai kaasumaisia tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia.
- Puhtausluokitellun tuotteen tulee olla helposti puhdistettavissa.

**Taulukko 8:** Puhtausluokituksen asettamat vaatimukset ja raja-arvot kanaville ja kana-vaosille tehtaalla (Sisäilmastoluokitus 2018, s 21).

Epäpuhtaus	Luokituskriteeri
Kanavien öljyisyys <sup>1)</sup>	0,05 g/m <sup>2</sup>
Kanavaosien, päätelaitteiden, säätö- ja palopeltien öljyisyys <sup>1)</sup>	
• Leikkaamalla, taivuttamalla tai liittämällä valmistetut osat	0,05 g/m <sup>2</sup>
• Syvävedetyt osat, öljyä vaativat prosessit	0,3 g/m <sup>2</sup>
Ilmavirtaan irtoavat mineraalikuidut (MMVF) <sup>2)</sup>	< 0,1 kpl/m <sup>3</sup>
Pintapölyn määrä	< 0,5 g/m <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Vaatimus perustuu Solvac-kitkanalennusaineelle tehtyihin mittauksiin öljyisyyden ja hajuintensiteetin välisestä yhteydestä (Asikainen ym. 2000). Muita kitkanalennusaineita käytettäessä on osoitettu, että niiden hajukynnys on alhaisempi kuin Solvacin.

<sup>2)</sup> Mineraalikuitujen pitoisuus ilmavirrassa koskee vain tuotteita, joiden valmistuksessa on käytetty kuituja sisältäviä materiaaleja. Muiden kuitujen kuin mineraalikuitujen osalta sovelletaan *kohdan 3.2.1.1* yleisiä vaatimuksia.

## **3. LAADUNVARMISTAMINEN**

### **3.1 Mistä rakennushankkeen laadunvarmistus muodostuu?**

#### **3.1.1 Rakentamisen säätely ja ohjaus Suomessa**

Rakentamista säädellään ja ohjataan Suomessa useilla lakipykälillä, säädöksillä, määräyksillä, direktiiveillä ja ohjeilla. Maankäyttö- ja rakennuslaki, sekä –asetus käsittelevät, rakentamisen alueellista näkökulmaa pyrkien ohjaamaan alueiden käyttöä ympäristön kannalta tehokkaasti ja hallitusti. Rakentamista koskevat yleiset, sekä tekniset edellytykset ja vaatimukset on määritelty yhdessä lupa- ja viranomaismenettelyjen kanssa Maankäyttö- ja rakennuslaissa. Yksityiskohtaisemmat rakentamista koskevat vaatimukset ja ohjeet on esitetty Ympäristöministeriön julkaisemassa Suomen säädöskokoelmassa. Suomen säädöskokoelma asettaa edellä mainitun mukaisesti velvoittavia määräyksiä, sekä ohjeellisia toteutustapoja. (Ympäristöministeriö, maankäytön suunnittelun ohjaus 2018; Rakentaja.fi 2011.)

Kuntien rakennusvalvonnat ja paloviranomaiset valvovat paikallista rakentamista lakien ja lupien puitteissa, sekä huolehtivat rakentamista koskevien lupien käsittelystä. Rakennusjärjestys, kaavoitus ja maankäyttösuunnitelma ohjaavat maa-alueiden käyttöä. Tavoitteena on pyrkiä toimivaan ja eheään yhdyskuntarakenteeseen ja liikennejärjestelyihin edistämällä kestävä kehitystä (Rakennusvalvonta 2017; Ympäristöministeriö, maankäytön suunnittelun ohjaus 2018). Lisäksi on muita lakeja, kuten sähköturvallisuuslaki, pelastuslaki ja paloturvallisuuslaki, jotka täsmentävät ja tarkentavat ohjeistusta. (Rakentaja.fi 2011.)

Lakien, asetusten ja määräysten lisäksi Suomessa on olemassa Rakennustiedon ylläpitämä RT-kortisto, sekä Rakennusinsinöörien liiton, RIL, suunnitteluoppaita, joista löytyy yleisiä määräyksiä ja hyvää rakentamista edustavia ohjeita ja toteutustapoja. Edellä mainittujen lähteiden lisäksi monet tuotevalmistajat ovat antaneet vielä omille tuotteilleen käyttö- ja asennusohjeet, joilla päästään määräysten mukaisiin ratkaisuihin. (Rakentaja.fi 2011.)

#### **3.1.2 Rakennushankekohtainen säätely ja ohjaus**

Rakennushankkeen laadunvarmistamisen tarkoituksena on varmistaa, että valmis lopputuote vastaa sovittua asetettujen vaatimusten osalta. Rakennushankkeen laadunvarmistusprosessin kehysten luominen pohjautuu edellisen kappaleen mukaisesti erilaisten lakien ja säädösten, sekä viranomaisten asettamiin vähimmäisvaatimuksiin. Näitä velvoitteita täydennetään ja täsmennetään tilaajan, sekä käyttäjien asettamalla tavoitteilla. (Pietiläinen

et al. 2007, s 27 - 28.) Laadunvarmistuksen toimiessa oikein, hankkeen osapuolien vastuut ja velvoitteet ovat selkeät ja selvillä. Viranomaisten tehtävänä on varmistaa rakennushankkeen osapuolien riittävä ammattitaito, sekä valvoa hankkeelle asetettujen velvoitteiden täyttyminen. Urakoitsijan ja tilaajan välisillä sopimuksilla voidaan korottaa lain ja asetusten asettamaa laadullista vähimmäistasoa. (Kankainen & Junnonen 2015.)

Rakennushankkeen lähtökohtien asettaminen rakennuksen tilojen määrälle, laadulle ja sisäilmalle tehdään käyttäjien ja tilaajan toimesta. Hankkeelle asetetaan tavoitteita ensinnäkin siksi, koska rakennuksien tulee täyttää lakien ja asetusten määrittämät vähimmäisvaatimukset (Junnonen n. d.). Toiseksi, selkeiden tavoitteiden asettaminen mahdollistaa hankkeen hallitun ohjaamisen (Saari n. d.). Tarpeiden määrittelyä ei voi kuitenkaan suoraan yhdistää tavoitteisiin, sillä asioita käsitellään tilaajan ja käyttäjän näkemyksillä, jotka eivät lähtökohtaisesti edusta rakentamisen asiantuntijoita. Edellä mainittuja tarpeita täydennetään rakentamismääräyksien asettamien reunaehtojen perusteella esimerkiksi juuri sisäilmasto- ja energiatehokkuusvaatimusten osalta. Vaatimukset kohdistetaan eri kokonaisuuksille, kuten rakennukselle, tiloille ja järjestelmille. Rakennus jaetaan vielä yksityiskohtaisemmin erilaisiin järjestelmiin ja rakennekokonaisuuksiin, joita ovat esimerkiksi rakennuksen vaippa, ilmastointi, lämmitys, vesi ja viemärointi, salaojitus, sähkön jakelu, valaistus, tietoliikenne ja automaatio. Asetettujen tavoitteiden liittäminen sopimusperusteisiin luo pohjaa laadunvarmistusprosessille kyseisessä hankkeessa. Tavoitteita asettaessa on kuitenkin muistettava, että rakentamiselle asetettuja vähimmäisvaatimustasoa voidaan ainoastaan korottaa, ei laskea (Junnonen n. d.). (Pietiläinen et al. 2007, 25 ja 27 - 28.)

Riskien arvioiminen ja ehkäisevät toimet niiden estämiseksi ovat keskeinen osa laadunvarmistusprosessia. Riskien kartoitus ja etsiminen tulisi jatkua läpi hankkeen. Yleensä riskienhallinnassa hyödynnetään erilaisia riskiluokitteluja ja -taulukkoita. Sisäilmaston ja energiatehokkuuden kannalta keskeisiä riskitekijöitä ovat Pietiläisen et al. (2007) mukaan seuraavat:

- Tilaajan tai käyttäjien tarpeita ei ole määritelty riittävän laajasti
- Puutteita suunnittelun lähtötiedoissa
- Suunnitteluratkaisujen keskinäiset ristiriidat ja suunnitteluvirheet
- Suunnitelmat eivät ole helposti toteutettavissa
- Tilaajan tarpeiden muuttuminen kesken hanketta
- Rakentamisessa tehtävät virheet
- Laitteet tai rakennusosat eivät vastaa ominaisuuksiltaan suunnitelmia
- Rakennuksen toimivuus ja käytettävyyys eivät vastaa asetettuja tavoitteita
- Sääolosuhteiden vaikutus, esimerkiksi pilaamalla materiaaleja tai rakenteita
- Energiatehokkuus jää tavoiteltua alhaisemmaksi
- Järjestelmien tai rakenteiden käyttöikä jää suunniteltua pienemmäksi



## **Viranomaisvalvonta ja vastuut**

Tilaaajan ja urakoitsijan teettämän laadunvarmistuksen lisäksi jokaista hanketta valvoo kyseisen kunnan rakennusvalvonta. Rakennusvalvonta myöntää aloitusluvan rakennushankkeelle, seuraa ja valvoo hankkeen etenemistä ja lopettaa hankkeen eli toteaa, onko rakennus käyttöön otettavissa. (Ympäristöministeriö, Suunnittelu ja valvonta 2018.) Lisäksi rakennusvalvonnanviranomaisen voi luvan alaisessa kohteessa määrätä erilaisia katselmuksia, kuten esimerkiksi sijainti-, pohja- tai rakennekatselmuksen. Kyseinen viranomaisvalvonnan katselmuksen tarkoitus ei kuitenkaan ole varmistaa rakennustyön oikeellisuutta kaikilta osin, vaan lopullinen vastuu on tilaajalla. Viranomaisen voi myös katsoessaan tarpeelliseksi määrätä muita tarpeellisia tarkastuksia ja katselmuksia. Viranomaisen loppukatselmuksen jälkeen rakennus joko todetaan käyttöön otettavaksi tai ei ja viranomaisvalvonta loppuu. (LVI 03-10630 2018, s 4; Ympäristöministeriö, Suunnittelu ja valvonta 2018.)

Viranomaiset velvoittavat, että rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee pitää tarkastusasiakirjaa. Työmaalla ylläpidetään tarkastusasiakirjaa, johon tehdyt tarkastukset varmennetaan allekirjoituksella. Rakennustyön tarkastusasiakirjaan tehtävät merkinnät muodostavat koko rakennustyön kulun kuvauksen. Tarkastusasiakirja sisältää vaaditut tarkastukset ja katselmukset huomautuksineen ja allekirjoituksineen aina rakennustyön aloitusedellytysten toteamisesta loppukatselmukseen. Mikäli rakennustyö poikkeaa rakentamista koskevista säännöksistä, on huomautus merkittävä tarkastusasiakirjaan. Ennen loppukatselmusta, tulee tarkastusasiakirjan yhteenvedo palauttaa rakennusvalvontaviranomaiselle. (Ympäristöministeriö, Suunnittelu ja valvonta 2018.)

## **Tilaaajan valvonta ja vastuut**

Maankäyttö- ja rakennuslaki asettaa määräyksiä rakennushankkeen eri osapuolille. Rakennushankkeeseen ryhtyvää koskee huolehtimisvelvollisuus, jonka mukaan tämän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan säännösten ja määräysten, sekä myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Huolehtimisvelvollisuuteen kuuluu myös rakennustyön valvonta, sekä työtuloksen tarkastaminen ja todentaminen samoin kuin käytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden toteaminen. Tällä tarkoitetaan eritoten CE-merkittyjen tuotteiden käyttämistä, joka asetettiin rakentamisessa Ympäristöministeriön toimesta 2013 heinäkuusta alkaen pakolliseksi. CE-merkinnällä pyritään parantamaan rakennustuotteiden ja tarvikkeiden laatutasoa. (Ympäristöministeriö, CE-merkintä 2018.) Lisäksi rakennuttajalla tulee olla käytössään hankkeen vaatavuustasoa pätevyydeltään vastaava henkilöstö. Henkilöstön pätevyys arvioidaan koulutuksen ja kokemuksen perusteella. (Junnonen n. d.)

Edellä mainitun mukaisesti, tilaaja asettaa rakennushankkeelle hankekohtaisia tavoitteita. Rakennuksen ja sen sisältämien järjestelmien osalta tilaajan ja käyttäjän tavoitteet ovat

yleensä toimivat tilat ja hyvä sisäilmasto, hyvä energiatehokkuus alhaisilla energiakustannuksilla ja sopivat kokonaiskustannukset, eli investointi- ja käyttökustannukset elinkaaren aikana. Tilaaja on vastuussa tavoitteiden ja vaatimusten keskinäisten ristiriitojen ja riskien tunnistamisesta. (Pietiläinen et al. 2007, 57 - 58.)

Tavoitteiden ja vaatimusten asettamiseen on olemassa valmiita menetelmiä ja lomakkeita. Kun tilaajan ja käyttäjän edellä mainitut tavoitteet ja vaatimukset viedään suunnittelukriteereiksi, tulee vaatimukset ja todentamistavat esittää selkeinä lukuarvoina tai laatukriteereinä ja menetelminä. Käyttöönottovaiheessa esitetyt lukuarvo ja laatukriteerit verrataan toteutuneisiin mittauksiin. Hankkeen tavoitteet ja vaatimukset tulee asettaa niin, että niiden toteutuminen on mahdollista varmentaa ennalta sovituin keinoin. Tavoitteilla ei ole merkitystä, jos niiden saavuttamista ei todeta (Saari n. d.). Tavoitteiden ja niiden toteutumisen varmistamisen menetelmien dokumentointi hankkeen alussa on ehdottoman tärkeää. Hyvällä dokumentoinnilla varmistetaan läpinäkyvyyttä, joka sitoo myös eri osapuolia työskentelemään yhteisen päämäärän saavuttamiseksi. Dokumentoinnin osalta, tarvittavat laadunvarmistustoimenpiteet tulee esittää suunnittelu- ja urakkasopimuksissa. Erityisesti sisäilmaston laadun kannalta olennainen asiakirja on urakkarajaliite (Sisäilmastoluokitus 2018). Urakkarajaliitteessä osoitetaan tehtävät ja velvoitteet eri osapuolille esimerkiksi kuivumisaikojen osalta. Urakoitsijoiden ja tilaajan välisillä sopimuksilla, voidaan määräyksien vaatimaa vähimmäistasoa nostaa (Kankainen & Junnonen 2015). Yksityiskohtaisempia toteutuksellisia ohjeita ja määräyksiä voidaan esittää työselostuksissa. (Pietiläinen et al. 2007, 24, 26 ja 59 - 60.)

Rakennuksen osalta keskeisiä määritettäviä tavoitteita ovat Pietiläisen (2007) ja Saaren (n. d.) mukaan:

- esteettiset tavoitteet rakennukselle
- määrälliset ja laadulliset tavoitteet tiloille
- Käyttäjien vaatimukset, sekä käyttäjien määrä ja vaihtelevuus
- tilojen muunneltavuus ja laajennettavuus
- asemakaavan asettamat vaatimukset
- ympäristötavoitteet
- sisäilmaston vaatimukset
- tietoliikennepalvelut
- ääni- ja valaistusvaatimukset
- turvallisuusvaatimukset
- materiaalien, tuotteiden ja laitteiden laadulliset ja toiminnalliset vaatimukset
- järjestelmien keskinäiset yhteensopivuusvaatimukset
- takuuajat
- energiakulutuksen tavoitteet
- rakennuksen seuranta mittauksin ja mittarein sekä raportointi

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan perusvastuu rakentamisessa ja rakentamista koskevien määräysten toteuttamisessa on rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Määräysten täyttämisen lisäksi, rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia riittävästä rakennustöiden valvonnasta. Valvonnan voi tehdä omana työnä tai teettää ulkopuolisella yrityksellä. (Kankainen & Junnonen 2015, s 58.)

Valvojan tehtävät ja työn suoritustapa on esitetty RT-ohjekortissa RT 16-10746. Valvonnan tarkoituksena on mahdollisimman kattava ja ennakoiva toiminta rakennuttajan, asukkaan tai muun käyttäjän edun varmistamiseksi. Valvojan työtehtävät sisältävät yhteistöiminnällistä, ajallista, teknistä, laadullista, taloudellista, dokumentaatiota ja muita valvontatoimenpiteitä. (Kankainen & Junnonen 2015, s 59.)

Vastaanottotarkastuksessa varmistetaan hankkeen olevan sopimusasiakirjojen mukainen ja täyttäneen, sekä läpäisseen laadunvarmistustoimenpiteet ja tarkastukset. Vastaanottotarkastus on juridinen tapahtuma ja se päättyy kohteen luovuttamiseen tilaajalle. (LVI 03-10630 2018.)

Luovutusvaiheessa tilaajalle luovutetaan hankkeen asiakirjoista koottu luovutusaineisto. Luovutusaineiston tulee sisältää tilaajan asettamat tavoitteet ja niiden kautta asetetut vaatimukset, toimintakokeiden ja säätöjen suunnitelmat, menettelyt ja raportit, rakennuksen käyttöönoton koulutussuunnitelma ja aineistot, sekä eri katselmuksien ja tarkastuksien muistioidet. Edellä mainitun lisäksi on normaalin luovutusmenettelyn mukaista luovuttaa tilaajalle ajantasaiset dokumentaatiot suunnitteluasiakirjoista, hankintojen toimittajien tuote- ja yhteystiedot, tuotesertifikaatit sekä laadunhallinta asiakirjat ja laaduntodennusdokumentit. (Pietiläinen et al. 2007, s 110.)

## **Urakoitsija**

Rakennusalan yleisien sopimusehtojen YSE 1998 10.1 § mukaan urakoitsijan on noudatettava sopimusasiakirjojen mukaista laadunvarmistusta. YSE veloittaa urakoitsijan esittämään vaadittaessa kirjallisesti laatusuunnitelman. Laatusuunnitelma ohjaa yksittäisen hankkeen laatujohtamista. Laatusuunnitelmasta käy ilmi hankkeen erityispiirteet, eli sen tulee olla hankekohtaisesti toteutettu. Laatusuunnitelmaa päivitetään hankkeen edetessä. Yksittäisten tehtävien laatua taas varmistetaan urakoitsijan tekemillä erillisillä tehtäväsuunnitelmilla. Urakka-asiakirjoissa voidaan lisäksi määrittää erillisiä laadullisia vaatimuksia, kuten mallitöitä. YSE määrittää myös, että urakoitsijan tulee käyttää sellaisia rakennustuotteita ja materiaaleja, joilla on vähintään urakoitsijan kahden vuoden takuu-aika, ellei kaupallisissa asiakirjoissa ole toisin määritelty. (Junnonen n. d.)

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot antavat laadunvalvonnan osalta seuraavia velvoitteita (Junnonen n. d.):

- Urakoitsijan on tehtävä itselleluovutus ennen rakennuttajalle tapahtuvaa luovutusta.
- Havaituista vakavista laatuvirheistä ja niiden korjaamiseksi tehdyistä toimenpiteistä on kerrottava tilaajalle.
- Rakennustavarat ja rakennusosat on tarkastettava ennen niiden kiinnitystä ja puutteelliset tarvikkeet, tai rakennusosat on poistettava välittömästi työmaalta.
- Järjestelmien ja laitteistojen toiminnallinen tarkastus tehdään käyttökokein.
- Sopimusasiakirjoissa mainitut laatuksokkeet kustantaa urakoitsija ja ylimääräisten kokeiden kustannusvastuu on rakennuttajalla, jos urakoitsijan työ vastaa vaatimuksia.

### 3.1.3 Sisäilmaston säätely ja ohjaus

Sisäilmasta pystytään nykyisen erottamaan yhä useampia mitattavia laadullisia tekijöitä. Eri suureiden todentaminen lukuarvoin ei kuitenkaan ole mahdollista kaikkien suureiden osalta täysin luotettavasti. Tällä hetkellä Pietilän (2007) mukaan luotettavalla tasolla olevia todennettavia suureita ovat huonelämpötila, lattian pintalämpötila, lämmitys- ja ilmastointilaitteiden äänitaso, radonpitoisuus ja hiilidioksidipitoisuus (Pietiläinen et al. 2007, 60 - 61). Asetetuissa tavoitteissa voidaan viitata esimerkiksi Sisäilmastoluokitukseen. Asetettujen vaatimusten täyttyminen kaikilta osin on kuitenkin varsin epätodennäköistä, minkä johdosta on tärkeätä osata käsitellä, arvioida ja hyväksyä myös poikkeamia mitatuissa suureissa. (Pietiläinen et al. 2007, s 61.)

Yleisimmät syyt, jotka estävät kohteen luovutuksen tilaajalle, koskevat töiden keskenräisyyttä, laatuvirheitä, luovutusasiakirjojen puutteellisuutta tai tilaajan omia laiminlyöntejä. Luovutuksessa rakennuksen tulisi olla virheetön ja kaikkien järjestelmien tulee toimia suunnitelmien mukaisilla säädöillä. Sisäilmaston vaadittua toimintaa ja tasoa on kuitenkin vaikea todeta luovutushetkellä. Tietoa käytöstä ja toteutumasta saadaan vasta rakennuksen käytönaikana. (Pietiläinen et al. 2007, 107.)

Luovutus ja käyttöönottovaiheessa rakennus asennetaan järjestelmiseen toimimaan tavoitellulla tavalla. Rakennuksen valmistumisajankohdasta riippuen, osa sisäilmaston ja energiatehokkuuden laadunvarmistustoimenpiteistä suoritetaan myöhempanä ajankohtana. Osa mittauksista tehdään kylmänä vuodenaikana, jolloin ne ajoittuvat rakennuksen käytön ajalle. Kyseisten mittausten tulokset ja raportit liitetään myöhemmin luovutusasiakirjoihin. (Pietiläinen et al. 2007, 109 - 110.)

## 4. SISÄILMAN LAADUNVARMISTAMINEN

### 4.1 Rakennuksen ilmanpitävyys

Rakennuksen ilmatiiveydellä tarkoitetaan rakennuksen vaipparakenteen vuotoilman pitävyyttä. Rakennusten tiiveyttä mitataan harvoin ennen käyttöönottoa, vaikka ilmatiiveys on noussut Suomen rakentamisessa varsin keskeiseksi asiaksi erityisesti energiatehokkuuden kannalta. Tiiveyden mittaamiselle ennen rakennuksen käyttöönottoa, ei kuitenkaan ole teknisiä esteitä. Uusien rakennuksien ilmanpitävyyden lähtötietona voidaan käyttää rakennusvaipan ilmanvuotoluvun suunnitteluarvoa, mikäli ilmanpitävyys osoitetaan myöhemmin mittaamalla. Jos rakennusvaipan ilmanvuotolukua ei voida edellä mainitun mukaisesti selvittää, määritetään se taulukon 9 arvojen perusteella. Ilmanvuotolukuna käytetään tällöin lukuarvoa 4,0, joka on määräysten enimmäisarvo ja kuvaa heikkoa tiiveyttä (Vertia 2018). Rakennusten rakennusvaipan ilmanvuotoluku esitetään suureella  $q_{50}$  ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ). Aiemmin ilmanvuotoluvun kuvaamiseen on käytetty suuretta  $n_{50}$  (1/h). (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017; Ympäristöministeriö, asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2017.)

**Taulukko 9:** Rakennusvaipan ja rakennuksen ilmanvuotoluku rakentamisvuoden perusteella (Ympäristöministeriö, asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2017).

Rakennusluvan vireilletulovuosi	- 1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-2018-
Rakennuksen ilmanvuotoluku $n_{50}$	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	
Rakennusvaipan ilmanvuotoluku $q_{50}$									4,0

Rakennuksen vuotoilmanvirta lasketaan rakennusvaipan ilmanvuotoluvusta  $q_{50}$ . Ilmanvuotoluku  $q_{50}$  ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ) taas määritetään mittaamalla rakennuksen vaipan keskimääräinen vuotoilmanvirta tunnin aikana rakennusvaipan neliometriä kohden, paine-eron ollessa 50 Pa. Paine-ero luodaan poisto- ja tuloilmapuhaltimella. (Ympäristöministeriö, asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2017.) Mahdolliset ilmanvuotokohdat voidaan paikantaa tarkasti lämpökamerakuvauksin tai savukokein (Pietiläinen et al. 2007, s 100). Rakennusten tiiveydelle on määritelty tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa. (Pietiläinen et al. 2007, s 76).

Tavoiteltaessa sisäilmaluokkia S1 ja S2, mitataan ilmanpitävyys huoneistomittauksena. Yksittäisen huoneiston mittaustuloksen tulee alittaa  $1\text{ m}^3/\text{h}$ , ulkovaippa- $\text{m}^2$ , eli yhden kuution verran ilmaa tunnin aikana jokaista huoneiston ulkovaipan neliötä kohden. Useamman huoneiston yhteisen keskiarvon tulee taas alittaa  $0,7\text{ m}^3/\text{h}$ , ulkovaippa- $\text{m}^2$  arvo. Useata huoneistoa koskevassa mittauksessa, tulee mittauksessa olla mukana vähintään 20% koko rakennuksen huoneistoista. Ohje ei koske pientaloja. Energiatodistusta varten

tehtävässä mittauksessa ilmanpitävyys mitataan porrashuonemittauksena, tai koko talon mittauksena. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 11.)

Puutteellinen tiiveys vaikuttaa rakennuksen laatuun heikentävästi esimerkiksi lämpöhäviöiden johdosta. Lämpöhäviöiden merkitys korostuu luonnollisesti talvella, jolloin ulko- ja sisätilojen lämpötilaerot aiheuttavat paine-eroja. Paine-erot ja epätiivis vaippa aiheuttavat useasti ilmavuotoja samanaikaisesti kumpaankin suuntaan, koska ylipaine muodostuu ulkopuolelle seinän alaosaan ja sisäpuolelle seinän yläosaan. Suunnitteluvaiheessa tulisi ottaa kantaa vaipan mahdollisiin riskikohtiin ja suorittaa vaipan toiminnan laskennallista-arviointia. Mahdollisia vaipparakenteen riskikohtia on esitetty taulukossa 10. (Pietiläinen et al. 2007, s 91 ja 101.)

**Taulukko 10:** Rakennuksen ulkovaipan riskikohtia (Pietiläinen et al. 2007, s 46)

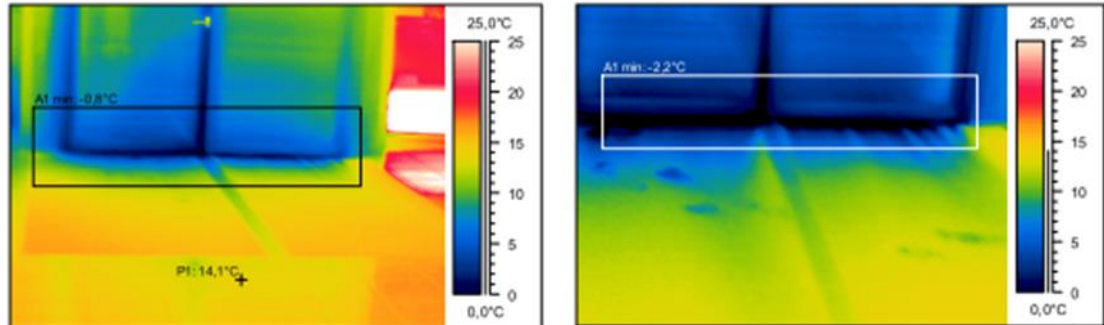
<b>Tekijä</b>	<b>Mahdollinen vaikutus energiankulutukseen tai sisäilmastoon</b>	<b>Prosessin vaihe, jossa ongelmaan vaikutetaan</b>
Suuret ikkunapinta-alat	Veto, kasvattaa lämmönkulutusta, suuret lämpökuormat, varjostustarve	Suunnittelutavoitteet, suunnitteluratkaisut
Höyrysulun tai tuulen-suojauksen puutteet	Ilmavuodot, kosteusvauriot, pintalämpötilojen lasku	Työmaa
Kylmäsillat, eristevirheet	Rakenteiden alhaiset pintalämpötilat → veto, sisäilman kosteuden tiivistyminen → homeen kasvu	Detaljit, työmaa
Parvekkeiden ja terassien ovet	Tiivistevuodot, kylmät pinnat, huurtuminen	Detaljit, hankinnat
Kevytrakenteiset ovet	Käyristyminen, veto	Detaljit, hankinnat
Kapeakarmiset, metallipuitteiset ikkunat	Puitteet jäähtyvät → veto, jäätyminen	Suunnitelmat, hankinnat
Lasitiilirakenteet kosteissa tiloissa ulkoseinissä	Matalien pintalämpötilojen aiheuttama kondenssi	Suunnitteluratkaisut

Potentiaalisia riskikohtia kylmäsilltojen tai vuotokohtien muodostumisen osalta ovat (Pietiläinen et al. 2007, s 101):

- ikkunarakenteiden liittyminen muihin rakenteisiin
- suuri pinta-alaiset ikkunat
- lasirakenteiden keskinäiset liitoskohdat
- rakenteelliset kylmäsillat (rakennetyypin vaihtumiskohdat, liitokset vaaka- ja pystyrakenteiden välillä)
- ulkorakenteen sisään- ja ulosvedot
- läpiviennit

Edellä mainitun listan kohtia voidaan tarkastaa hankkeessa pistokokein. Ikkunoiden ja ovien tiiveyttä voidaan tarkastella silmämääräisesti, mutta myös esimerkiksi lämpökamerakuvauksin tai savukokein. Rakentamisen lopussa voidaan tarkastella koko rakennuksen vaipan lämpötekninen toimivuus ja tiiveys suorittamalla lämpökamerakuvauksia. Ku-

vaukset voidaan suorittaa kaksivaiheisena, normaalin käytön tilassa, ja lisäksi alipaineisena, jolloin ilmanvuotokohdat rakennuksen sisälle korostuvat. Kuvassa 4 on esitetty lämpökamerakuvausten näkymä normaaleissa paineolosuhteissa ja alipaineistettuna. (Pietiläinen et al. 2007, s 102.)



**Kuva 4:** Ulko-oven lämpökuvaus eri painetasoissa (Pietiläinen et al. 2007, s 102).

Sääolosuhteet rajoittavat seuraavasti lämpökuvausta: sisä- ja ulkoilman lämpötilaeron tulee olla vähintään 15 astetta, mutta 20 astetta on suosituksen mukainen. Edellä mainitun syyn takia, rakentamisvaiheen lämpökuvaus ei välttämättä ilmennä selvitetävää asiaa. Toisaalta, mahdolliset eristepuutteet ja ilmanvuotokohdat voidaan paikallistaa myös rakentamisvaiheen lämpökuvauksella. Jälkimmäinen kuvauskierros suoritetaan riittävän suuressa alipaineessa. Rakennuksen alipaineen tulee olla noin -20...-25 Pa. Kyseinen alipainetaso voidaan saavuttaa rakennuksen omalla ilmanvaihtojärjestelmällä sulkemalla tuoilmansyöttö ja käyttämällä vain poistopuhaltimia. (Pietiläinen et al. 2007, s 111 - 112.)

## 4.2 Lämpöolosuhteet

Yleisimmät lämpöoloihin kohdistuvat epäkohdat johtuvat vedosta, kylmistä pinnoista tai matalista pintalämpötiloista. Ympäristöministeriön säädöskokoelmassa (2018) on määriteltä, että rakennuksen huonelämpötilan tulee olla suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilanvaihtelu, lämpötilaerot tai pintalämpötilat saa heikentää sitä. Matalan pintalämpötilan aiheuttajana voi olla kylmäsilta, eristeenpuute tai ilmanvuoto. Ilmanveto taas johtuu normaalisti kylmien pintojen ja ulkovaipan ilmanvuotokohtien aiheuttamasta ilmanvirtauksesta ja pintalämpötilojen erosta. Kylmällä ja tuulisella säällä voidaan havaita paine-eroista johtuvia virtauksia rakenteiden sisällä ja rakenteiden läpi, mikä johtuu rakennuksen epätiiviydestä ulkovaipasta ja epätasapainoisesta ilmanvaihtojärjestelmästä. Muina vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää sisäisiä lämpökuormia ja rakennuksen sijaintia sekä vallitsevia sääolosuhteita. Lämpöolojen puutteet ovatkin useasti monen osatekijän summa, joten lämpöoloja joudutaan mittaamaan useilla eri menetelmillä. (Pietiläinen et al. 2007, s 77.)

Lämpötekniset mittaukset tulisi toteuttaa uudelleen käyttäjäkokemusten perusteella. Kun käyttäjät ovat toimineet rakennuksessa kylmän jakson ajan, voidaan tehdä käyttäjäkyselyitä, joissa kartoitetaan kyselyllä kokemuksia mm. rakennuksen toimivuudesta ja havaituista vetohaitoista. Kyselyiden tulosten perusteella voidaan kohdennettuihin tiloihin tehdä esimerkiksi vetomittauksia. Lisäksi toinen lämpökuvaus on hyvä suorittaa käyttäjäkyselyiden jälkeen. Lämpökamerakuvausta laadunvarmistustoimenpiteenä on käsitelty tarkemmin edellisen kappaleen yhteydessä. Esimerkki käyttäjäkyselylomakkeesta on esitetty liitteessä C. Kohteen olosuhteiden osalta on kuitenkin ymmärrettävä, että vallitseva tilanne on ulkovaipan, lämmitysjärjestelmän, ilmanvaihtojärjestelmän ja sisäisten kuormien yhteisvaikutuksen summa. Tämän takia esimerkiksi vaippaan kohdistuvien mittauksien ja todennuksien yhteensovittaminen muiden järjestelmien tarkastuksiin on järkevää. (Pietiläinen et al. 2007, s 113.)

### 4.2.1 Huonetilojen lämpötilat

Suomen säädöskokoelman (2017) asetuksessa sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta on määritetty, että huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona tulee käyttää 21 celsiusastetta. Lisäksi huonelämpötila saa vaihdella 20-25 celsiusasteen välillä lämmityskaudella ja lämmityskauden ulkopuolella 20-27 celsiusasteen välillä. Ulkoseinien ja esimerkiksi lattian liitoskohtien lämpötekniistä toimivuutta voidaan arvioida asumisterveysohjeen (2003) pintalämpötasojen perusteella, vaikka terveyshaittaa katsotaan tapahtuvan alhaisista lämpötasosta vain oleskeluvyöhykkeellä. (Pietiläinen et al. 2007, s 79.)

Lämpöolojen tavoitearvojen toteutumista tarkastetaan vasta rakennuksen ollessa käytössä. Talvella tehtävä mittaus suoritetaan silloin, kun ulkolämpötila on alle 0 °C ja kesällä, ulkolämpötilan ollessa yli +15 °C. Sään tulee olla selkä suoritettaessa mittauksia. Mikäli edellä mainitut mittausolosuhteet eivät täyty, voidaan vaatimusten täyttymistä arvioida Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (2015) esitetyn lämpötilaindeksin mukaisesti. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 15.)

Huonetilojen lämpötiloja voidaan seurata ja tutkia monilla eri menetelmillä. Operatiivinen lämpötila voidaan mitata esimerkiksi nestepatsaslämpömittarilla, tai sähköisellä anturilla. Mittaus suoritetaan oleskeluvyöhykkeellä 1,1 metrin (työpisteessä 0,6 m) korkeudesta standardin SFS EN 12599 mukaisesti (Sisäilmastoluokitus 2018, s 6). Operatiivisen lämpötilan asemasta voidaan usein tarkastella huonelämpötilaa. Pintalämpötilojen mittauksia suoritetaan yleensä ainoastaan perustellun terveyshaitan epäilyksen, tai näytön johdosta. Mittaus suoritetaan kosketusanturilla tai infrapunalämpömittarilla (Asumisterveysohje 2003). Kuitenkin, jos pintojen lämpötilat poikkeavat selvästi ilman lämpötilasta, määritetään operatiivinen lämpötila laskemalla se ilman ja pintojen lämpötiloista tai mittaamalla esimerkiksi pallolämpömittarilla standardin SFS EN 12599 mukaisesti. Palloämpömittaria käytetään huonetilan operatiivisen lämmön selvittämiseen, kun ilman virtausnopeus on alle 0,4 m/s. Operatiivinen lämpö selvitetään, kun kyseisessä huonetilassa



esiintyy voimakasta lämpösäteilyä tai alhaisia/korkeita pintalämpötiloja. Eri sisäilmasto-  
luokkien tavoitearvot operatiivisen lämpötilan osalta on esitetty luvun 2.2.1 taulukossa 2.  
(Pietiläinen et al. 2007, s 148; Sisäilmastoluokitus 2018, s 6.)

#### 4.2.2 Ilman suhteellinen kosteus

Sisäilmanlämpötilaan ja lämpöolosuhdekokemukseen liittyy varsin keskeisesti myös il-  
man suhteellinen kosteus. Sisäilman kosteudesta on määritetty, että sisäilman kosteuden  
on pysyttävä suunnitellun käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa kosteusvaurioita, mik-  
robien kasvua tai terveydellistä haittaa välttämällä (Ympäristöministeriö, asetus uuden ra-  
kennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017). Ilman suhteelliselle kosteudelle ei ole  
määritetty erillistä tavoitearvoa. Arvoa ei ole määritetty, sillä ilman suhteellinen kosteus  
voi pakkashuippujen aikana laskea hyvinkin alhaiseksi. Mikäli käytetään paikallista kos-  
tutusta, tulee ilman suhteellisen kosteuden olla 60 %. Kostutus ei saa määräysten mukai-  
sesti aiheuttaa mikrobi- tai kosteusriskiä, joten kostutuslaitteita käytettäessä tulee varmis-  
tua, etteivät ne lisää ilman epäpuhtauksia. (Pietiläinen et al. 2007, s 148; Sisäilmasto-  
luokitus 2018, s 7.)

Huonetilan ilman suhteellinen kosteus mitataan yleensä suurenkin tilan osalta vain yh-  
destä pisteestä. Mittaus voidaan suorittaa psykrometrillä, hiushygrometrillä, hiushy-  
grograafilla, tai sähköisellä laitteella (Pietiläinen et al. 2007, s 148). Ilman suhteellisen  
kosteuden mittaaminen tulee suorittaa standardin SFS EN 12599 mukaisesti (Sisäilmas-  
toluokitus 2018, s 7).

#### 4.2.3 Rakennuksen vaipan lämpötekniinen toimivuus

Rakennuksen vaipan osalta on määritelty vaatimukset lämpötekniisyydelle ja toimivuu-  
delle. Rakennuksen lämpöhäviö on rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yh-  
teenlaskettu lämpöhäviö. Rakennuksen vaipan osille on asetettu lämmönläpäisykertoimet  
 $W/(m^2 \cdot K)$ , jotka eri rakenteiden tulee täyttää seuraavasti (Ympäristöministeriö, asetus  
uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017):

- Seinärakenne  $0,17 W/(m^2 \cdot K)$
- Massiivipuuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180mm  $0,40 W/(m^2 \cdot K)$
- Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja  $0,09 W/(m^2 \cdot K)$
- Ryömintätilaan rajoittuva alapohja  $0,17 W/(m^2 \cdot K)$
- Maata vasten oleva rakennusosa  $0,16 W/(m^2 \cdot K)$
- ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku  $1,0 W/(m^2 \cdot K)$

Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuarvo saa olla enintään 50 prosent-  
tia rakennuksen julkisivupinta-alasta. Lisäksi kyseisten rakennusosien ja rakenteiden U-

arvot on määritelty erikseen siirtokelpoisille, sekä puolilämpimille rakennuksille ja tiloille. Myös loma-asumiseen suunniteltavien pientalojen kohdalla arvot poikkeavat edellä listatuista. (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017.)

#### 4.2.4 Ilman liikenopeus

Ympäristöministeriö (2017) säädöskokoelman uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta kohdan 17 § mukaan, ilman tulee virrata oleskeluvyöhykkeellä välttämättä epäviihtyisyyttä aiheuttavaa ilman liikettä. Lisäksi ilman tulee virrata puhtaammista tiloista epäpuhtaampiin (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017). Tutkimuksen luvussa 2.2.1 on esitetty taulukossa 3 sisäilmastoluokituksen mukaiset tavoitearvot ilman liikenopeuksille.

Liike- ja toimistorakennuksissa tulee ilman liikenopeus ja ilman lämpötila mitata 0,1 m ja 1,1 m korkeudelta lattiasta (Sisäilmastoluokitus 2018). Ilman liikenopeudella tarkoitetaan kolmen minuutin keskiarvoa työpisteessä. Lämpötila mitataan eri korkeuksilta ilman kerrostumisen selvittämiseksi. Lisäksi savukokeilla voidaan määrittää huoneen kriittisimmät alueet vedon osalta (Pietiläinen et al. 2007, s 148). Ilman liikenopeuksien mittaukset suoritetaan suuntariippumattomalla anemometrillä standardin SFS EN 12599 mukaisesti. Mittauksen tulos tulee esittää tavoitearvon mukaisesti kahden desimaalin tarkkuudella siten, että viimeinen merkitsevä numero on 0 tai 5. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 7.)

### 4.3 Ilman laatu

Sisäilmastoluokitus asettaa eri luokkien mukaisesti tavoitearvoja sisäilman laadullisille ominaisuuksille. Sisäilmaston laadullisia ominaisuuksia ovat mm. leijuvat pölyt, orgaaniset kaasut, epäorgaaniset kaasut sekä bakteerit, mikrobit ja itiöt. Mitattavat ominaisuudet ja niille asetetut tavoitteet on esitetty tutkimuksen luvun 2.2.1 taulukossa 4, sekä luvussa 2.2.3 esitetyssä taulukossa 7. Taulukoiden mukaisia sisäilman ominaisuuksia ovat mm. hiilidioksidipitoisuus, radonpitoisuus, PM<sub>2,5</sub>-hiukkaspitoisuus, haihtuvat yhdisteet (TVOC), yksittäiset haihtuvat yhdisteet (VOC), formaldehydi ja ammoniakki. (Sisäilmastoluokitus 2018.)

#### 4.3.1 TVOC- ja VOC-päästöt

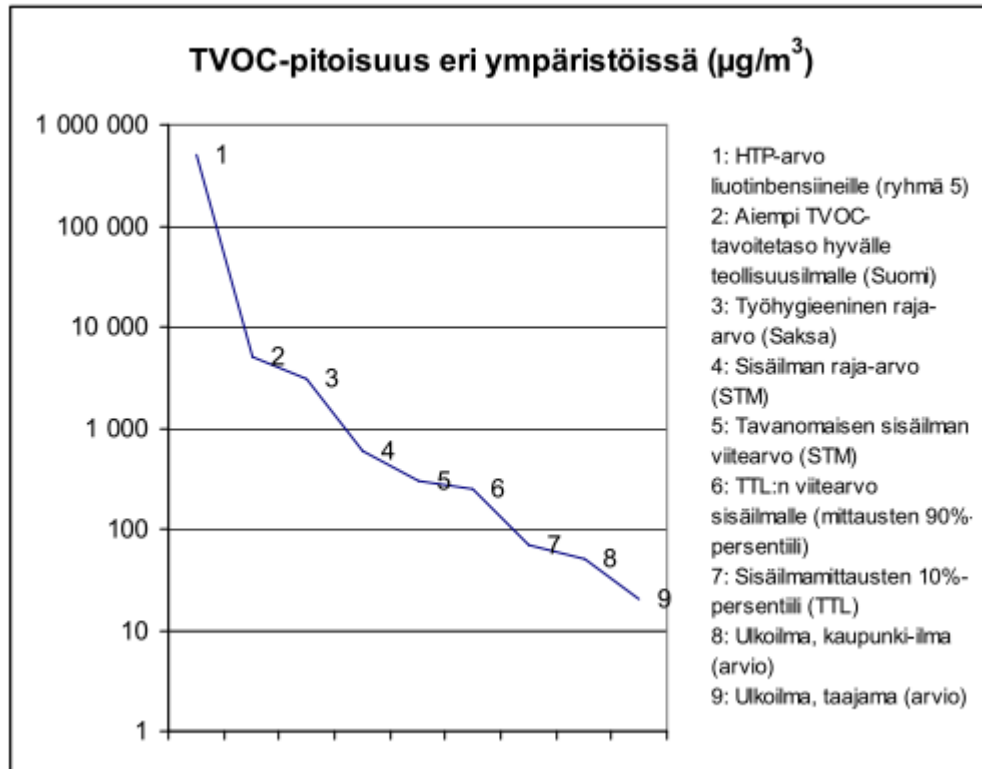
Termi TVOC tulee sanoista Total Volatile Organic Compounds, joka tarkoittaa suomennettuna ilmatilavuuden kokonaismäärällisiä orgaanisia partikkeleita. Puhuttaessa taas termistä VOC, tarkoitetaan yhden sisäilmalle haitallisen partikkelin määrittämistä. Partikkelit ovat yleensä kaasuja, jotka aiheuttavat terveyshaittoja. Yhdisteiden päästölähteitä ovat rakennus- ja sisustusmateriaalit, pesuaineet ja mikrobikasvustot. (Pietiläinen et al. 2007, s 150.) Huoneilman TVOC-pitoisuuteen vaikuttavat monet asiat kuten rakennuksen

ikä, yhdisteitä sisältävät materiaalit, liikenne, teollisuus, ilmanvaihto, huoneen lämpö- ja kosteusolosuhteet, hajusteet ja puhdistusaineet (Hengitysliitto 2018).

VOC-päästöistä erityisesti, suuresti julkisuudessaakin esiintynyt, 2-etyyli-1-heksanoli on tunnistettu useiden oireilujen aiheuttajaksi. Päästöt aiheutuvat kosteuden seurauksena käynnistyvästä kemiallisesta reaktiosta liiman ja lattiatasoitteen rajapinnassa. Tiiviit päällystemateriaalit kuten muovi-, linoleum-, tekstiili- ja kumimatot kiinnitetään alustaan liimaamalla (Betoniteollisuus ry 2018). Päällystemateriaalien pehmittimet reagoivat asennuksessa käytettyjen liimojen kanssa betonin korkean alkalisuuden seurauksena ja syntyy haitallisia päästöjä, kuten 2-etyyli-1-heksanolia (Lapinlampi 2015). Kun 2-etyyli-1-heksanolin hajoamisreaktio on käynnistynyt betonissa, se ei pysähdy, vaikka betonin suhteellinen kosteus pienenisikin (Lapinlampi 2015). Liimoissa käytetään usein kosteudenrajarvona RH 85 %. Tämä tarkoittaa, että kosteus ei saa nousta esitettyä arvoa korkeammaksi päällysteen alapuolella. Itse päällystemateriaalien kosteusraja-arvot ovat koreampia. (Betoniteollisuus ry 2018.)

VOC- ja TVOC-päästöjä sisäilmasta voidaan mitata Bulk- ja Flec-mittauksilla. Bulk-mittauksessa tarkastellaan tietyn materiaalin aiheuttamia päästöjä. Flec-mittauksessa taas tarkastellaan esimerkiksi rakennuksessa olevan lattian päästöjä asettamalla keräin suoraan lattialle. Osassa Bulk-mittauslaitteissa keräyslämpötila saatetaan nostaa yli 100 asteen, joka voi aiheuttaa vääristyneen tuloksen. Rakentamisessa käytettyjä materiaaleja ei ole tarkoitettu niin suuriin lämpötiloihin, eivätkä ne normaalissa käytössä altistu kyseisille lämpötiloille. Lisäksi korkeat lämpötilat saattavat aiheuttaa materiaalien muuttumista tai hajoamista. Lämpötila nostetaan tietyissä keräimissä emission tehostamiseksi. Tämän takia Bulk-emissiomittauksien tuloksia ei tule verrata Flec-mittauksiin, eikä saadut tulokset vastaa huoneilmasta kerättyjä näytteitä. Flec-mittauksessa materiaalinäytteestä tai pinnalta emittoituvat näytteet kerätään adsorbenttiputkeen vakioiduissa olosuhteissa, joiden tulisi vastata tiloissa vallitsevia normaali-olosuhteita. (Ositum 2018.)

Yhdisteet voivat aiheuttaa rakennuksen käyttäjille erilaisia terveyshaittoja, kuten silmien ärsytysoireita, limakalvojen ärsytystä tai päänsärkyä (Sosiaali- ja terveysministeriö 2015). TVOC pitoisuuksille on asetettu ohjeellisia toimenpideraja-arvoja (Pietiläinen et al. 2007, s 150). Asumisterveysasetuksen (2003) mukaan VOC-yhdisteiden tolueenivas-teen kautta selvitetyn kokonaispitoisuuden raja-arvo huoneilmassa on 400 mikrogrammaa kuutiota kohden ja yksittäisen yhdisteen 50 mikrogrammaa kuutiota kohden (Hengitysliitto 2018). TVOC pitoisuuksien ohjeellisia suositusarvoja eri rakennuksille ja paikoille on esitetty myös Työterveyslaitoksen julkaisussa (2012) tavoitetaso TY-01-2012, sekä sisäilmastoluokituksessa (2018). TVOC pitoisuudet ovat usein suurimmillaan uusissa tai korjatuissa rakennuksissa, jonka takia mittausten tekemistä suositellaan vasta vähintään puolen vuoden kuluttua kohteen valmistumisesta (Pietiläinen et al. 2007, s 150). Kuvassa 5 on esitetty eri yhteyksien TVOC-pitoisuuksia (Työterveyslaitos 2012).



*Kuva 5: TVOC-pitoisuuksia eri yhteydessä (Työterveyslaitos 2012)*

### 4.3.2 Kuitupäästöt

Toinen tärkeä sisäilmaston puhtauteen ja käyttäjien oireiluihin vaikuttava tekijä on kuitupäästöt.  $\text{PM}_{2,5}$ -hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan huoneilmassa leijuvaa pölyä, jonka hiukkasten aerodynaaminen halkaisija on alle  $2,5 \mu\text{m}$ . Hiukkaspitoisuuden mittaaminen suoritetaan standardin SFS-EN 12341 mukaan. Mittaukset tehdään rakennuksen normaalin käytön aikana. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 7.)

Mineraalikuitujen mittaaminen voidaan toteuttaa IV-kanavan tuloilma-aukon kohdalle asetettavalla orgaanista materiaalia sisältävällä suodatinkankaalla. Suodatinkangasta pidetään muutaman päivän ajan tulopäätteen edessä, jolloin se kerää ilman mukana tulevia mineraalikuituja. Lisäksi tulopäätteen tilavuusvirta tulee mitata ilman suodatinkangasta ja suodatinkankaan kanssa. Mineraaleja kerännyt suodatin analysoidaan erottamalla epäorgaaniset kuidut orgaanisesta kankaasta. Epäorgaaniset kuidut lasketaan suodatinpinta-alayksikköä kohden valomikroskoopilla ja jaetaan mitatulla ilmamäärällä, jolloin saadaan pitoisuus tuloilmassa kuitua/ $\text{m}^3$  kohden. (Pietiläinen et al. 2007, s 150.)

Pinnoille kertyneiden kuitujen pitoisuudet mitataan pyyhintä- tai teippimenetelmällä. Pyyhintämenetelmässä pintoja pyyhitään minigrip -pussilla, joka käännetään lopuksi ympäri ja suljetaan. Suljettuun pussiin kertyneen pölyn koostumus selvitetään laboratoriossa pyyhkäisyelektronimikroskoopin ja EDS-analysoittorin avulla. Tulos ilmoitetaan mineraalikuitujen painoprosenttiosuutena koko pölyn määrässä. Teippimenetelmässä kerätään

teipin avulla pinnoilta pölynäytteitä. Pinta, jolta mittaus suoritetaan, voidaan puhdistaa ja antaa pölyntyä muutaman päivän ajan. Teippiin kertyneiden kuitujen määrä lasketaan stereomikroskoopin avulla ja tulokseksi saadaan kuitua/cm<sup>2</sup> tai kuitua/cm<sup>2</sup>, vrk. Alle 20 mikrometrin kuiduilla ei katsota olevan ärsyttävää vaikutusta, jolloin niitä ei huomioida tutkimuksissa. (Pietiläinen et al. 2007, s 150.)

Luovutus- ja käyttöönottovaiheessa voidaan suorittaa pistokoemaisesti mineraalikulujen pitoisuuksista tuloilmassa ja kertymistä huonepinnoille. Samoja mittauksia on hyvä suorittaa myös käyttö- ja ylläpitovaiheen aikana. Lisäksi noin puolen vuoden käytön jälkeen voidaan tarkastella myös muita luvussa 4.3 käsiteltyjä sisäilman kemiallisten aineiden pitoisuuksia. (Pietiläinen et al. 2007, s 149.)

### 4.3.3 Hiilidioksidi- ja radonpitoisuus

Kolmantena, sisäilmaston laatuun vaikuttavista tekijöistä käsitellään hiilidioksidi- ja radonkaasuja. Hiilidioksidin osalta käsitellään ihmisistä eli käyttäjistä peräisin olevaa hiilidioksidia ja sen pitoisuudentavoitearvoja (Sisäilmastoluokitus 2018, s 7). Radon taas on radioaktiivinen syöpää aiheuttava kaasu, jota esiintyy maaperässä. (STUK 2018.)

Sisäilman kohonnut hiilidioksidipitoisuus on seurausta tilan ilmanvaihdon riittämättömyydestä (Asumisterveysohje 2003). Hiilidioksidipitoisuuden merkityksestä terveydelle ei ole erillistä tarkkaa ohjearvoa, mutta Hengityслиiton (2018) mukaan toimenpiderajaarvona pidetään 2100 mikrogramman pitoisuutta kuutiota kohden, joka on n. 1150 mikrogrammaa ulkoilmaa suurempi pitoisuus. Olosuhteiden pysyvyyttä tarkastellaan hiilidioksidipitoisuuden yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla. Mittaus suositellaan standardin SFS 5412 (1987) mukaan tehtäväksi jatkuvilla ja rekisteröivillä mittauslaitteilla, joiden toiminta pohjautuu infrapunasäteilyn absorptioon. (Pietiläinen et al. 2007, s 151.)

Radonia kulkeutuu sisäilmaan rakennusten perustuksissa olevien rakojen kautta. Radon itsessään on hajuton, mauton ja väritön kaasu, eikä sitä voi aistia. Mittaaminen on ainoa tapa selvittää sisäilmaston radonpitoisuus. (STUK 2018.) Radonpitoisuus määritellään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 7.)

## 4.4 Ääniosuhteet

Rakennuksen ääniosuhteiden suunnittelu tehdään standardin SFS 5907 Rakennusten akustinen luokitus mukaan. Standardissa akustiset olosuhteet on jaettu kolmeen luokkaan A, B ja C. A-luokka vastaa korkeinta tavoitetasoa ja C-luokka vähimmäisvaatimustasoa. Jokaisen tilan akustinen luokka määritetään tilakohtaisesti. Tavoiteltaessa sisäilmastoluokkaa S2, pyritään vähintään luokkaan C, mutta tilakohtaisesti voidaan valita tavoitteita myös luokasta B. Sisäilmastoluokassa S1 tavoitetasona on luokka B, mutta tilakohtaisesti voidaan tavoitearvot valita myös luokista A tai C. Avotoimistojen osalta sovelletaan RIL

243-3:n ohjeita. Tutkimuksen luvun 2.2.1 taulukossa 5 on esitetty esimerkkejä S1-, S2- ja S3-luokkia vastaavista akustisen suunnittelun tavoitearvoista. Lisäksi standardista SFS 5907 löytyy lisää tavoitearvoja erilaisille poikkeus ja erityistapauksille. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 7)

Taulukon 5 alapuolella on esitetty ohjeet eri tavoitearvojen tarkasteluille. Erilaisin mittauksin voidaan tarkastella esimerkiksi puheen häiritsevyyttä, puheen siirtoindeksiä tai LVIS-laitteiden äänitasoja. Mittauksien suorituksissa tulee huomioida, että mittaus suoritetaan voimassa olevien standardien mukaisesti noudattaen Ympäristöministeriön ohjeistuksen mukaisilla etäisyyksillä. Rakentamismääräykset säätelevät rakennusten ja tilojen ääniolosuhteita riittävän hyvien ääniolosuhteiden saavuttamiseksi. Määräyksissä otetaan kantaa mm. rakennusten ääneneristykseen, tilojen akustiikkaan, sekä rakennusten oleskelu- ja piha-alueiden meluntorjuntaan. Määräyksissä painottuu viihtyvyydaspekti, eli ihmisten kokemus ääniympäristöstä. (Ympäristöministeriö, Rakennuksen ääniolosuhteet 2013.) Puheen häiritsevyysetäisyys mitataan ISO 3382-3 mukaan, jossa mittaluvut korvaavat jälkikaiunta-ajan käytön avotilatoimistoissa. Puheensiirtoindeksin ohjearvo taas on esitetty RIL 243-3-2008 ohjeessa. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 8- 9.) Ääniolosuhteiden tarkastuksia on hyvä suorittaa rakennushankkeen aikana pistokoemaisiin mittauksiin äänenpainotasojen osalta (Pietiläinen et al. 2007, s 149).

Akustisten olosuhteiden suunnittelusta on esitetty tarkempia ohjeita Suomen Rakennusinsinöörien liiton ohjeissa RIL 243-1-2007 Akustiikan perusteet, RIL 243-2-2007 Oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot ja RIL 243-3-2008 Toimistot. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 11.)

## 4.5 Valaistusolosuhteet

Toimivan valaistuksen perusteina ovat tilojen toiminnallisten vyöhykkeitä ja käyttötapaa tukevat valon määrät ja laatu. Rakentamismääräysten määrää, että valaistuksen tulee mahdollistaa tilassa tarkoitettujen näkötehtävien suorittaminen ja tukea tilan toimintoja (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2018). Sisäilmastoluokituksessa täsmennetään määräystä niin, että tiloille tulee valita niiden käyttötarkoituksen mukaiset valaistusvoimakkuuden, tasaisuuden, häikäisyindeksin ja värin-toistoindeksin arvot. Valinnassa noudatetaan standardin SFS-EN 12464-1 luvun 5 taulukoiden mukaisia arvoja. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 9.)

Valaistuksen suunnittelua ohjataan edellä mainitulla standardilla SFS-EN 12464-1. Standardissa on määritelty vähimmäisvaatimustaso valaistukselle, joten yleisvalaistussuunnittelu toteutetaan sisäilmastoluokissa S1 ja S2 samoilla kriteereillä. Lisäksi valaistuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon kiinteistön muuntojoustavuus tilojen käyttötarkoitusta tai toiminnallisia vyöhykkeitä muutettaessa (Pietiläinen et al. 2007, s 85). Standardin vähimmäistason lisäksi sisäilmastoluokituksen S1- ja S2-luokan asuintiloille on asetettu seuraavat lisävaatimukset (Sisäilmastoluokitus 2018, s 9):

- Asuintilojen keittiöiden ja kylpyhuoneiden työalueiden valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 300 luksia.
- S1-luokan asuin- ja oleskelutiloissa tulee olla himmentimellä ohjattu valaisinpiistorasia ja ikkunoissa säädettävä auringonsuojaus (esim. säleverhot tai markiisit).

Valaistuksen osalta päivänvalon hyödyntämisellä on positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia. Rakennuksen ja sen ikkunarakenteiden suunnittelussa on varmistuttava riittävästä näköyhteydestä sisältä ulos ja hyödynnettävä päivänvaloa mahdollisimman paljon (sisäilmastoluokitus 2018, s 11). Jos pyritään hyödyntämään runsaasti päivänvaloa, vähentyy kiinteän valaistuksen tarve, mutta toisaalta taas kesäisin jäähtymisen tarve kasvaa lämpösäteilyn vaikutuksesta. Sisäilmastoluokituksen (2018) mukaan auringon suoran säteilyn aiheuttama ylikämpeneminen sekä heijastukset ja häikäisy tulee pyrkiä huomioimaan ja estämään rakennuksen suunnittelussa. S1-luokan tiloissa onkin suositeltavaa käyttää säätyviä auringonsuojarakkaisuja (Sisäilmastoluokitus 2018, s 11). Valaistuksen osalta standardi EN 12464-1 määrittelee ohjearvot valaistusvoimakkuudelle, kiusahäikäisyydelle ja värinnoistolle. Keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea annettujen ohjearvojen alapuolelle valaisimien vanhenemisen, tai sisäilmasto-olosuhteiden muuttumisen vaikutuksesta. Laitteiden vanhenemisesta johtuva valaistuksen heikentyminen, sekä huonepintojen likaantuminen on huomioitu alenemakertoimella ohjearvoissa. (Pietiläinen et al. 2007, s 104 - 105.)

Valaistuksen osalta voidaan suorittaa tarkastusmittauksia esimerkiksi valaistusvoimakkuuden osalta. Saatuja arvoja verrataan suositusarvoihin tai määräyksiin. Valaistuksen ohjausjärjestelmän toimintakokeilla varmistetaan ohjaussignaalien kulku tarkoitetuille kohteille. Ulkovalaistuksen osalta varmistetaan ajallisen ohjauksen, sekä valoisuuden mukainen toiminta. Lisäksi valaistushuollon arvioiminen rakennuksen käytön aikana on keskeinen tarkastuskohta. (Pietiläinen et al. 2007, s 116 ja 131.)

## 4.6 Talotekniset järjestelmät

Taloteknisillä järjestelmillä tarkoitetaan kiinteistön teknisten järjestelmien ja laitteiden muodostamaa kokonaisuutta. LVI-laitteilla hallitaan pääasiassa rakennuksen lämmitystä ja jäähdytystä, ilmanvaihtoa, sekä vesi- ja viemärihuoltoa. Toiminnan päämääränä on luoda rakennukseen hallitut terveelliset sisäolosuhteet. Taloteknisillä järjestelmillä, ja erityisesti ilmanvaihdolla, on suuri merkitys hyvän ja toimivan sisäilman saavuttamiselle (Ympäristöministeriö, Talotekniset järjestelmät 2013.)

Taloteknisten järjestelmien osalta tehdään yleensä oma työselostus, jossa kuvataan urakkaohjelman mukaiset työsuoritukset laajuudessaan. Taloteknisessä työselostuksessa tulisi esittää ainakin seuraavat asiat (Pietiläinen et al. 2007, s 92 ja 94):

- sisäilmastovaatimukset
- mittauslämpötilat eri vuodenaikoina huone- ja ulkolämpötilojen osalta
- vetokriteerit huonetiloille
- sallittu äänenpainotaso huoneissa
- laatuvaatimukset (kanavien ja laitteiden tiiveydet ja pintakäsittely, sekä puhtaus ja puhdistamisvaatimukset)
- ilmanvaihtojärjestelmien luovutus- ja vastaanottomenettelyn kuvaus

Taloteknisten järjestelmien vastaanottomenettely koostuu monista eri vaiheista ja tarkastuksista, jotka kestävät yleensä läpi hankkeen aina takuuajalle asti (RT 10-11302 2018). Vastaanottomenettelyn kuvaukseen tulee sisällyttää laitteiden ja asennustapojen tarkastuksien kuvaus. Toimintatarkastuksia ja toimintakoevalmius laitteille tulee varmistaa eri urakoiden osalta, jonka jälkeen suoritetaan järjestelmien toimintakokeet. Toimintakokeiden jälkeen järjestelmään tehdään tarvittavat säädöt, mittaukset ja viritystoimenpiteet tavoitellun toiminnan mukaisesti. Kiinteistön huolto-, ylläpito- ja käyttöhenkilöt koulutetaan järjestelmän oikeaan käyttämiseen. Lopuksi suoritetaan järjestelmien yhteiskoeikäytökokeet ja tarkastusmittaukset. Tarkastusmittausten osalta on tärkeitä määritellä käyttöolosuhteet, mittauspaikat, -tavat ja -välineet, sekä mittausten kestoajat. Koko edellä esitetty toimintaketju on aikataulutettava niin, että mahdollisille puutteille ja korjauksille jää riittävästi aikaa. (Pietiläinen et al. 2007, s 94.) Vastaanottomenettelyyn ja käyttöönottoon sisältyviä tehtäviä ovat mm. (RT 10-11302 2018):

- laite- ja materiaalihyväksynät
- urakoitsijoiden työsuunnitelmat
- malliasennukset
- laite-, materiaali- ja asennustarkastukset
- urakoitsijoiden tarkesuunnitelmat
- paine- ja tiiviyskokeet
- putkistojen huuhtelu ja kanaviston puhdistus
- urakoitsijoiden toimintatarkastukset
- rakennuttajan toimintakokeet
- järjestelmien virtauksien säätötyöt
- rakennusautomaatiojärjestelmän parametrien asettelu ja viritys
- mittaukset ja tarkastusmittaukset
- koekäytöt ja kuormituskokeet
- viranomaistarkastukset
- toimivuustarkastukset



Huomioitavaa on, että rakennuksen taloteknisten järjestelmien ja erityisestilämmitysjärjestelmän säätöjä tulee yleensä optimoida myös käytön aikana. Optimointia tulee suorittaa esimerkiksi, kun ulkolämpötila on riittävän matalalla. Käyttöönottoaiheessa vaipan mittauksen lisäksi, voidaan tarkastella rakennuksen sisälämpötiloja eri tiloissa, ja tehdä huomioita lämmitysjärjestelmän toiminnasta. (Pietiläinen et al. 2007, s 113.)

#### 4.6.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tulee toteuttaa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma oleskelutiloissa. Ilmanvaihto tulee suunnitella niin, että sen keskeisiä toimintoja voidaan mitata, ohjata ja seurata. Järjestelmän tulee kestää sille suunniteltu käyttöikä oikein käytettynä, huollettuna ja kunnossapidettynä. Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmä tulee pystyä kokonaisuudessaan pysäyttämään, tai sulkemaan järjestelmästä riippuen. (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017.)

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (2017) on säädetty ilmanvaihtuvuudeksi  $6 \text{ dm}^3/\text{s}$  henkilöä kohti, mikäli tilan käyttötarkoitus ei vaadi lisäilmavirran tarvetta. Normaalin käyttöajan ulkopuolella tulee rakennuksen ilman vaihtua keskimäärin  $0,15\text{-}0,2 \text{ dm}^3/\text{s}, \text{m}^2$ . Ilman tulee vaihtua kaikissa huonetiloissa niin, ettei paine-ero ulko- ja sisäilman välillä muutu ilmanvaihdon takia. Tilojen painetasojen osalta on määritelty, että rakennukseen ei saa ylipaineen vuoksi aiheutua pitkäaikaista rakenteita vaurioittavaa kosteusrasitusta, eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017). Minimi-ilmanvaihto mahdollistaa rakennuksesta peräisin olevien epäpuhtauksien poistumisen. Minimi-ilmanvaihtoa saa käyttää ainoastaan silloin, kun tiloissa ei ole käyttäjiä, tai muita henkilöitä. Mikäli jollain ajanjaksoilla käytetään minimi-ilmanvaihtoa, tulee ilmanvaihdon olla normaaliteholla toimivana vähintään kaksi tuntia ennen käyttäjien saapumista rakennukseen. Lisäksi siivouksen aikana tulee ilmanvaihdon olla normaalikäytön mukainen. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 15 - 16.)

Ilmanvaihtojärjestelmän osalta on tärkeätä varmistua, että vastaan- ja käyttöönottoaiheessa laitteiston toimivuutta voidaan todentaa mittauksilla. Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys tulee mitata ennen käyttöönottoa. Ilmanvaihtojärjestelmän tiiviys vaikuttaa keskeisesti ilmanvaihdon toimivuuteen. Heikko tiiviys huonontaa ilmanvaihdon tehokkuutta ja heikentää siten myös koko rakennuksen energiatehokkuutta. (Pietiläinen et al. 2007, s 81 - 82 ja 100.) Lisäksi rakennusvaiheen vastuuhenkilön tulee tehdä merkintä tarkastusasiakirjaan tiiviyn suunnitelmanmukaisuudesta (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017). Mittauksen tarkoituksen on, että tilaajan on pystyttävä toteamaan järjestelmän toiminta hyväksyttäväksi tavoitellun sisäilmaston ja energiatehokkuuden osalta (Pietiläinen et al. 2007, s 102 - 103). Taustalla vaikuttaa Ympäristöministeriön asetus, jonka mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia ennen käyttöönottoa, että ilmanvaihtojärjestelmän osalta ilmavirrat on mitattu ja

säädetty. Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon tulee olla määritetty ja ilmanvaihtojärjestelmän olla toteutukseltaan suunnitelmien mukainen (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017). Taulukossa 11 on esitetty ilmanvaihtojärjestelmän eri tekijöiden riskejä.

**Taulukko 11:** Ilmanvaihtojärjestelmän riskikohtia (Pietiläinen et al. 2007, s 47)

<b>Tekijä</b>	<b>Mahdollinen vaikutus energiankulutukseen tai sisäilmastoon</b>	<b>Prosessin vaihe, jossa ongelmaan vaikutetaan</b>
Ikkunapuitteisiin tai ulkoseiniin asennetut ulkoilmaventtiilit	Veto	Suunnitteluratkaisu
Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä	Liian pienet ilmamäärät	Järjestelmävalinta ja mitoitus
Ulkoilmaventtiilit lattialämmityksen yhteydessä	Veto	Suunnittelu
Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä, pienessä asunnossa	Ylisuuret ilmamäärät	Suunnittelu ja säätö
Ulkoilmaventtiili lämmityspatterin takana	Huolto, säätö ja kunnossapito vaikeaa	Suunnitteluratkaisu
Puutteet ulkovaipan höyrysulussa ja/tai väärin tasa-painotettu IV-järjestelmä	Vaipparakenteiden läpi tulevat ilmuuodot	Asennus, säädöt
Käyttäjä kuristaa tuloilmamääriä	Vuotoilman osuus kasvaa	Säädöt, ohjeistus
Tuloilmamäärän pienentäminen kovilla pakkasilla	Rakenteiden jäähtyminen ilmuuotokohdissa	Suunnitteludetaljit, asennustapa
Tuloilmaelimien väärä sijainti tai väärä heittokuvio	Alentunut lämpöihtiisyys	Laitevalinnat
Samanaikainen vaikutusalueella erityyppisten tilojen säätö toisen tilan anturilla	Toisen tilan olosuhteita ei saada hallintaan	Suunnitteluratkaisut
Yhtäaikainen lämmitys ja jäähtyminen IV-koneilla	Energiankulutus kasvaa	Järjestelmien integrointi

Ilmanvaihtojärjestelmien ja kanavien tiivyyden osalta on määritelty suurimmat sallitut vuotoilmanvirrat vaipan pinta-alaa kohden tietyllä koepaineella. Määrittely on jaettu eri tiiviysluokkiin A-E. Taulukossa 12 on esitetty Suomen säädöskokoelman 1009/2017 kohdan 19 § mukaisesti eri tiiviysluokat. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän on oltava luja ja tiiviydeltään vähintään tiiviysluokan B täyttävä. (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017.)

**Taulukko 12:** Ilmanvaihdon tiiviysluokat (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017).

Tiiviysluokka	Sallittu vuotoilma enintään $q_{VIA}$ m <sup>3</sup> /s/m <sup>2</sup>
A	$0,027 \times p_s^{0,65}$
B	$0,009 \times p_s^{0,65}$
C	$0,003 \times p_s^{0,65}$
D	$0,001 \times p_s^{0,65}$
E	$0,0003 \times p_s^{0,65}$

Ilmanvaihdon suunnittelussa tulee taso- ja leikkauspiirustuksiin merkitä huonekohtaiset tulo- ja poistoilmanvirrat, sekä kanavistojen suunnitellut painetasot. Lisäksi kuvissa tulee esittää mittauspisteiden ja –laitteiden sijainnit. Toiminta- ja säätökaavioissa taas tulee esittää eri ilmanvaihtojärjestelmien vaikutusalueet rakennuksessa ja järjestelmän toiminta eri vuodenaikoina kuormituksen vaihdella. Tarkemmin ilmanvaihdon suunnittelua ja suunnittelussa huomioitavia asioita on esitetty Sisäilmastoluokituksen (2018) mukaisesti tutkimuksen luvussa 2.2.2. (Pietiläinen et al. 2007, s 93.)

Laite- ja asennustapataarkastusten kautta voidaan tarkastaa perinteisen työmaavalvonnan mukaisesti varastointia osien suojauksen ja likaantumisen kannalta. Pistokoemaisia tarkastuksia voidaan toteuttaa asennuksien ja asennusaikaisen kuntotason valvomisella. Sisäilmastoluokituksen (2018) ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitusta M1 käytettäessä, voidaan tarkastaa, että työmaalla olevissa tuotteista löytyy hyväksymismerkinnät. Mittauksin voidaan tarkastaa edellä mainitun puhtausluokituksen asettamien vaatimusten ja raja-arvojen täyttymistä kanaville ja kanavien osille. Raja-arvot eri epäpuhtauksille on esitetty tämän tutkimuksen luvussa 2.2.3 taulukossa 8. Lisäksi, normaalin työmaavalvonnan yhteydessä voidaan suorittaa pistotarkastuksia säätölaitteiden ja mittareiden osalta. Tarkastukset suoritetaan valmistajien ohjeiden mukaisien asennustapojen ja suojaetäisyyksien tarkastuksina. Sijoittelun osalta on määritelty esimerkiksi seuraavia yleispäteviä vaatimuksia (Pietiläinen et al. 2007, s 102 - 103; Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017.):

- Ulkoilmaa ei saa ottaa ilmanlaatua heikentävän rakenteen tai rakennusosan kautta tai ulkoilman laatua pilaavien lähteiden läheisyydestä
- Ulkoilmalaitteiden kautta ei saa päästä ilmanvaihtojärjestelmään siinä määrin lunta tai sadevettä, että se aiheuttaisi vahinkoa järjestelmälle tai ilman laadulle tai haittaisi järjestelmän toimintaa

Hyväksyttävät poikkeamat suunnitteluarvoista, jotka sisältävät mittausepävarmuuden (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017):

- Ilmavirta järjestelmä- ja huonekohtaisesti  $\pm 10 \%$

- Ilmavirta huonekohtaisesti  $\pm 20 \%$ , kuitenkin niin, että poikkeama olla maksimissaan  $1 \text{ dm}^3/\text{s}$
- Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho  $\pm 10 \%$

#### 4.6.2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaation perustarkoituksena on hallita rakennuksen energiankulutusta. Pyrkimyksenä on ohjata energiankulutusta niin, että rakennukselle asetetut energiankulutuksen tavoitteet täyttyvät. Lisäksi automaatiojärjestelmä hallitsee korkeamman tason toimintoja ja tietämystä. (Pietiläinen et al. 2007, s 86.)

Uuden teknologian ja sovellusten käyttäminen aiheuttaa yleensä ongelmia rakennusautomaation kanssa. Rakennusautomaation tulee yhdistää ja toimia linkkinä eri alojen välillä, toimivan kokonaisuuden aikaansaamiseksi. Usein ongelmaksi muodostuu tiedonvaihdon puute ja eri osapuolien yhteistyön puute tai tietämys käytön, huollon, ylläpidon ja tietohallinnon osalta. (Pietiläinen et al. 2007, s 87.)

Rakennusautomaation osalta on keskeistä selvittää lähtötiedot ja laatumääritykset. Lähtötietoja ja laatuvaatimuksia täsmennetään järjestelmän vaatimuksilla, tavoitellulla laajuudella ja toimenpiteillä, jotka määrittävät halutut olosuhteet ja toiminnan eri tilanteissa. Kehykset automaation valinnoille ja toteutukselle asettavat rakennuttaja, käyttäjä, LVI- ja sähkösuunnittelija. Edellä mainitut vaatimukset kootaan yhteen asiakirjaan käyttäjävaatimukset-dokumentiksi. Asiakirjaa käytetään työselostuksen ja automaationkilpailutuksen pohjana. (Pietiläinen et al. 2007, s 87.)

Kuten LVI-järjestelmissä, peruseriaatteena on tarkastaa hankitun laitteiston sopimuskäsitteellisyys ja -vastaavuus. Ennen rakennusautomaation käyttöönottoa tulee varmistua, että talotekniikan osalta vastaanottomenettely on toteutettu asianmukaisesti. Vastaanottomenettelyn keskeisimmät vaiheet ovat laite- ja asennustapatarkastukset, toimintakokeet, koekäyttö ja vastaanottotarkastus. Rakennusautomaation laadunvarmistusta tulee suorittaa koko rakentamisen ajan alakeskukset ja kenttälaitteiden vaiheittaisina tarkastuksina. Järjestelmien osalta on keskeistä, että laitteet on sijoitettu ja asennettu oikein, sekä asennusmateriaalien ja asennuksien täyttävän viranomaisten ja urakkaohjelman mukaiset vaatimukset. (Pietiläinen et al. 2007, s 117.)

Rakentamisen lopussa tulisi pitää loppukatselmus, jossa hyväksytään kaikki järjestelmille asetetut tavoitteet. Katselmukseen osallistuu myös tilaaja. Loppukatselmuksen tarkistukset kohdistuvat pääasiassa asennuksiin, mittauksiin ja suunnitelmiin. Asennuksien osalta varmistettavia asioita ovat anturit ja kenttälaitteet, alakeskukset, valvomo ja oheislaitteet ja kaapelointityöt. Mittausten osalta varmistettavia asioita ovat väylien ja verkon puhtauksien mittaukset. Suunnitelmien osalta läpikäytäviä asioita ovat järjestelmien omat tulosteet testeissä, toimintakokeen suunnitelmat, huoltohenkilöstön ja käyttäjien perehdyttämisen ja koulutuksen suunnitelmien sisältö. (Pietiläinen et al. 2007, s 105 - 106.)

Automaation osalta on lisäksi varmistettava, että lämmitys- ja jäähdytysverkot on esisäädetty. Ilmanvaihtokoneet, kanavistot ja ilmanjakolaitteet tulee puhdistaa asennusjätteistä. Muita varmistettavia asioita on koneiden ohjausten, pyörimissuuntien, lukituksien ja hälytyksien tarkastaminen, joka suoritetaan pääasiallisesti urakoitsijan toimesta. Lopuksi tulee varmistua, että sovitut ohjeisasetusarvot on asetettu ja järjestelmä esiviritetty. (Pietiläinen et al. 2007, s 106.)

Käyttö- ja huolto-ohjeiden tarkastuksia on suoritettava vähimmäisvaatimuksena rakentamismääräyskokoelman määräämässä laajuudessa. Määräykset velvoittavat käytönopastuksen ja koulutuksen saaneiden henkilöiden osallistumisen toimintakokeeseen ja laatimaan automaatiojärjestelmästä kirjalliset käyttö- ja huolto-ohjeet suomenkielellä. Määräysten lisäksi, käyttöhenkilökunnalle olisi hyvä antaa peruskoulutus automaatiojärjestelmästä, järjestelmäkoulutus ja suunnitella takuuajaiset koulutukset. (Pietiläinen et al. 2007, s 118.)

### **4.6.3 Vesi ja viemärointi**

Vesi- ja viemärlaitteistojen toiminnan tarkoituksena on johtaa turvallisesti puhdasta vettä kiinteistön käyttäjille ja poistaa jätevedet. Kiinteistön viemärihuoltoon kuuluu myös keskeisesti sadevesien ja perustusten kuivatusvesien poisjohtaminen kiinteistön alueelta. (Ympäristöministeriö, asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista 2017). Sadevesien torjunta ja poisvieminen ovat erityisen tärkeää rakentamisvaiheen aikana, jonka pyrkimyksenä on runkorakenteiden ja eristetilojen estäminen kastumiselta (Sisäilmastoluokitus 2018, s 12).

Vesilaitteiston osalta täytettävät vaatimukset on esitetty Ympäristöministeriön (2017) asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Lisäksi vesilaitteita koskee Ympäristöministeriön (2017) asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta, jossa määrätään laitteistot rakennettavaksi ja varusteltavaksi niin, että mahdollinen vesivuoto pystytään havaitsemaan, tarkastamaan, korjaamaan, tai tarvittaessa uusimaan. Hulevesijärjestelmien laadunvarmistuksessa taas on keskeistä varmistua, ettei järjestelmä aiheuta vahingon- tai tapaturmanvaaraa eikä tulvimista. (Pietiläinen et al. 2007, s 82 ja 94 - 95.)

Ympäristöministeriön (2017) asetuksen rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista mukaan, tulee vesijärjestelmille suorittaa laadunvarmistustarkastuksia. Suoritettavia tarkastuksia viemäripuolella ovat esimerkiksi vesilaitteistojen tiiviyn varmistaminen painekokein, sekä vesijohtolaitteistojen huuhtelu ennen käyttöönottoa. Viemärlaitteistojen osalta on varmistettava mitoituksen, sijoituksen, padotuskorkeuden, vesilukkojen, tuuletuksen, sekä puhdistusyhteyden vaatimusten mukainen täytyminen. Lisäksi voidaan tarkastaa lämpö- ja vesijohtojen lämmön- ja kosteudeneristeitä. Viemärlaitteistojen ääneneristysvaatimuksien täytyminen tulee myös varmistaa. Sadevesi- ja salaojajärjestelmien

osalta keskeiset määräykset ja vaatimukset koskevat eritoten huolto- ja korjausnäkökoh-  
tien huomioimista. (Pietiläinen et al. 2007, s 95 ja 102 - 103; Ympäristöministeriö, asetus  
rakennusten vesi- ja viemäri-laitteistoista 2017.)

## 4.7 Energiatehokkuus

Käyttäjän tarpeet määrittyvät vaatimusten asettamisen yhteydessä, mikä vaikuttaa siihen millainen energiaterhokkuustaso rakennukselle on mahdollista saavuttaa. Rakennuksen energiaterhokkuuteen vaikuttaa monet seikat. Esimerkiksi rakennuksen muodolla on vaikutusta ulkopinnan määrään, mikä vaikuttaa vaipan lämpöhäviöihin. Ilmanvaihdon vakio- tai muuttuvailmavirtainen järjestelmä ja sisäilmaston haluttu lämpötila ja puhtaus vaikuttavat myös keskeisesti rakennuksen mahdolliseen energiaterhokkuustasoon. Edellä mainittujen lisäksi, rakennuksen käyttömäärät ja -ajat, sekä rakennusautomaatiojärjestelmän hyödyntäminen vaikuttavat keskeisesti energiaterhokkuuteen. Erilaisten julkisten rakennusten käyttöastetta on pyritty nostamaan, joka on johtanut esimerkiksi koulurakennusten iltakäytön kasvamiseen. Sisäilmaongelmien ja -vaurioiden välttämiseksi rakennusten ilmanvaihtoa on pyritty kasvattamaan lisääntyneen käytön seurauksena. Useasti myös peruskorjausten yhteydessä kasvatetaan rakennuksen varustelua esimerkiksi jäähdytyksen osalta, jolloin rakennuksen energiankulutus kasvaa. (Pietiläinen et al. 2007, s 20 - 21 ja 64.)

Rakennusten energiaterhokkuudelle on määritelty Euroopassa energiaterhokkuusdirektiivin (2010/31/EU) mukaisesti kansallisia luokituksia. Tämän johdosta yksinkertaistettuna tilaaja voi määrittellä haluavansa esimerkiksi energiaterhokkuudeltaan B-luokan rakennuksen (Pietiläinen et al. 2007, s 62). Energiaterhokkuuden osalta on tärkeää esittää, miten asetettu tavoitetaso on laskettu ja sen numeeriset arvot. Laskennan lähtötiedot tulee esittää selkeästi. Lähtötietoja laskennalle ovat esimerkiksi sääolosuhteet, sisäiset lämpöenergiat, ilmavirrat ja niiden käyttöajat ja laitteiden hyötysuhteet. Rakennusten energialaskentaa varten on kehitetty uusi testivuosi (TRY2012), joka korvaa aiemmin käytetyn testivuoden 1979. Uuden testivuoden tuntikohtaiset sääaineistot energialaskennan vyöhykkeillä I–II, III ja IV muodostettiin Vantaalla, Jyväskylässä ja Sodankylässä vuosina 1980–2009 tehtyjen säähavaintojen perusteella (Ilmatieteenlaitos et al. 2011). Rakennuksen bruttopinta-alaa laskettaessa taas tulee käyttää standardin SFS 5139 (2011) mukaisesti määriteltyjä rakennuksen bruttopinta-alaa tulosten vertailukelpoisuuden takia. (Pietiläinen et al. 2007, s 62 - 63.)

Rakennuksen energiankulutus tulisi mahdollisuuksien mukaan yksilöidä kokonaisenergiakulutustavoitteen lisäksi seuraavien osakokonaisuuksien osalta (Pietiläinen et al. 2007, s 63):

- huonetilojen lämmitysenergia (kWh/m<sup>2</sup>a)
- jäähdytysenergia (kWh/m<sup>2</sup>a)
- koneellisen ilmanvaihdon lämmitysenergia (kWh/m<sup>2</sup>a)

- lämpimän käyttöveden kulutus (m<sup>3</sup>/a)
- LVI-laitteiden sähkönkulutus (kWh, kWh/m<sup>2</sup>a)
- valaistusenergiankulutus (kWh/m<sup>2</sup>a)

Mikäli halutaan varmistua rakennukselle asetettujen energiatehokkuusvaatimusten täytymisestä, tulisi energiankulutusta mitata riittävän yksityiskohtaisesti. Mittauksia tulisi tehdä ainakin seuraavien asioiden osalta (Pietiläinen et al. 2007, s 64):

- tilojen lämmityksen energiankulutus
- ilmanvaihdon energian kulutus
- käyttöveden lämmityksen energiankulutus
- jäädytyksen energiankulutus
- valaistuksen energiankulutus
- LVI-laitteiden energiankulutus
- suurten energiankulutuskohteiden kulutukset (esim. tietokoneet, laitoskeittiöt)

Kiinteistön seurantamittaukset kulutuksen ja olosuhdeseurannan osalta tulee mitata keskeisiä suureita ja mitattu tieto tulee liittää rakennuksen käyttö- ja kulutusraporttiin. Lisäksi tulosten tulee olla sellaisessa muodossa, että kiinteistönhoidosta vastaava henkilö pystyy saamaan käsityksen energiakulutuksesta, sisäolosuhteista ja poikkeamista tavoitearvoihin. Tämän takia kulutusseurannan jakaminen pienempiin osakokonaisuuksiin auttaa poikkeamien ja vikojen kohdentamisessa ja korjauksessa. (Pietiläinen et al. 2007, s 33.)

Rakennuksen oikean toiminnan jatkuvassa varmistamisessa tulee huomioida laitteiden vanhenemisen aiheuttamat ongelmat. Jatkuvan varmistamisen mittaukset voidaan jaotella jatkuviin, rekisteröiviin ja kertamittauksiin. Rekisteröiviä mittauksia tulisi eritoten olla riittävä määrä. (Pietiläinen et al. 2007, s 36.)

Rakennuksen ensimmäistä käyttövuotta pidetään rakennuksen käytön asettumisen aikana, jossa järjestelmät optimoidaan ja parametrit hienosäädetään rakennuksen käytölle. Ennen tätä suoritetaan rakennukselle toimintakokeet. Edellä mainitun rakennuksen asettumisen johdosta, kyseiset toimintakokeet eivät voi olla kaiken kattavia. Toimintakokeissa mitataan yleensä ilmanvaihdon tilavuusvirrat maksimitilanteessa, lämpötiloja, laitteiden toimintaa ja painetasoja. Eri komponentit tuleekin käytönaikana säätää toimimaan kyseisissä olosuhteissa (yli-/alimitoitus). (Pietiläinen et al. 2007, s 111.)

Rakennuksen lämmön-, sähkön- ja vedenkulutuksen seuraamisella ja vertailulla vastaviin kohteisiin luo pohjan energiatehokkuuden arvioimiselle ja varmistamiselle. Vertailussa voidaan käyttää koko rakennukselle laskettuja ominaiskulutuslukuja kWh/m<sup>2</sup>, kWh/m<sup>3</sup> tai kWh/suorite. Näin voidaan havaita mahdolliset poikkeamat ja pyrkiä selvittämään poikkeaman aiheuttavat tekijät. Tarkka kiinteistön kulutusten seuranta luo myös

pohjan tulevien investointien kannattavuuden arvioimiselle. (Pietiläinen et al. 2007, s 122 ja 124.)

Nykyisin rakennuksella tulee olla energiatodistus haettaessa rakennuslupaa uudisrakennukselle. Todistuksella on tarkoitus osoittaa rakennuksen arvioitu energiatehokkuus. Energiatodistuksessa käytetään kirjaimia A-G eri energiatehokkuusluokkien tunnuksina (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017). Ennen rakennuksen käyttöönottoa, energiatodistus korvataan päivitetyllä todistuksella. Energiatodistus määrittelee rakennuksille energiatehokkuuden. Energiantehokkuuden kuvaamiseen käytetään E-lukua, joka kertoo käyttäjästä riippumatta, rakennuksen vakioidun käytön vuotuisen ostoenergiankulutuksen lämmitettyä nettoalaa kohden. Rakennuksen energiamuoto vaikuttaa keskeisesti E-lukuun, sillä eri energianmuodoille on omat painokerroimet. Perimmäisenä tarkoituksena energiatehokkuutta koskevalla lainsäädännöllä on edistää uusiutuvan energian käyttöä ja vähentää hiilidioksidin päästöjä. Energiatodistus toimii myös työkaluna eri rakennusten vertailuun. (LVI 02-10622 2018.)

## 4.8 Kiinteistön käyttö ja ylläpito

Rakennuksen todellinen toimivuus, sekä asetettujen tavoitteiden täyttyminen päästään toteamaan vasta rakennuksen käytön aikana. Sisäilmaston toimintaa ja tasoa on esimerkiksi vaikea todeta luovutushetkellä. Tietoa käytöstä ja toteutumasta saadaan vasta rakennuksen käytön aikana (Pietiläinen et al. 2007, s 107). Rakennuksen asettumien voi kestää yllättävän kauan, minkä vuoksi rakennuksen normaali tasapainotila saatetaan saavuttaa vasta 1-2 vuoden käytön jälkeen. Ennen tasapainotilaa oleva asettumisvaihe on tärkeä osa rakennuksen ohjaamiseen oikeaan käyttöön. Tässä vaiheessa rakennuksen huolto- ja ylläpito henkilöstö nousevat avainasemaan rakennuksen toimivuuden ja toiminnan kannalta. Hankkeen alkuvaiheessa kiinteistön hoito-organisaatiota ei ole usein valittuna, jolloin järjestelmien vaatimukset huollon ja kunnossapidon osalta useasti aliarvioidaan. Huolto- ja ylläpito henkilöstö tulisi ottaa tiiviisti mukaan laadunvarmistustoimintaan ja samalla on huolehdittava heidän perehdyttämisestä niin sanottuina loppukäyttäjinä rakennuksen oikeaan käyttöön. (Pietiläinen et al. 2007, s 26 ja 119.)

Rakennusalalla käyttäjien ammattitaito ja yleistieto rakentamisesta on usein varsin puutteellista (Nyman et al. 2005). Toiseksi, kiinteistön huoltomiehet vaihtuvat usein, jolloin yhdelle ihmiselle ei muodostu pitkäaikaista tietämystä ja kokemusta rakennuksesta, vaan uusi henkilö joutuu aina perehtymään uudelleen kohteeseen. Kiinteistöhuollon koulutus järjestetään yleensä käyttöönottovaiheessa. Pietiläisen (2007) mukaan huoltomiesten näkökulmasta kaksi koulutuksen keskeistä puutetta ovat olleet koulutusjakson lyhyys ja koulutuksen pintapuolisuus huomioimatta koulutettavan lähtötasoa. (Pietiläinen et al. 2007, s 55.)

Rakennuksen käyttöönoton jälkeen käyttäjät arvioivat rakennuksen toimintaan omasta näkökulmastaan. Käyttäjiltä saatava palaute rakennuksen toiminnasta on tärkeätä,



mutta tulee kuitenkin muistaa, että on epätodennäköistä saada kaikki käyttäjät täysin tyytyväisiksi. Asia johtuu lähinnä käyttäjien keskinäisistä eroista, jolloin toista miellyttävä ratkaisu ei toisen mielestä ole välttämättä paras mahdollinen. Käyttäjiltä saatavat tiedot ja havaitut poikkeamat ja niiden syyt tulee kirjata ylös. Järjestelmien jatkuvaan toiminnan varmistamiseen sisältyy käyttäjien tyytyväisyyden seuraaminen ja epäkohtien korjaaminen. Liitteessä C on esitetty esimerkki käyttäjäkysely lomakkeesta. (Pietiläinen et al. 2007, s 130.)

Rakennuksen häiriötön käyttäminen ja toiminta pyritään varmistamaan erilaisin keinoin. Rakennuksesta tulee olla rakennuskohtaiset käyttöohjeet, jotka sisältävät kaikki käytön ja ylläpidon osalta keskeisimmät tiedot. Käyttöhenkilöstön tulee myös hallita esimerkiksi taloteknisten järjestelmien käyttö, eli heidät on perehdytetty rakennuksen järjestelmien käyttöön. Teknistä toimivuutta voidaan varmistaa eri järjestelmien toimivan yhdessä ja erikseen oikein, sekä kyseisessä vaipassa. Mittauksin tehtävää laadunvarmistusta voidaan toteuttaa esimerkiksi järjestämällä kuukausittainen energiakulutuksen seuranta ja tulosten analysointi. Lisäksi voidaan järjestää laadunvarmistukseen määriteltyjen antureiden ja suureiden osalta seurausmittauksia esimerkiksi vertaamalla olosuhteiden toteutuneita arvoja suunniteltuihin. (Pietiläinen et al. 2007, s 119.) Sisäilmastoluokitusta (2018) voidaan hyödyntää kiinteistöhoitosopimuksissa ja niissä toteutusmuodoissa, joissa kiinteistöhoito on sisällytetty sopimukseen. Mikäli kiinteistöhoitoon sovelletaan sisäympäristön tavoitearvoja, on varmistettava, että kohde on alun alkaen suunniteltu ja toteutettu kyseisten tavoitteiden mahdollistavalla tavalla. Taulukossa 13 on esitetty rakennuksen käytön ja kiinteistöhoiton ajalle ja sopimukseen soveltuvat suureet. (Sisäilmastoluokitus 2018, s 9.)

**Taulukko 13:** Kiinteistöhoitoon ja rakennuksen käytön ajalle soveltuvat suureet (Sisäilmastoluokitus 2018, s 9).

- Huonelämpötila (operatiivinen lämpötila)
- Ilman liikenopeus
- Mitoitusilmavirta
- Lämmitys- ja ilmastointilaitteiden äänitaso
- Ääniolosuhteita koskevat suureet
- Valaistusvoimakkuus
- Radonpitoisuus
- Hiilidioksidipitoisuus.

Kiinteistön käyttö- ja huolto-ohjeet kootaan huoltokirjaan. Huoltokirja on keskeinen apuväline rakennuksen linkaaren hallintaan ja sisältää perustietojen lisäksi tietoa kiinteistön hoidosta, huollosta, kunnossapidosta ja korjauksista (RT 18-10742 2001). Huoltokirjaan merkittäviä mitattavia suureita ovat esimerkiksi poistoilman lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen, lämmön ja sähkön ominaiskulutukset ja keskeisten järjestelmien lämpötilat. (Pietiläinen et al. 2007, s 33 - 34.)

Huoltokirjassa tulisi esittää tavoitteet ja vaatimukset kiinteistön eri toiminnan mittareille. Esimerkiksi käyttövaiheen energiakustannusten perusteella voidaan seurata tavoitellun käytön toteutumista. Koulutuksen puutteellisuuden vuoksi esimerkiksi rakennusautomaatiojärjestelmien ominaisuuksia ja potentiaalia ei osata hyödyntää tehokkaasti, vaan ainoastaan perustasolla. Koulutuksen tavoitteena tulisi olla kiinteistön tavoitellun käytön varmistamisen riittävä osaaminen erilaisin ja tarvittavin koulutusaineistoin ja käyttöohjein. Nykyään voidaan hyödyntää internetin kautta jaettavia ohjeita ja oppaita, joiden ajantasaiset päivitykset ovat helposti toteutettavissa. (Pietiläinen et al. 2007, s 56.)

Käyttö- ja huolto-ohjeiden tarkastuksia on suoritettava vähimmäisvaatimuksena rakentamismääräyskokoelman määräämässä laajuudessa. Määräykset velvoittavat käytönopastuksen ja koulutuksen saaneiden henkilöiden osallistumisen toimintakokeeseen ja laatimaan automaatiojärjestelmästä kirjalliset käyttö- ja huolto-ohjeet suomenkielellä. Määräysten lisäksi käyttöhenkilökunnalle olisi hyvä antaa peruskoulutus automaatiojärjestelmästä ja suunnitella takuuajaiset koulutukset. (Pietiläinen et al. 2007, s 118.)

## 5. AINEISTOKERUUN JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 5.1 Rakentamisen laadulliset puutteet tutkimuksen kohteena

Tutkimukseni perustuu rakennusalan ammattilaisten kertomiin kokemuksiin sisäilmastoa heikentävistä tekijöistä. Tutkittavat omaavat usean vuoden ja rakennushankkeen kokemuksen rakentamisesta. Kokemusperäisen tiedon tutkimisen kautta pyritään listaamaan rakennuksien sisäilmastoon vaikuttavia ongelmia, virheitä ja puutteita monista erilaisista hankkeista. Tutkimuksen varsinaisia vaiheita ovat havaintojen tuottaminen ja niiden ymmärrettäväksi tekeminen. (Alasuutari 2001.) Tutkimusprosessin edetessä on tyypillistä, että laadullinen tutkimus muuttuu ja tarkentuu tutkijan ymmärryksen syventyessä tutkittavaan aiheeseen (Creswell 2009, s 175). Näin tapahtui myös tässä tutkimuksessa, joka ilmeni keskustelujen syventymisenä ilmenneistä ongelmista, sekä uusien näkökulmien esiin tuomisena ja ymmärtämisenä. Filosofiset lähtökohdat vaikuttavat keskeisesti laadulliseen tutkimukseen, jossa pyrkimyksenä on tulkinallinen ja laaja päätelmä, joka muodostuu ihmisten kokemusten perusteella (Denzin & Lincoln 1998, s 6). Tutkimuksen lopputulokseen vaikuttavat myös vahvasti konteksti ja sosiaaliset vuorovaikutustaidot, mikä sopii tämän tutkimuksen taustalle. Jokainen haastattelu tapahtui omana erillisenä tapaamisena. Tutkittavien omakohtainen kokemus tutkittavasta aiheesta on olennaista laadulliselle tutkimukselle (Tuomi & Sarajärvi 2013).

Laadulliselle eli kvalitatiiviselle tutkimukselle on tyypillistä, että tutkimuskohteita on vähemmän, kuin määrällisessä tutkimuksessa (Alasuutari 2001). Tässä tutkimuksessa haastateltavia eli tutkittavia valikoitui viisi henkilöä. Laadulliseen tutkimusmenetelmään perustuvassa tutkimuksessa määrällisten mittausvälineiden sijasta tutkija on itse tiedonkeräysväline (Patton, 2002). Tutkimuksen lopputuloksena luodaankin monesti uutta tietoa, eikä varsinaisesti vahvisteta vanhaa. Määrällisessä tutkimuksessa päämääränä on taas vahvistaa olemassa olevaa tietoa. (Bryman 1999.) Kvalitatiivisen tutkimuksen aineistosta ei tule tehdä laajalti yleistettäviä päätelmiä. Kuitenkin yksittäisiä tapauksia tutkittaessa voidaan havaita kokonaisilmiössä usein toistuvat sekä merkittävät asiat (Hirsjärvi et al. 1997). Tutkimuksessa on pyritty rinnastamaan tutkittavien kokemuksia ja löytämään sisäilmastoon vaikuttavien tekijöitä ja yhdistämään tekijöitä isommiksi aihekokonaisuuk- siksi. Tämä konkretisoitui tutkimuksessa keskeisimpien tekijöiden perusteella valikoitu- jen isompien aihekokonaisuuksien, kuten esimerkiksi ilmanvaihdon, tarkempana tulkin- tana.

Tutkimusaineiston keräämistavaksi ovat tässä tutkimuksessa valittu tutkittavien kertomat kokemukset ja havainnot, joita he ovat oman uransa aikana kohdanneet rakentamisessa. Haastateltavat henkilöt on valittu tarkoituksenmukaisesti, ja siksi pienempikin otos voi

tarjota todella potentiaalisen ja laajan aineiston (Patton, 2002). Kaikki haastateltavat henkilöt ovat toimineet rakennusalalla usean vuoden ajan. Yhdellä tutkittavista henkilöistä on muita selvästi pienempi kokemus. Hän on toiminut rakentamisen alalla hieman yli 10 vuotta. Kyseinen haastateltava valittiin tutkittavaksi hänen poikkeuksellisen kokemuksen ja ammattitaidon takia. Muut haastateltavat omaavat kaikki noin 20 vuoden kokemuksen rakentamisesta. Henkilökohtainen kontakti tutkittaviin on usein portti aidon ja luotettavan tutkimusmateriaalin keräämiseen, joka korostuu tässä tutkimuksessa. Lisäksi mahdollisimman laajan näkökulman saavuttamiseksi, tutkittavia valittiin tilaaja-, urakoitsija- ja asiantuntijapuolelta. Tutkittaviin on tässä tutkimuksessa oltu henkilökohtaisesti yhteydessä ja jokainen kanssakäyminen on ollut oma erillinen ja uniikki tilanteensa. Laadullisissa tutkimuksissa aineisto kerätään kyselyiden, haastatteluiden tai havainnoimisen kautta. Usein myös edellä mainittuja tiedon hankintatapoja käytetään rinnakkain. (Tuomi & Sarajärvi 2013.) Henkilökohtaisella haastattelututkimuksella on tässä tutkimuksessa haluttu varmistua, että tutkittavan kokemus ja tieto aiheesta hyödynnetään kokonaan. Tutkimusta on pystytty vielä ohjaamaan haastattelutilanteessa tarkemmin eri, tai kokonaan uusille aihealueille, joista henkilöllä on enemmän tietoa tai kokemusta. Tähän tutkimukseen kerättyjen tutkittavien kokemusten kautta on mahdollista saavuttaa uutta, uniikkia tutkimustietoa tulevaisuuden tutkimuksien pohjalle tämän tutkimuksen lisäksi. Aineisto on kuitenkin laadullisen tutkimuksen tavoin sidottuna aikaan ja tutkittavien henkilöiden kokemuksiin.

### 5.1.1 Haastattelututkimus

Tämän tutkimuksen toteutustavaksi valikoitui haastattelututkimus. Haastattelu on yleisesti käytetty tiedonkeruutapa. Tutkimushaastattelu eroaa tavallisesta keskustelusta sen päämäärän ja tutkimustavoitteen osalta. Haastattelulla pyritäänkin keräämään aineistoa, eli tietoa tutkittavasta aiheesta. Haastattelun jälkeen aineistoa analysoidaan ja tulkitaan tutkimustehtävän suorittamiseksi. (Hirsjärvi & Hurme 2000.) Haastattelututkimuksen pääkysymys oli: ”Millaisia ongelmia, virheitä ja puutteita olet kohdannut urasi aikana, jotka vaikuttavat rakennuksen sisäilmastoon?”. Laajemman ja tarkemman vastauksen saamiseksi, pääkysymykseen liitettiin seuraavia alakysymyksiä: ”Miten tieto ongelmista ilmeni tai nousi esille?, Miten kyseiset ongelmat olisi voitu välttää tai ennaltaehkäistä?, Miten kyseiset ongelmat ratkaistiin tai korjattiin?, Miten usein kyseiset ongelmat ovat esiintyneet?, Muuta asiaa tai huomioita?”. Tarkentavien alakysymysten avulla pystyttiin tunnistamaan esitettyjen ongelmien taustaa, ja erottamaan ne muista samalla tavalla ilmenneistä ongelmista. Esimerkiksi, tutkittava saattoi kertoa, että kohteessa x esiintyi kosteusvaurio. Tarkentavien alakysymysten avulla tutkittava täsmensi kosteusvaurion johtuneen kattokaivojen tukkiutumisen, mikä taas johtui kaivojen huollon laiminlyönnistä. Näin ongelmat voitiin tunnistaa aiheuttajineen. Lisäksi tiedustelin, miten esitetty ongelma ratkaistiin tai korjattiin, ja millaisella laadunvarmistamisella kyseinen ongelma olisi voitu välttää. Tällä tavalla haastattelussa heräteltiin keskustelua ja pohdintaa. Tutkittavat ovat rakentamisen ammattilaisia, joten heillä myös on potentiaalinen taito ymmärtää ja nähdä

miten asiat voisi tehdä paremmin. Omakohtaisten kokemuksien kertominen ovat hyvä keino päästä syvälle tutkittavien ajatuksiin ja niiden kautta on mahdollista saada erittäin aitoa ja todenperäistä tutkimustietoa tutkittavien kertomana. Henkilökohtaiset kertomukset saavat myös tutkittavat miettimään tutkittavaa aihetta syvällisemmin ja he saattavat samalla itse löytää syvällisempiä merkityksiä omalle toiminnalleen. (Riessman 2008.)

Tutkimustietona sisäilmastoon vaikuttavien tekijöiden kerääminen tapahtui seuraavasti, tutkittaviin otettiin yhteys ja tiedusteltiin heidän suostumustaan tutkittavaksi. Koska tutkimuksessa kerättiin tutkittavien kokemuksia, lähetettiin tutkittaville tieto haastattelusta, sen tarkoituksesta ja kysymyksistä hyvissä ajoin, jotta he pystyivät valmistautumaan haastatteluun. Tieto toimitettiin liitteessä A esitetyn saatekirjeen muodossa. Tutkittavien muistin tehostamiseksi, valikoitiin tutkimuksen teoriaosuuden perusteella erilaisia aihealueita haastatteluun. Tutkimuksen haastattelutavaksi valikoituinkin kyseisten aihealueiden nostamisen seurauksena teemahaastattelu. Teemahaastattelussa haastattelija kirjaa vastaajan empiirisistä kokemuksista kerätyn tiedon. Teemahaastattelua viedään eteenpäin etukäteen suunnitellulla keskustelulla, joka käsittelee tutkimusongelmaa. Tutkimuksen teema-alueiksi valikoitui seuraavat aiheet: ilmanvaihto, lämmitys, talotekniset järjestelmät, eristeet, lattiamateriaalit ja VOC –päästöt, käyttö ja ylläpito, vaipparakenne, liitokset, ääniolosuhteet ja valaistus. Teemahaastattelun teema-alueet eli haastattelun aihepiirit on päätetty ennen haastattelun aloitusta, mutta kysymysten yksityiskohtiin voidaan vielä haastattelun aikana tehdä muutoksia (Hirsjärvi et al. 1997). Teemahaastattelun heikkoutena on haastatteluaineistojen keskinäinen vertailu. Lisäksi tekstimassamuodossa olevista haastatteluista on vaikea tehdä päätelmiä. Teemahaastattelu sopii kuitenkin etenkin kvalitatiivisen tutkimukseen. Teemahaastattelun avulla kerätystä aineistosta voidaan silti laskea myös frekvenssejä, joten sitä voidaan myös tulkita numeraalisesti (Hirsjärvi et al. 1997). Tässä työssä on pyritty löytämään yleisesti esiintyviä ja toistuvia sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä, joten ongelmien frekvenssin ilmaiseminen on varsin olennainen osa tutkimuksen onnistumista. Tutkittavilla henkilöillä on uransa aikana ollut useita hankkeita, joten tietyt sisäilmastoon vaikuttavat tekijät saattoivat toistua yhden haastattelun aikana useamman kerran. Tämä toistuvuus huomioitiin tutkimustiedon määrässä. Lisäksi keskeisimpien tutkimustulosten ja havaintojen perusteella esiin nousseita aihe-alueita tarkasteltiin vielä tarkemmin.

## 5.2 Tutkimusaineiston kerääminen

Haastattelututkimukseen valikoituvien lukumäärää ei ollut etukäteen suunniteltu. Lähtökohtana oli saada noin 100 ongelman ja puutteen otoskoko vähintään viideltä henkilöltä tutkimuksen riittävän luotettavuuden saavuttamiseksi. Tutkittavien valikoimisen apuna käytettiin Eskolan ja Suorannan (2008) ehdotuksia. Lähteen mukaan tutkittavilla tulisi olla kokemusta tutkimusaiheesta ja heidän tulisi olla myös itse kiinnostuneita aiheesta. Nämä perusteet täytyivät tutkittavien kohdalla, sillä tutkimuksessa mukana olleet ovat

kaikki rakentamisen ammattilaisia ja työskentelevät alalla ja jakavat myös sitä kautta ainakin osittain samanlaisen kokemusmaailman. Lisäksi useat haastateltavat toimivat tehtävissä, joissa joudutaan tekemisiin niin yrityksen, kuin rakentamisen alan kehittämisen kanssa. Taulukossa 14 on esitetty haastateltavat ja mitä osapuolta rakentamisessa he edustavat.

**Taulukko 14: Haastateltavat**

Vastaaja 1	Asiantuntija
Vastaaja 2	Tilaaaja
Vastaaja 3	Urakoitsija
Vastaaja 4	Tilaaaja
Vastaaja 5	Asiantuntija

Tutkimuksessa käsitellään ja pyritään keräämään tietoa rakennuksien ongelmista ja puutteista, jolloin tutkittavien ja esimerkki kohteiden anonymiteetti on erittäin tärkeä osa tutkimusta. Haastattelutilanteet tallennettiin nauhoittamalla. Tutkittavien suostumus haastatteluun varmistettiin etukäteen, sekä heitä informoitiin tutkimuksen taustasta ja päämäärästä. Ottamalla teemoittelu mukaan tutkimukseen, olen halunnut laajentaa tutkimusaineiston käsittelyä ja mahdollistaa mahdollisimman laajan ja läpinäkyvän tulosten tulkinnan. Aineiston esittämisessä on pyritty noudattamaan luottamuksellisuutta ja anonymiteettia. Nämä periaatteet soveltuvat erityisesti laadulliseen tutkimukseen, kun tutkittavina on pieni joukko yksittäisiä henkilöitä (Eskola & Suoranta 2008). Tutkittavista kerrotaan näin ollen vain tutkimuksen kannalta merkittäviä tietoja, mutta kuitenkin niin, että tutkimuskohteena olevien henkilöiden henkilöllisyyttä ei voida tunnistaa. Tutkimuksen teoriaosuudessa on pyritty käsittelemään mahdollisimman laajasti sisäilmastoon vaikuttavia laatutekijöitä, jolloin teoriaosuus tukee haastatteluissa esiintyviä ongelmia ja haastateltavan tietämystä ongelmien taustalla oleviin ilmiöihin ja tekijöihin.

### 5.3 Aineiston analyysi ja tulkinta

Tutkimusaineiston analysointivaiheessa, tutkittavien esittämät kokemukset kerättiin yhteen listaan raakadataksi, joka on esitetty liitteessä B. Tutkittavien esittämiä ongelmia, virheitä ja puutteita kertyi yhteensä 145 kappaletta, joista 35 oli erilaisia. Kaikilla tutkittavilla on ollut useita rakennushankkeita uransa aikana, joten jotkut ongelmat olivat toistuneet heillä usean hankkeen aikana. Myös toistuneet tekijät laskettiin esitetyn tutkimusaineiston otosmäärään. Haastateltavilla esiintyi myös paljon yleistä muuta tietoa, jotka

sivusivat tutkimusta ja antoivat potentiaalisia jatkotutkimusehdotuksia. Näitä asioita on tuotu esille luvuissa 6 ja 7.

Tämän jälkeen listausta analysoitiin tarkemmin. Tarkastelussa pyrittiin tunnistamaan listauksen tekijöitä, jotka vaikuttavat keskeisesti toisiinsa. Havaittiin, että esimerkiksi ilmanvaihto liittyi vähintään välillisesti useaan ongelmaan. Lisäksi havaittiin, että monet taulukon ongelmia aiheuttaneista tekijöistä voitiin liittää kiinteistöjen käyttöön ja ylläpitoon. Muita keskeiseksi nousseita aihealueita olivat: hulevesien käsittelyjärjestelmät, rakennuksen tiiveys, lattiamateriaalien VOC-päästöt. Kyseisiä aihealueita oli käsitelty myös tutkimuksen teoriaosuudessa. Tutkimuksen luvussa 6 on tarkasteltu tutkimustuloksia tarkemmin ja pyritty tukemaan esiintyneitä havaintoja tutkimuksen teoriaosuuden tiedolla. Onnistunut teemoittelu vaatiikin Eskolan ja Suorannan (2014) mielestä aineiston lisäksi vuorovaikutusta tutkimuksen teorian kanssa. Teemoittelulle on yleistä nostaa aineistosta suoria sitaatteja aineistosta havainnollistamaan valittuja teemoja ja tuomaan lisäarvoa sekä läpinäkyvyyttä tulosten julkittuomiseen (Eskola & Suoranta 2014). Laadullinen tutkimus vaatii onnistuakseen vuoropuhelua tutkimustuloksien ja teoriaosuuden välillä (Eskola & Suoranta 2014).

Listauksen perusteella tarkempaan tarkasteluun valikoituneet aihealueet perustuivat tutkimuksessa ilmenneiden tekijöiden määrään, sekä haastateltavien painottamiin aiheisiin. Valintoja tuki tutkimuksen teoriaosuuden ja listauksen yhtymäkohdat, jotka ohjasivat myös osin valintoja. Pääasiallisena syynä aihealueiden valintaan oli kuitenkin, miten paljon kyseistä aihealuetta käsitteleviä tekijöitä esiintyi tutkimuksessa. Laadullisessa tutkimuksessa usein tutkimuksen toteuttajan tulkinnoilla on juuri merkittävä rooli tutkimuksen johtopäätösten luomisessa (Hirsjärvi et al. 1997). Edellä mainitun mukaisesti, jokin toinen tutkija olisi kyseisen haastatteluaineiston pohjalta todennäköisesti päätenyt hieman erilaiseen tulkintaan. Tämä korostaa lukijan roolia ja pohdintaa, pystyykö hän samaistumaan tutkijan tulkintoihin ja päätelmiin (Hirsjärvi et al. 1997).

## 5.4 Laadullisen tutkimuksen luotettavuus

Laadullinen tutkimus perustuu subjektiivisiin kokemuksiin ja sitä suositaan tutkimuksissa, joihin ei ole löydettävissä selkeää ”kyllä tai ei” -tyyppistä vastausta. Luotettavan laadullisen tutkimuksen suorittamiseksi ei vaadita suurta joukkoa otantaa, jos kyseinen joukko on valittu harkiten ja huolella. (Shuttleworth 2008.) Aineiston määrässä riittävänä voidaan pitää sellaista määrää, joka lisääntyessään aiheuttaa ainoastaan samojen asioiden kertautumista (Hirsjärvi et al. 1997). Laadulliselle tutkimukselle on yleistä, että aineiston määrää ei määritellä etukäteen, vaan sen määrä vakiintuu tutkimuksen edetessä. Myös tässä tutkimuksessa tutkittavien kokemusten perusteella ilmenneiden ongelmien määrä varmistui vasta tutkimuksen lopussa. Lisäksi ilmenneet ongelmat ja puutteet alkoivat toistaa toisiaan ja uusilla tutkittavilla aineiston määrä ei olisi kasvanut merkittävästi. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia ja löytää tyypillisimpiä ja yleisimpiä puutteita ja ongelmia, joten samojen asioiden kertyminen oli osaltaan tutkimuksen tavoitteenakin.

Laadullisessa eli kvalitatiivisessa tutkimuksessa oletetaan, että olemassa olevia totuuksia on mahdollisesti useampia ja kyseinen tutkimus tarkastelee asiaa vain tietyistä näkökulmista objektiivisen totuuden sijasta. Tämän vuoksi vain yhden konkreettisen totuuden selvittäminen ja siihen pyrkiminen ei toimi laadullisen tutkimuksen arviointikriteerinä. (Grönfors 1982.) Edellä mainitun mukaisesti tutkimuksessa tuotettu tieto ei saavuta yleisesti pätevää totuutta. Tutkittavien esimerkkitaupukset antavat kuitenkin arvokasta tietoa ilmenneistä ongelmista ja puutteista.

Laadullinen tutkimus on usein ainutlaatuinen ja sidoksissa sen toteutusajankohtaan sekä valittuihin tutkimuskohteisiin. Tämä korostuu eritoten tässä tutkimuksessa, sillä tutkimuksen pääpainopiste on sisäilmaston laatutekijöissä, jotka ovat olleet viime aikoina paljon esillä mediassa. Kuten edellisessä kappaleessa sivuttiin, pidetään toistettavuutta yhtenä kriteerinä tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa. Puhutaan lisäksi tutkimuksen reliabiliteetista, jolla tarkoitetaan satunnaisten tekijöiden vaikutusta tutkimustulokseen. Reliabiliteetin todentaminen on usein melko haasteellista laadullisessa tutkimuksessa, sillä jokainen tutkimus on aina erilainen ja kahta täysin samanlaista tutkimustilannetta ei ole. Vaikka esimerkiksi tutkimuksessa käytetty aineisto olisi täysin sama, voi toinen tutkija päätyä täysin erilaiseen lopputulokseen tulkinnasta riippuen. (Lincoln & Cuba 1985.)

Positiivista oli, että saavutetut tulokset ja havainnot toistivat toisiaan keskeisten ongelmien osalta, mutta myös vain kertaalleen ilmenneitä ongelmia esiintyi. Näin saatiin laaja ongelmien otanta, joista voitiin tunnistaa yleisimmät ja keskeisimmät laadulliset puutteet. Vahvalla teoriapohjalla ja siihen pohjautuvalla analyysistrategialla pystyttiin myös lisäämään tutkimuksen vakuuttavuutta. Tämä monipuolistaa havaintojen tekemistä ja parantaa luotettavuutta tutkimuksen osalta. (Hirsjärvi et al. 1997.)



## 6. TULOKSET

### 6.1 Sisäilmastoon vaikuttavat tekijät

Tutkimuksen päämääränä oli tuottaa laaja listaus erilaista sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä. Listauksen avulla tuotetaan tietoa todellisista sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä, jotka ovat tapahtuneet tutkittavien hankkeissa. Potentiaaliset riskitekijät pyritään tunnistamaan ja tehdä tiedostetuiksi hyödyntämällä monien alan ammattilaisten aikaisempaa kokemusta. Kokemuseräinen oppiminen ja kokemusten pohjalta toimiminen onkin varsin keskeistä juuri yhdessä maailman vanhimmassa alassa, rakentamisessa.

Haastattelututkimuksen pohjalta muodostui yhteensä 145 kappaleen listaus ongelmia, virheitä ja puutteita. Listausta haastattelujen kautta ilmenneistä sisäilmastoon vaikuttaneista tekijöistä on esitetty taulukossa 15. Lisäksi tulokset ovat esitetty myös liitteessä B. Tietyt asiat alkoivat esiintyä säännöllisesti jokaisen haastattelun yhteydessä, ja siksi taulukossa 15 on esitetty ensimmäisessä sarakkeessa tekijöiden frekvenssi. Frekvenssi kuvaa miten usein kyseinen ongelma, virhe, tai puute esiintyi tässä tutkimuksessa suhteessa kokonaismäärään (145 kappaletta). Mitä useammassa hankkeessa kyseinen ongelma on tapahtunut, sitä todennäköisempi riskitekijä se on myös tulevissa hankkeissa. Keskimmaisessä sarakkeessa on esitetty lyhyesti ilmennyt ongelma, virhe tai puute. Viimeisessä sarakkeessa on tarkennettu edellistä saraketta laajemmalla selitteellä. Taulukossa 15 esiintyy paljon satunnaisia asioita, jotka ilmenivät tutkimuksessa vain kerran. Tutkimuksessa havaittiin myös tekijöitä, jotka toistuvat jokaisen haastateltavan esittämässä asiassa. Taulukon 15 tulokset on järjestetty frekvenssien mukaiseen järjestykseen alkaen suurimmasta. Tulosten alkaessa toistua haastattelu haastattelulta yhä enemmän, voidaan päätellä, että tutkimuksen otoskoko ja luotettavuus ovat riittäviä (Hirsjärvi et al. 1997).

**Taulukko 15:** *Listaus haastattelujen perusteella ilmenneistä ongelmista, virheistä ja puutteista*

Frekvenssi	Ongelma, puute tai virhe	Selite/tarkenne
14,5 %	Tiiviiden lattiamateriaalien liima ja tasoitekerroksien kemialliset reaktiot aiheuttavat VOC-päästöjä	Tiivis lattiamateriaali, kuten kumi-matto, estää rakenteeseen jätetyn kosteuden poistumisen suljetun pinnan suuntaan. Kosteus aiheuttaa lattiamateriaalin kiinnitykseen käytetyn liiman ja tasoitteen rajapinnassa kemiallisten reaktioiden käynnistymisen, jonka seurauksena emittoituu sisäilmalle haitallisia päästöjä.

13,8 %	Ilmanvaihtojärjestelmän säädöt ovat väärin	Ilmanvaihtojärjestelmän virheellisten asetusten seurauksena tilojen painetasot ovat pielessä, tai tilojen ilmamäärät eivät vaihdu oikein
7,6 %	Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu väärin	Suunnitellulla ilmanvaihtojärjestelmällä ei pystytä saavuttamaan tavoitteiden mukaisia tasoja
6,9 %	Eristeiden kuidut pääsevät sisäilmaan	Sisäilmaan pääsee käyttäjille haitallisia kuituja esimerkiksi päätyeristeiden teippaamattomuuden seurauksena epätiiveyskohdista tai alakatoista
6,2 %	Väärä siivoustapa aiheuttaa kosteusvaurioita	Lattioiden vesipesu on aiheuttanut kosteuden tunkeutumisen rakenteeseen epätiiveyskohdista, jonka seurauksena on aiheutunut kosteusvaurioita
5,5 %	Ilmanvaihtojärjestelmän palopelti on lauennut	Palopellin laukeamisen seurauksena tilan/tilojen ilmanvaihto ei toimi oikein
4,8 %	Sadevesikourut - ja/tai rännit eivät toimi	Hulevesijärjestelmä on rikkiäinen, esimerkiksi rännit ovat halki ja kosteus valuu rakenteille, tai vaihtoehtoisesti järjestelmät ovat tukossa
3,4 %	Päivittäisen siivouksen laiminlyönti	Päivittäisen yleissiivouksen laiminlyönti aiheuttaa epäpuhtauksien kertymisen ja sitä kautta sisäilman tason heikkenemisen kiinteistöön
2,8 %	Muutos- ja korjaustöissä ei huomioida ilmanvaihtoa	Muutos- ja korjaustöiden jälkeisten tilojen ilmanvaihtoa ei ole suunniteltu tai huomioitu.
2,8 %	Tasakaton sisäinen kosteudenpoisto ei toimi	Kattokaivot tai sadevesijärjestelmät ovat tukkiutuneet ja aiheuttaneet kosteuden allastumista katolle.
2,8 %	Radonkermi puuttuu lattian ja seinän rajasta	Radonkermiä ei ole asetettu lattian ja seinän liitoskohtaan, jonka seurauksena epäpuhtaudet pääsevät leviämään sisäilmaan
2,8 %	Tekstiilimatot aiheuttavat hajuhaittoja	Tekstiilimatton materiaaliseokset eivät ole onnistuneet ja seurauksena on puutteellinen erä, joka aiheuttaa hajuhaittoja

2,1 %	Valuurautaisen viemäri pettänyt liitoksen kohdalta	Valuurautaisen viemärin katkaistu pää ruostunut liitoksen sisällä, mikä aiheuttanut liitoksen pettämisen
2,1 %	Rakennuksen seinänvierusta altistuu jatkuvalla kosteusrasitukselle	Esimerkiksi lumien läjityspaikan tai seinän vierustan kasvillisuuden takia seinä- ja perustusrakenne altistuu jatkuvalla kosteusrasitukselle
2,1 %	Vedeneristys ei toimi oikein	Vedeneristyksessä on puutteellisia kohtia ja kosteus pääsee tunkeutumaan rakenteisiin
2,1 %	Maapohjan epäpuhtaudet leviävät sisäilmaan	Epäpuhtaudet leviävät sisäilmaan epätiiveyskohdista
2,1 %	Avonaisiin alakattorakenteisiin kerääntyy epäpuhtauksia	Alakattojen yläpuolinen siivous jää toteuttamatta vaikean alakattorakenteen takia.
2,1 %	Ilmanmääräsäätimet ovat pettäneet	Ilmanvaihto ei toimi oikein, ilmamäärät ja painesuhteet ovat väärät
1,4 %	Maanpaineeseinien läpivienit vuotavat	Kosteus pääsee rakenteisiin ja sisätiloihin maanpaineeseinässä olevien läpivientien kautta
1,4 %	Ontelolaattojen sisälle on jäänyt kosteutta	Ontelolaattojen sisään jäänyt kosteus aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteissa
0,7 %	Ilmanvaihtokanavat tuottavat liikaa melua tiloihin	Äänenvaimentimia ei ole riittävästi ja melu kulkeutuu viereiseen tilaan.
0,7 %	Kuparisen vesijohdon puristusliitos pettänyt	Liitokset ovat kestäneet koepaineistukset, mutta pettäneet muutamien vuosien jälkeen.
0,7 %	Vesikatto vuotanut vääränlaisen huollon seurauksena	Vesikatolta poistettu lumia ja jäätä teräväkärkisillä työkaluilla, jotka ovat vaurioittaneet katemateriaalia.
0,7 %	Tiivistyskorjaus on puutteellinen	Metodeilla ja materiaaleilla ei ole saavutettu tavoiteltua tiiveystasoa
0,7 %	Korjauslaajuus ei ole riittävä	Rakennuksen korjaustoimenpiteet eivät ole riittävän kattavat tai tehdyt toimenpiteet ovat väärä, joten ongelmat eivät poistu.
0,7 %	Irrotuskaista puuttuu rakenteiden välistä	Kahden rakenteen välistä puuttuu irrotuskaista, joka aiheuttaa epätiiveyskohdan
0,7 %	Kalusteet aiheuttavat hajuhaittoja	Kalusteet itsessään aiheuttavat päästöjä sisäilmaan, jotka ilmentyvät hajuhaittoina

0,7 %	Vesikiertoisten lattialämmitysjärjestelmän inhibiitti ei toimi oikein	Inhibiitti onkin alkanut kuormittamaan järjestelmää odottamattomasti menetettyään ominaisuutensa
0,7 %	Materiaalit sisältävät valmiiksi haitallisia määriä epäpuhtauksia	Ennen materiaalien toimitusta työmaalle materiaalien varastoimisessa, kuljetuksessa tai valmistuksessa on saattanut tapahtua puutteita, jotka ovat aiheuttaneet materiaalin altistumisen epäpuhtauksille
0,7 %	Lämmitysjärjestelmä aiheuttaa meluhaittoja	Lämmitysjärjestelmän tuottama melu aiheuttaa käyttäjissä keskittymis- ja väsymishaittoja
0,7 %	Viemärien kaadot väärin	Viemärijärjestelmä ei ole toiminut oikein ja hulevesiä on kerääntynyt linjastoon
0,7 %	Vesiputkien kupariseos on ollut puutteellista	Tehtaalla tehty kuparierä on ollut puutteellinen, mikä aiheutti vesijohdoten käyttöään puolittumisen
0,7 %	Käännetyn katon kaivo ei toimi	Kantavan betonin yläpuolella oleva kattokaivon sihti osuus oli tukittu betonilla, eikä kaivo vetänyt
0,7 %	vierekkäisten neuvottelutilojen väliseinän liitos ulkoseinään ääniteknisesti puutteellinen	Ulkoseinässä on ikkunat molempiin neuvottelutiloihin, jolloin väliseinälle jää hyvin pieni tila ikkunoiden välille, johon seinärakenne tulee toteuttaa.
0,7 %	Valaisimien heijastusongelmat	Alaspäin suunnatut loisteputket aiheuttavat heijastusongelmia
0,7 %	Julkisivussa esiintyy leväkasvustoja	Uusien rakennusten julkisivuissa on alkanut esiintymään leväkasvustoja

## 6.2 Keskeisimpien tekijöiden tarkempi tarkastelu

Ongelmien listaaminen parantaa hankkeen laadunvarmistusta jo pelkästään tiedostamalla mahdolliset ongelmatekijät. Toisaalta tutkimuksessa on haluttu tarkastella vielä tarkemmin yleisimpiä sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä. Tarkemmin tarkasteltavat aihekokonaisuudet valikoitiin yhteisten tekijöiden, suuren frekvenssin ja tutkittavilta kerätyn tiedon perusteella. Taulukosta 15 on pyritty tunnistamaan tekijöitä, jotka voidaan yhdistää toisiinsa, ja liittämään osaksi isompaa kokonaisuutta. Esimerkiksi yhdeksi isommaksi kokonaisuudeksi, toisin sanoen aihealueeksi, muodostui tilojen ilmanvaihto, jota kosketti

taulukosta mm. seuraavat tekijät: ilmanvaihtojärjestelmän säädöt ovat väärin, ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu väärin, ilmanvaihtojärjestelmän palopelti on lauennut, sekä muutos- ja korjaustöissä ei huomioida ilmanvaihtoa. Lattiamateriaalien VOC-päästöihin liittyviä tekijöitä ilmeni tutkimuksessa vain yksi. Toisaalta tämä tekijä saavutti 14,5 % frekvenssin ja on esiintynyt paljon julkisuudessa viime vuosina. Lattiamateriaalien VOC-päästöt nostettiin näiden johdosta yhdeksi tarkemmin käsiteltäväksi aihealueeksi. Muita tarkempaan tarkasteluun valikoituja aihealueita olivat hulevesien käsittelyjärjestelmät, rakennusten tiiveys, sekä kiinteistöjen huolto ja ylläpito.

Sisäilmaongelmat ovat yleensä monen tekijän summan yhteisvaikutus. Tämän takia tarkempaan tarkasteluun ei ainoastaan haluttu ottaa yksittäistä tiettyä ongelmaa vaan aihealueita. Tarkemman tarkastelun kautta pyritään tuomaan haastateltavien kommentteja ja näkemyksiä paremmin esille. Tutkittavat ovat kaikki rakentamisen ammattilaisia, joten lähtökohtaisesti heillä on paras ja viimeisin tieto rakentamisen käytännöstä, sekä näkemyksiä mihin suuntaan asioita tulisi kehittää. Avaamalla tutkittavien esittämiä sisäilmas-  
toon vaikuttavia tekijöitä tarkemmin, on voitu tuoda haastateltavien näkemyksiä laajemmin esille, sekä tukea kerättyä tietoa tutkimuksen teoriaosuudella. Teoriaosuuden ja tutkimustulosten välinen vuorovaikutus vahvistaa tutkimuksen reliabiliteettia.

### **6.2.1 Hulevesien käsittelyjärjestelmät**

Yksi merkittävimmistä rakennusta kuormittava rasiustekijä on ulkoiset kosteudenlähteet. Ulkoiset kosteudenlähteet kuten sadevesi, lumi jne. on pyritty torjumaan erilaisin järjestelmin. Lähtökohtana ulkoisen kosteuden torjumiselle on estää kosteuden pääsy rakenteisiin ja ohjata se haluttuun paikkaan, kuten esimerkiksi avo-ojaan. Vesilaitteiston osalta täytettävät vaatimukset on esitetty Ympäristöministeriön (2017) asetuksessa rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Suurimmaksi osaksi hulevesijärjestelmien toiminta perustuu painovoimaan, jonka avulla ulkoiset kosteudet ohjataan imeytyskenttään, avo-ojaan tai kunnan hulevesijärjestelmään.

Haastateltavien vastauksissa ja kommentteissa nousi esille jatkuvasti kiinteistöjen riittämättömän ja liian harva huolto. ”Järjestelmien korjaus- ja huoltovälit kasvavat liian pitkäksi tai niitä laiminlyödään kokonaan.” (Vastaaja 2). ”Sisäpuoliset kosteudenpoistojärjestelmät tasakattoratkaisuissa vaativat erityisen paljon huoltoa.” (Vastaaja 5). Ympäristöministeriön (2017) asetuksen mukaan, vesijärjestelmille tuleekin suorittaa laadunvarmistus-  
tarkastuksia. Huoltotoimien laiminlyönnin seuraukset vaihtelevat suuresti järjestelmästä tai rakenteesta riippuen. Vastaaja 2 mukaan, rakenneratkaisut tulisi suunnitella vikasietoisemmiksi. Toisin sanoen, vähemmän riskejä sisältäviä ja hyväksi havaittuja ratkaisuja pitäisi suosia enemmän nykyajan rakentamisessa. Sadevesi- ja salaojajärjestelmien osalta keskeiset määräykset ja vaatimukset koskevat eritoten huolto- ja korjausnäkökohtien huomioimista (Pietiläinen et al. 2007, s 95).

## 6.2.2 Rakennusten tiiveys

Haastatteluista ilmeni useita ongelmia, joiden haitat konkretisoituvat rakenteiden puutteellisen tiiveyden seurauksena. Sisäilmaongelmat ovat yleensä monen tekijän yhteisvaikutuksen summa. Rakennuksen puutteellinen tiiveys onkin yleensä vain sisäilmaongelmien mahdollistava tekijä, mutta ei suoranaisesti aiheuttaja. Erityisen keskeiseksi tekijäksi haastatteluissa nousi lattia- ja seinärakenteiden liitoksien tiiveys, joka estää maapohjan ja ulkoseinärakenteiden epäpuhtauksien pääsemisen sisäilmaan. Tiiveyskorjauksia ei juuri yksinään tehdä, vaan niitä yhdistetään muiden korjausten yhteydessä tehtäviksi (Vastaaja 4). Epäpuhtaudet voivat olla maaperässä olevia mikrobeja, radonia tai erilaisten kemiallisten reaktioiden tuotteita. Vastaaja 2 mukaan, kemiallisesti pysymättömien sidosaineiden käyttöä tulee välttää rakentamisessa ja erityisesti eristeissä. Lisäksi, jo esimerkiksi rautakaupasta haetut eristeet sisältävät huomattavia määriä epäpuhtauksia. Vaikeaa onkin määrittää, missä määrin kyseiset epäpuhtaudet ovat haitallisia. (Vastaaja 2.)

Rakennuksen tilat suunnitellaan lähtökohtaisesti lievästi alipaineisiksi, jolloin tila saa osan korvausilmasta epätiiveyskohtien kautta korkeamman painetason omaavista tiloista. Paine-erot ja epätiivis vaippa aiheuttavat useasti ilmapuotoja samanaikaisesti kumpaankin suuntaan, koska ylipaine muodostuu ulkopuolelle seinän alaosaan ja sisäpuolelle seinän yläosaan (Pietiläinen et al. 2007, s 101). Edellä mainitun mukaisesti juuri seinärakenteen liitokset ylä- ja alaosassa sijaitsevat kriittisellä alueella painetasojen osalta. (Vastaaja 5.)

E-luvun laskemiseksi tarvitaan rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku. Rakennuksen ilmanpitävyys osoitetaan teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyllä, tai mitaamalla. Muutoin E-luvun laskennassa käytetään rakennuksen vaipan ilmanvuotolukuna arvoa  $4 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ . (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 2017.) Ilmanvuotoluvun määrittäminen antaa tiedon epätiiveyskohtien olemassaolosta. Epätiiveyskohdat voidaan paikantaa tarkemmin savukokein tai lämpökamerakuvauksin (Pietiläinen et al. 2007, s 111 - 112). Usein tieto ilmatiiveyden puutteista ilmenee käyttäjiltä saatavan palautteen seurauksena (Vastaaja 4). Asiassa tulee kuitenkin tiedostaa, että jokainen henkilö on yksilö ja kokee vallitsevat olosuhteet eri tavalla. ”Aina jollakin henkilöllä vetää tai työntää”. (Vastaaja 2.)

On esiintynyt kohteita, joissa ikkunoiden yläpuoliset otsat on tehty levyrakenteisina, jonka takaa on ollut suora yhteys ulkoseinän eristetilaan. Puutteellisesti tiivistettynä kyseinen kohta on aiheuttanut huonetilaan kuitupäästöjä ja käyttäjäoireiluita. (Vastaaja 3.) Vastaajan 4 mukaan myös juuri ikkunan liitokset, sekä lattian ja katon liittymäkohdat seinärakenteeseen on keskeisiä ongelmakohtia, joita on korjattu tiivistyskorjauksilla. Tiivistyskorjauksissa tulee käyttää oikeanlaisia tuotepereheitä, jotka on tarkoitettu kyseistä käyttötarkoitusta varten (Vastaaja 1). Tiivistyskorjauksia tehdessä tulee myös tiedostaa, että jotkut rakenteet ja tilat on suunniteltu niin, että tila saa korvausilmansa juuri esimerkiksi ikkunan epäjatkuvuuskohdista (Ratu F32-0366 2010).

### 6.2.3 Lattiamateriaalien VOC-päästöt

Betonilattioita on pinnoitettu erilaisilla liimattavilla lattiamateriaaleilla. Kun yhdistetään liima ja kosteutta läpäisemätön tiivis lattiamateriaali, kuten kumimatto, on jouduttu kohtaamaan sisäilmaongelmia. Kun 2-etyyli-1-heksanolin hajoamisreaktio on käynnistynyt betonissa, se ei pysähdy, vaikka betonin suhteellinen kosteus pienenisikin (Lapinlampi 2015). Reaktiossa syntyy erilaisia VOC-päästöjä, jotka aiheuttavat käyttäjissä erilaisia haitallisia oireiluita, kuten väsymystä, päänsärkyä yms. Keskeisimmäksi ongelmien ja oireiluiden aiheuttajaksi on tunnistettu 2-etyyli-1-heksanoli (Vastaaaja 3). Lähtökohtaisesti ongelman aiheuttajan pidetään betonilattian pinnoittamista liian kosteana, eli kuivumisen laiminlyöntiä kiireellisen rakennusaikataulun johdosta. Toisaalta, Vastaaajan 4 mukaan kyseinen 2-etyyli-1-heksanoli ongelma koskee pääsääntöisesti noin 10 vuotta vanhoja rakennuskohteita, ja hän itse kyseenalaistaa vahvasti, etteikö aikaisemmin olisi pinnoitettu vielä märemmän betonin päälle.

VOC-päästöjä sisäilmassa voidaan mitata Bulk- ja Flec-mittauksilla. Bulk-mittaus tarkoittaa materiaalin emissiopäästöjen mittausta laboratoriossa. Flec-mittauksessa taas pyritään todentamaan materiaalin tai pinnan emissiot. Tämän takia Bulk-emissiomittauksien (materiaalimittaus) tuloksia ei tule verrata Flec-mittauksiin (pintaemissiomittaus). (Ositum 2018.)

Asiantuntijoiden mukaan ongelma ei kuitenkaan ole aivan niin yksinkertainen. ”Esimerkiksi, vaikka tila on kapseloitu sisäilmaongelmien takia, on tilassa edelleen esiintynyt haitallisia määriä VOC-päästöjä. Jo pelkästään liimassa itsessään oleva vesimäärä, voi aiheuttaa kemiallisen reaktion käynnistymisen ja VOC-päästöjen syntymisen. Liimapinnan alapuolisen tasoitekerroksen on suositeltu olevan vähintään 5 mm tasoitekerrosta, jotta kuivuminen olisi mahdollista tasoitteen suuntaan.” (Vastaaaja 2). Lisäksi, vaikka tilan lattia on pinnoitettu normin mukaisissa lattian betonilaatansuhteellisissa kosteusarvoissa, on myöhemmin kyseisessä tilassa havaittu liiman ja tasoitteen reaktioiden seurauksena VOC-päästöjä. Kosteus pyrkii tasoittumaan diffuusion mukaisesti, jonka seurauksena korkeammassa kosteudessa oleva rakenne tasaa kosteutta viereisiin rakenteisiin. (Vastaaaja 1.) Asiaa sivuttiin myös A-studio Hometta koulupolulla (2018) televisio-ohjelmassa, jossa kosteusasiantuntija Juhani Pirinen, FCG, otti kantaa betonin suhteellisen kosteuspitoisuuden pinnoitusarvoihin RH 75/85 %. Juhaniin mukaan kyseiset arvot ovat yksinkertaisesti liian korkeat. (A-studio, Hometta koulupolulla 2018.)

Esiintyneiden ongelmien tutkimusten seurauksena, on pystytty tunnistamaan erilaisia riskirakenteita, joiden kuivuminen on erittäin hidasta ja kuivattaminen vaikeaa, kun käytävissä oleva aika on rajallinen. Esimerkiksi liittolaattarakenteet, jotka pinnoitetaan tiiviillä lattiamateriaalilla: yläpuolella tiivis lattiamateriaali ja alapuolella teräksinen poimulevy. Kyseisissä rakenteissa betonivalu jää kahden tiiviin pinnan väliin, eikä pääsee

kuivumaan. Sama ongelma toistuu esimerkiksi deltapalkeissa, joissa betoni jää teräspalkin sisäpuolelle. Ratkaisuihin on pyritty löytämään erilaisia kuivatusta tehostavia ratkaisuja, kuten betonivaluun asennetut lämpölangat (Vastaaja 1).

VOC-päästöt ja erityisesti 2-etyyli-1-heksanoli on viimevuosina paisunut todella suureksi ilmiöksi, ja kyseisen ongelman omaavia kohteita on ollut todella useita. Aikaisemmin, 90-luvun alkupuolella erilaiset homeet ja homeitiöt olivat vastaavanlaisessa nousussa, jolloin niiden tutkiminen oli todella kiivasta. Eräessä esimerkkikohteessa kumimaton liiman aiheuttama VOC-ongelma ratkaistiin seuraavilla työmenetelmillä ja vaiheilla (Vastaaja 3):

1. Kumimaton poistaminen
2. Tasoitteiden purkaminen piikkaamalla
3. Betoniholvin/lattian lämmittäminen lämpölevyillä 60 asteeseen
4. Tehokas tuuletus jakso
5. Holvin/lattian betonin puhtauden todentaminen Flec-näytteillä
6. Uusien lattiakerrosten rakentaminen (plaano + lattiamateriaali)

#### 6.2.4 Tilojen ilmanvaihto

Ennen rakennuksissa käytettiin painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää, jonka toiminta perustui passiiviseen ilmanvaihtumiseen. Nykyisin jokaisessa rakennuksessa on pääsääntöisesti koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä, joka vaihtaa sisäilmaa aktiivisesti. Koneellisen järjestelmän toiminta tulee säätää palvelemaan juuri kyseisiä tiloja. Säädot ja ilmanvaihto mitoitetaan tietyille käytölle. Lisäksi toimintaan vaikuttaa paljon muitakin ulkoisia tekijöitä, kuten ulkona vallitseva painetaso, lämpötila ym. olosuhteet, joille on asetettu määräyksiä Ympäristöministeriön (2017) asetuksessa uusien rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Usean koulurakennuksen sisäilmaongelmat uskotaan johtuvan juuri ilmanvaihtojärjestelmän väärästä käytöstä, joka on pahimmillaan ollut koko järjestelmän sammuttaminen lomien ajaksi. Edellä mainitun ja usean vastaavan tapauksen seurauksena, kenenkään muun, kuin järjestelmän tuntevan ja siihen koulutetun henkilön ei tulisi säätää kyseisiä järjestelmiä. Monet sisäilmaongelmat ovat saaneet alkunsa huoltomiesten virheellisistä säätötoimista (Vastaaja 2).

Poisto- ja tuloilman säätövirheet ilmenevät sisäilmaongelmina. Tilat rakennetaan normaalisti lievästi alipaineisiksi. Jos tilasta tulee voimakkaasti alipaineisia säätöjen seurauksena, tila pyrkii tasapainottamaan paine-eroa viereisistä tiloista ja epätiivetykskohdista, jonka seurauksena rakenteiden sisältä pääsee sisäilmaan erilaisia epäpuhtauksia mikrobeja. (Vastaaja 2.) Tilat tulee suunnitella niin, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi niitä vaurioittavaa kosteusrasitusta, eikä alipaineen seurauksena epäpuhtauksia siirry sisäilmaan (Ympäristöministeriö, asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 2017). Keskeisiä asioita, kuten painesuhteita, olisi järkevää seurata anturein. Jos tiloissa vallitsee jatkuvasti vääränlainen painetaso, pystyttäisi ongelma tunnistamaan ja



korjaamaan ajoissa ennen sisäilmaongelmien konkretisoitumista (Vastaja 5). Lisäksi on tapauksia, joissa esimerkiksi ilmanvaihtokanavan palopelti on lauennut, jonka seurauksena tilan ilmanvaihto on toiminut puutteellisesti.

Lisäksi ilmanvaihtojärjestelmissä korostuu piiloon jäävien rakenteiden ongelmat. Järjestelmän kanavat ja osat jäävät alakattojen ja muiden rakenteiden taakse piiloon, jolloin niiden toteutuksen puutteita ei havaita niin helposti. Kumppanuusluottamus on hävinnyt ja nykyisin ei ole enää tietynlaista moraalialia, että sen minkä lupaa, myös tekee. Kaikkea tekemistä tulee valvoa nykypäivänä. Suljettavia ja piiloon jääviä järjestelmiä ja rakenteita tulisi tarkastuttaa pistokoemaisesti nykyistä enemmän. (Vastaja 2.) On myös esiintynyt tapauksia, joissa suunnitellulla ilmanvaihtojärjestelmällä ei pystytä saavuttamaan asetettuja tavoitteita. Suunnittelussa tulisikin korostaa ja keskittyä enemmän vikasietoisten suunnitelmien käyttöön (Vastaja 2). Lisäksi huonon kiinteistön korjaus- tai muutoshankkeen johtamisen seurauksena tilamuutosurakoissa ei ole huomioitu ilmanvaihdon muutuneita tarpeita. Tilamuutosten jälkeen ilmanvaihtojärjestelmän säädöt tulisi aina tehdä uudelleen ja tarkastaa mittauksin (Vastaja 5). Rakennuksen ensimmäistä käyttövuotta pidetään rakennuksen käytön asettumisen aikana, jossa järjestelmät optimoidaan ja parametrit hienosäädetään rakennuksen käytölle. Ennen tätä suoritetaan rakennukselle toimintakokeet. Edellä mainitun rakennuksen asettumisen johdosta, kyseiset toimintakokeet eivät voi olla kaiken kattavia. Toimintakokeissa mitataan yleensä ilmanvaihdon tilavuusvirrat maksimitilanteessa, lämpötiloja, laitteiden toimintaa ja painetasoja. Eri komponentit tuleekin käytön aikana säätää toimimaan kyseisissä olosuhteissa (yli-/alimitoitus). (Pietiläinen et al. 2007, s 111.) Korjausrakentamisessa ilmanvaihdon painesuhteiden tulisi olla lähtökohtana onnistuneelle korjaukselle, liian usein ne eivät ole kunnossa (Vastaja 3).

### 6.2.5 Kiinteistöjen huolto ja ylläpito

Haastateltavien vastauksissa ja kommentoissa nousi esille jatkuvasti kiinteistöjen riittämättömän ja liian harvan huolto- ja ylläpitotoiminta. Rakennuksen asettumien voi kestää yllättävän kauan, minkä vuoksi rakennuksen normaali tasapainotila saatetaan saavuttaa vasta 1-2 vuoden käytön jälkeen. Järjestelmät ovat menneet niin teknisiksi ja hienoiksi, että perinteinen talonmies ei ole enää kykeneväinen huolehtimaan kiinteistöstä (Vastaja 4). Pietiläisen (2007) mukaan huoltomiesten näkökulmasta kaksi koulutuksen keskeistä puutetta ovat olleet koulutusjakson lyhyys ja koulutuksen pintapuolisuus huomioimatta koulutettavan lähtötasoa.

Ennen tasapinotilaa oleva asettumisvaihe on tärkeä osa rakennuksen ohjaamiseen oikeaan käyttöön. Tässä vaiheessa rakennuksen huolto- ja ylläpito henkilöstö nousevat avainasemaan rakennuksen toimivuuden ja toiminnan kannalta (Pietiläinen et al. 2007, s 26 ja 119.) Kiinteistöjen huoltoon ja ylläpitoon tulisi varautua tulevaisuudessa nykyistä suuremmalla vakavuudella. Lähtökohtaisesti rakennukset rakennetaan toimiviksi, mutta toimivuus ylläpidetään säännöllisellä ja oikealla huolto- ja ylläpitotoiminnalla. Kiinteistön

huoltoon ja ylläpitoon tulisi budjetoida joka vuosi enemmän rahaa, sillä korjaukset lisääntyvät rakennuksen vanhetessa (Vastaaja 4). Kiinteistöjen huoltoon ja ylläpitoon on luotu avuksi huoltokirja, jossa on esitetty keskeisimmät huoltotoimenpiteet, tarkastukset ja korjaukset (RT 18-10742 2001). Huoltokirjassa tulisi esittää tavoitteet ja vaatimukset kiinteistön eri toiminnan mittareille (Pietiläinen et al. 2007, s 56). Käyttö- ja huolto-ohjeiden tarkastuksia on suoritettava vähimmäisvaatimuksena rakentamismääräyskokoelman määräämässä laajuudessa. Määräykset velvoittavat käytönopastuksen ja koulutuksen saaneiden henkilöiden osallistumisen toimintakokeeseen ja laatimaan automaatiojärjestelmästä kirjalliset käyttö- ja huolto-ohjeet suomenkielellä. Määräysten lisäksi, käyttöhenkilökunnalle olisi hyvä antaa peruskoulutus automaatiojärjestelmästä, järjestelmäkoulutus ja suunnitella takuuajaiset koulutukset. (Pietiläinen et al. 2007, s 118.)

Järjestelmien korjaus- ja huoltovälit kasvavat liian pitkäksi tai niitä laiminlyödään kokonaan (Vastaaja 2). Huoltotoimien laiminlyönnin seuraukset vaihtelevat suuresti järjestelmästä tai rakenteesta riippuen. Lisäksi nykyajan siivoojilla ei ole riittävää ammattitaitoa suoriutua tehtävistään, mikä johtuu puutteellisesta työnjohdosta (Vastaaja 4). Puutteita onkin haastateltavien kokemuksiensa mukaan esiintynyt, sekä virheellisissä työtavoissa, että siivoustyön laiminlyönninä. Perinteisen siivoustason lisäksi korostui haastatteluissa vaikeiden paikkojen puhtaanapito, kuten esimerkiksi erilaiset vaikeat alakattorakenteet, kuten säleiköt ja ritilät, jotka ovat osittain avonaisia huonetilaan, ja keräävät epäpuhtauksia, eikä niitä päästä puhdistamaan (Vastaaja 3).

Kiinteistöjen käytön ja ylläpidon avuksi on kehitetty erilaisia antureita ja mittareita, jotka seuraavat esimerkiksi tilojen painesuhteita. Automaatiojärjestelmän avulla voidaan kerätyn datan kautta saada tietoa kiinteistön toiminnasta ja optimoida käyttöä tehokkaammaksi. Automaatiojärjestelmien osalta järjestelmiä tarjoavilla liikkeillä on riittävä tietotaitojärjestelmistään, mutta usein hankkeen muilla osapuolilla ei ole. Monesti joudutaan luottamaan automaatiourakoitsijan sanaan, että asiat ovat kunnossa, koska ei ole riittävän ammattitaitoisia kolmansia osapuolia, jotka osaisivat arvioida tai tarkastella automaatiojärjestelmiä riittävällä tasolla (Vastaaja 3). Tämän lisäksi kiinteistöjen huolto- ja ylläpito henkilöstöllä ei ole riittäviä valmiuksia kyseisten automaatiojärjestelmien käyttämiseen. Monet kuitenkin haluavat yrittää, mikä johtaa monesti virheellisiin säätöihin ja kiinteistön sisäilmaston heikentymiseen entisestään. Pietiläisen (2007) mukaan, rakennusautomaation tuleekin yhdistää ja toimia linkkinä eri alojen välillä, toimivan kokonaisuuden aikaansaamiseksi ja usein ongelmaksi muodostuu tiedonvaihdon puute ja eri osapuolien yhteistyön puute tai tietämys käytön, huollon, ylläpidon ja tietohallinnon osalta.

Luovutusvaiheessa tilaajalle luovutetaan hankkeen asiakirjoista koottu luovutusaineisto. Luovutusaineiston tulee sisältää tilaajan asettamat tavoitteet ja niiden kautta asetetut vaatimukset, toimintakokeiden ja säätöjen suunnitelmat, menettelyt ja raportit, rakennuksen käyttöönnoton koulutussuunnitelma ja aineistot, sekä eri katselmuksien ja tarkastuksien muistiot. (Pietiläinen et al. 2007, s 110.) Käyttöhenkilöstön tulee myös hallita esimerkiksi taloteknisten järjestelmien käyttö, eli heidät on perehdytetty rakennuksen järjestelmien

käyttöön. Teknistä toimivuutta voidaan varmistaa eri järjestelmien toimivan yhdessä ja erikseen oikein, sekä kyseisessä vaiheessa. Mittauksin tehtävää laadunvarmistusta voidaan toteuttaa esimerkiksi järjestämällä kuukausittainen energiakulutuksen seuranta ja tulosten analysointi. Lisäksi voidaan järjestää laadunvarmistukseen määriteltyjen antureiden ja suureiden osalta seurausmittauksia esimerkiksi vertaamalla olosuhteiden toteutuneita arvoja suunniteltuihin. (Pietiläinen et al. 2007, s 119.)

## 6.2.6 Muita keskeisiä tuloksia

Tutkimuksen ja haastattelujen perusteella nousi esiin toistuvasti, että rakentamisen keskeiset ongelmat sijaitsevat tällä hetkellä kiinteistöjen käytössä ja ylläpidossa. Käyttäjillä ja huoltohenkilöstöllä ei ole riittäviä valmiuksia tai tietotaitoja käyttää rakennuksia oikein. Toisaalta, voidaan kyseenalaistaa, onko suunniteltu kokonaisuus tarkoitustaan palveleva, jos yhden riskin toteutuminen saattaa aiheuttaa koko kiinteistön saattamisen käyttökieltoon. Lähtökohtana parempaan rakentamiseen on vikasietoisten rakenteiden suunnittelu. Rakenteet tulisi suunnitella niin, että ne kestävät rasitusta ja virheitä. Esimerkkinä materiaaleja, jotka eivät siedä yhtään kosteutta ei tulisi käyttää rakentamisessa. (Vastaaaja 2.)

Nykyisin sisäilmaongelmien ollessa tapetilla julkisuudessa ja varsin keskeinen puheenaihe, ilmeni monien haastateltavien kommentteissa huoli vääristä oletuksista ja hätäisistä toimenpiteistä. Esimerkkinä monia hyväkuntoisia, tai parhaimmasta päästä kuntosaa puolesta olevia rakennuksia on asetettu käyttökieltoon maalikkojen suuren painostuksen seurauksena. Toisena keskeisenä asiaan liittyvänä ongelmana ovat samankaltaisen painostuksien seurauksena nopeasti korjausratkaisut, jotka eivät ole riittävän laajoja tai korjaa ongelmia oikein ja perusteellisesti. Osansa asiaan vaikuttaa myös korjaushankkeiden alussa tehtävät kuntoarviot ja -kartoitukset, joissa helposti säästetään haastateltavien mukaan väärässä paikassa. ”Kuntotutkimukset tulisi nykyisin suorittaa aina kohdekohtaisesti räätälöitynä.” (Vastaaaja 1). Sisäilmatutkimus on liian usein nykyään yhtä kuin sisäilmaongelma. Pian ei uskalleta tehdä tutkimuksia, koska rakennus saatetaan todeta käyttökieltoon. (Vastaaaja 2.)

Elinkaarimallilla toteutettavat rakennushankkeet ovat yleistyneet. Kyseisessä mallissa rakennusliikkeelle jää korjaus- ja/tai rakennustöiden lisäksi myös kiinteistön huolto. (Vastaaaja 3.) Erilaiset lomajaksot ja kiinteistöjen käyttökäytöt pyritään käyttämään tehokkaasti huoltotoimenpiteiden toteutuksissa. Kaikki ilmentyneet huoltotoimenpiteet, kuten maalaukset yms. pienetkin toteutetaan heti. Tämän ansiosta monet kiinteistön pitkäikäisyyssuunnitelman mukaisille peruskorjauksille ja huolloille ei ole ollut tarvetta, vaan niitä on voitu siirtää eteenpäin tulevaisuuteen. (Vastaaaja 3.)

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

### 7.1 Yhteenveto tuloksista

Diplomityön tuloksena tuotettiin ajankohtaista tietoa tekijöistä, jotka vaikuttavat merkittävästi rakennuksien sisäilmastoon. Tulokset perustuvat tutkimuksen teoriakatsaukseen, ja suoritettuihin haastattelututkimuksiin. Pidettyjen haastatteluiden pohjalta muodostui 145 kappaleen otos sisäilmaan vaikuttavista tekijöistä. Tekijät perustuvat haastateltavien kokemuksiin, joita he ovat kohdanneet uransa aikana. Tulosten analysoinnissa tunnistettiin teoriaosuuden avulla viisi sisäilmastoon merkittävästi vaikuttavaa aihealuetta: hulevesien käsittelyjärjestelmät, rakennusten ilmatiiveys, lattiamateriaalien VOC-päästöt, tilojen ilmanvaihto, sekä kiinteistöjen huolto ja ylläpito. Näitä aihealueita tarkasteltiin tarkemmin tuomalla esille haastateltavien kommenttien ja teoriakatsauksen yhtymäkohtia. Tulosten perusteella tunnistetaan kriittisiä sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä ja aihealueita, joihin rakentamisessa tulee kiinnittää enemmän huomiota tavoiteltaessa onnistunutta sisäilmastoa.

Tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää rakentamisen laadunvarmistusta. Tutkimuksen riittävän luotettavuuden saavuttamiseksi, tavoitteeksi asetettiin noin sadan tekijän otoskoko. Asetettu tavoite täyttyi tutkimuksessa. Haastateltavia tutkimuksessa oli yhteensä viisi kappaletta, joista kaksi edustavat rakentamisessa tilaajia, kaksi asiantuntijoita ja yksi urakoitsijaa. Haastateltavien valinnalla eri rakennusalan osapuolista varmistettiin mahdollisimman laaja perspektiivi tutkittavaan aiheeseen. Tutkimuksessa havaittiin, että tietyt tekijät toistuivat haastattelusta toiseen, ja olivat aiheuttaneet suurimman osan epäsuotuisista sisäilmaston vaikutuksista.

Toistuvia tekijöitä ja valikoituja aihealueita yhdisti useasti puutteellinen kiinteistöjen huolto ja ylläpito. Rakentaminen ja erityisesti talotekniset järjestelmät, sekä rakenneratkaisut käyvät monimutkaisimmiksi rakentamisalan kehittyessä. Kehittyminen mahdollistaa parempien ja tarkempien järjestelmien käyttämisen, mutta samalla se vaatii yhä enemmän asiantuntemusta kiinteistöjen käyttäjiltä, huoltohenkilöiltä, sekä muilta osapuolilta. Rakennusten väärinkäyttö on osoittautunut yhdeksi keskeiseksi sisäilmaongelmien syyksi. Tulevaisuudessa ammattitaitoiseen ja osaavaan huoltoon, sekä ylläpitoon tulisi kiinnittää enemmän huomiota ja valvontaa. Lisäksi haasteena kehitykselle on muutosvastarinta ja juurtuneet näin on ”ennenkin tehty” –asenteet, joihin voidaan parhaiten vaikuttaa koulutuksella ja lisäämällä toteutusorganisaation tietämystä. Koulutuksella voidaan vaikuttaa myös uusien työntekijöiden sopeutumiseen ja vähentää haastatteluissa esille tulleita erehdysten kautta oppimista.

## 7.2 Jatkotutkimusehdotukset

Tutkimustuloksien avulla päädytty, sisäilmastoon merkittävästi vaikuttavat, aihealueet ovat jokainen oma itsenäinen kokonaisuutensa, johon voisi syventyä entistä tarkemmin. Erityisesti nopeasti kehittyvä rakennusautomaatio ja ilmanvaihto ovat asioita, joita tulevaisuudessa tulee tutkia ja tarkastella tarkemmin. Laitteiden ja järjestelmien kehittyessä osaavat käyttäjät ja järjestelmien tuntemus laskee. Rakennusautomaatiolla ja ilmanvaihdolla hallitaan suoraan rakennusten sisäilmastoa, jolloin niiden parempi osaaminen ja käyttö ovat ensisijaisen tärkeitä tavoiteltaessa hyvää ja toimivaa sisäilmastoa.

Torstaina 13.9.2018 esitetystä A-studio (2018) ohjelmassa pureuduttiin kosteusongelmiin Porissa sijaitsevan koulun ongelmien kautta. Kosteusasiantuntija Juhani Pirinen, FCG, mukaan normien asettamat suositusarvot 75/85 RH% betonin pinnoituskosteudelle ovat liian korkeat. Pirinen ei perustellut väitettään tarkemmin. Liian korkeat kosteuspiitoisuudet rakenteissa on kuitenkin pystytty todistamaan ongelmien aiheuttajaksi. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjeelliset arvot eivät päde ainakaan kaikissa tilanteissa. Rakennusten kosteuskäyttäytymistä ja rakenteissa olevan kosteuden vaikutuksiin tulisi syventyä perusteellisemmin. Toisena puutteena Juhani Pirinen nosti esille kosteusteknisen toimivuuden tuomisen sopimusasiakirjoihin. Hänen mukaansa tällä hetkellä ei osata tuoda tai ilmaista oikealla tavalla sopimuksissa kenellä ja miten on vastuu rakennuksen kosteusteknisestä toimivuudesta. (A-studio 2018.) Tätä tukien, tutkimuksen haastatteluissa esiintyi toistuvasti ajatus tulevaisuuden rakentamismalleista, joiden epäillään haastattelujen perusteella siirtyvän enemmän erilaisiin linkaarimalleihin. Rakennusliikkeet joutuvat muuttamaan toimintatapojaan ja tuotteitaan tilaajien kysynnän ja tarpeiden mukaan. Mikäli tilaajat alkavat vaatia esimerkiksi hyvää sisäilmastoa tietylle ajalle, tulee rakennusliikkeiden, sekä tilaajien osata huomioida nämä vaateet myös sopimuksissa. Edellä mainittujen mukaisesti erilaisten sisäilmastoon liittyvien velvoitteiden, tavoitteiden ja toimien viemistä sopimukseen tulisi tutkia ja tarkastella uudelleen alan kehittyessä.

Nykyisin topten –rakennusvalvonnat velvoittavat, että uusissa rakennushankkeissa on nimettyä kosteudenhallintakoordinaattori haettaessa rakennuslupaa. Ilman kosteudenhallintakoordinaattoria ei rakennuslupaa hankkeelle myönnetä. Kosteudenhallintakoordinaattorin tulee laatia hankkeeseen kosteudenhallintaselvitys, jossa kuvataan hankkeen kosteudenhallinnantoiminta. Kosteudenhallintakoordinaattorin velvoitteet rakennustiedon julkaisun Hanketietokortti RT 10-11283 (2018) mukaan: ”*Kosteudenhallintakoordinaattori valvoo ja ohjaa kuivaketjun toteutumista koko hankkeen keston ajan*”. Tulevaisuudessa rakennusvalvonnat kehittävät kosteudenhallinnan toimintamallia, jolloin myös kosteudenhallintakoordinaattorin tehtävät tulevat tarkentumaan ja mahdollisesti laajentumaan. Tutkimus kosteudenhallintakoordinaattorin vastuista, velvoitteista ja tehtävistä palvelisi monia yrityksiä auttamalla heitä tuotteistamaan palvelun ja sen sisällön, sekä yhdenmukaistamaan toimintaa rakennushankkeessa.

Tulevaisuudessa ammattitaitoiseen ja osaavaan huoltoon, sekä ylläpitoon tulee kiinnittää enemmän huomiota. Vastaja 2 painotti ihmisten luotettavuuden olevan nykyisin ongelma ja kaikkea toimintaa tulisi valvoa. Tulisiko näin ollen myös kiinteistöjen huoltoon ja ylläpitoon kohdistaa valvontaa? Toisaalta tietoisuuden lisääntyessä myös tilaajien vaatimukset kehittyvät ja kasvavat. Tähän kysyntään tulee rakennusliikkeiden, sekä muiden palveluntarjoajien vastata. Vastajan 2 mukaan, tilojen olosuhteet tulevat nousemaan rakentamisessa yhä merkittävimmiksi. Rakentamisen seuraava vaihe voi hyvin olla, että tilaajat ostavat rakennusliikkeiltä hyvää sisäilmaa. Edellisen kappaleen mukaisesti tämä johtaa erilaisiin elinkaarimalleihin, joissa ostetaan hyvää sisäilmastoa esimerkiksi 25 vuodeksi. (Vastaja 2.) Rakennusten käytön ja ylläpidon ajan tarkempi tutkiminen puutteiden näkökulmasta on potentiaalinen jatkotutkimusaihe.

## LÄHTEET

Alasuutari, Pertti. 2001. Laadullinen tutkimus. 3. uudistettu painos. Gummerus.

Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavilla [[https://www.finlex.fi/data/normit/14951/asumisterveysohje\\_pdf.pdf](https://www.finlex.fi/data/normit/14951/asumisterveysohje_pdf.pdf)]. Luettu 28.8.2018.

A-studio. 2018. Hometta koulupolulla. Yle. Saatavilla [<https://areena.yle.fi/1-4233723>]. Viitattu 1.10.2018.

Betoniteollisuus ry. 2018. Betonilattian pintatarvikkeet. Saatavilla [<https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/lattiat/betonilattian-pintatarvikkeet/>]. Luettu 23.11.2018

Bryman, A., Burgess, R. G. 1999. Qualitative research. Sage, London.

Creswell, J. W. 2009. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. Thousand Oaks, CA: Sage Publications. s. 175.

Denzin, N, K., & Lincoln Y, S. 1998. The Landscape of Qualitative Research : Theories and Issues. California. SAGE Publications. s 6.

Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council. 2010. Directive of the energy performance of buildings. Saatavilla [<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>]. Luettu 11.9.2018.

Eskola, J., & Suoranta, J. 2014. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino, Tampere.

Eskola, J., & Suoranta, J. 2008. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 8. painos. Vastapaino, Tampere.

Grönfors, Martti. 1982. Kvalitatiiviset kenttätyömenetelmät. Helsinki: WSOY.

Hengitysliitto. 2018. VOC-yhdisteet. Saatavilla [<https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautudet/voc-yhdisteet>]. Luettu 19.8.2018.

Hirsjärvi, Sirkka., & Hurme, Helena. 2000. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Yliopistopaino, Helsinki.

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. 1997. Tutki ja kirjoita. Tammi, Helsinki.

Ilmatieteenlaitos. 2011. 2011. Rakennusten energialaskennan testivuosi 2012 ja arviot ilmastomuutoksen vaikutuksista. Meteorologiska Institutet & Finnish Meteorological Institute. Saatavilla [[https://ilmatieteenlaitos.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=827685fa-942d-4727-abb3-ae2877e55a99&groupId=30106](https://ilmatieteenlaitos.fi/c/document_library/get_file?uuid=827685fa-942d-4727-abb3-ae2877e55a99&groupId=30106)]. Luettu 1.10.2018.

Junnonen Juha-Matti. Rakennushankkeen Laadunvarmistus. Rakennustieto. Saatavilla [<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020202.pdf>]. Luettu 9.11.2018.

Kankainen, Jouko. & Junnonen, Juha-Matti. 2015. Rakennuttaminen. Helsinki, Rakennustieto Oy.

Lapinlampi Tuomo. 2015. Sisäilmapaja 7 Oulu 11.-12.11.2015: Muovimatot ja sisäilma. Saatavilla [<https://www.sisailmayhdistys.fi/content/download/2554/15028/version/1/file/Tuomo+Lapinlampi+sipaja7.pdf>]. Luettu 12.11.2018.

Lincoln, Y., & Cuba, E. 1985. Naturalistic inquiry. Sage, Beverly Hills.

LVI 02-10622. 2018. Energiatodistus. RT-kortisto. Luettu 21.7.2018.

LVI 03-10630. 2018. Talotekniikan laadunvarmistus ja vastaanottomenettely: Prosessikuvaus. 4 s. RT-kortisto. Luettu 27.7.2018.

Ositum, Flec- vs Bulk-menetelmä. Saatavilla [[https://www.ositum.fi/FLEC\\_vs\\_BULK](https://www.ositum.fi/FLEC_vs_BULK)]. Luettu 17.9.2018.

Patton, M. Q. 2002. Qualitative Research and Evaluation Methods. Thousand Oaks: SAGE.

Pietiläinen, J., Kauppinen, T., Kovanen, K., Nykänen, V., Nyman, Mikko., Paiho, S., Peltonen, J., Pihala, H., Kalema, T., & Keränen, H. 2007. ToVa-käsikirja: Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. VTT. Saatavilla [<https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>]. Luettu 12.6.2018.

Rakennusvalvonta. 2017. Kuntaliitto. Saatavilla [<https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/yhdyskunnat-ja-ymparisto/yhdyskunnat-ja-maankaytto/rakennusvalvonta>]. Luettu 5.8.2018.

Rakentaja.fi. 2011. Lait, määräykset ja ohjeet. Saatavilla [[https://www.rakentaja.fi/artikkelit/8510/lait\\_ja\\_maaraykset.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/8510/lait_ja_maaraykset.htm)]. Luettu 17.6.2018.

Ratu F32-0366. 2010. Ikkunan tiivistäminen, tilkinnän korjaus sekä lisäpuutteen asennus. RT-kortisto. Luettu 1.11.2018.

Riessman, Catherine K. 2008. Narrative Methods for the Human Sciences. SAGE Publications, Thousand Oaks, California.



RT 10-11283. 2018. Hanketietokortti. RT-kortisto. Luettu 11.9.2018.

RT 10-11302. 2018. Talotekniikan laadunvarmistus- ja vastaanottomenettely. Tehtävät ja dokumentointi. RT-kortisto. Luettu 12.11.2018.

RT 18-10742. 2001. Rakennusten ylläpito-ohjeen laatiminen. RT-kortisto. Luettu 22.7.2018.

Saari Arto. Rakennushankkeen tavoitteiden asettaminen. Teknillinen korkeakoulu, rakentamistalouden laboratorio. Saatavilla [<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050202.pdf>]. Viitattu 12.9.2018.

Seppänen, O. & Palonen, J. 1997. Sisäilmaston kansantaloudelliset vaikutukset. SIY Raportti 10. Espoo: SIY Sisäilmätieto Oy.

Seppänen, O. 2004. Tuottava toimisto 2005 -projektin loppuraportti. TKK:n LVI-laboratorion raportti B77. Espoo: TKK.

SFS 3862. 1981. Ilman laatu. Työpaikkailma. Formaldehydipitoisuuden määrittäminen kromotrooppimenetelmällä.

SFS 5139. 2011. Rakennuksen pinta-alat

SFS 5412. 1987. Ilmansuojelu. Päästöt. Palamiskelpoiset savukaasut. Hiilimonoksidin määrittäminen ei-dispersiivisellä infrapuna-absorptiomenetelmällä.

SFS 5511. 1989. Ilmastointi. Rakennusten sisäilmasto. Lämpöolojen kenttämittaukset.

Shuttleworth, Martyn. 2008. Qualitative research design. Experiment Resources.

Sisäilmastoluokitus 2018. 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmayhdistys.

Sisäilmayhdistys ry. Puolueetonta tietoa sisäilmasta. Saatavilla [<http://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta>]. Viitattu 9.11.2018.

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2015. Asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Saatavilla [<https://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>]. Viitattu 1.9.2018.

STUK. Radon. Säteilyturvakeskus. Saatavilla [<https://www.stuk.fi/aiheet/radon>]. Viitattu 18.11.2018

Suomen LVI-liitto. 2012. Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuusopas. Saatavilla [<http://www.ym.fi/download/noname/%7B54E08A3C-E78E-4F7F-88C7-DD6F6CE5F652%7D/118709>]. Viitattu 22.9.2018.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2013. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Tammi, Helsinki.

Työterveyslaitos. 2012. TVOC-tavoitetasot. saatavilla [<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/TVOC-tavoitetasot.pdf>]. Viitattu 8.9.2018.

Ympäristöministeriö. 2013. Talotekniset järjestelmät (LVI). Julkaistu 16.9.2013. Saatavilla [[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset\\_jarjestelmat\\_LVI](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI)]. Viitattu 12.9.2018.

Ympäristöministeriö. 2013. Rakennuksen ääniosuhteet. saatavilla [[http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen\\_terveellisyys\\_ja\\_esteettomyys/Rakennuksen\\_terveellisyys/Rakennuksen\\_aaniolosuhteet](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_terveellisyys_ja_esteettomyys/Rakennuksen_terveellisyys/Rakennuksen_aaniolosuhteet)]. Viitattu 11.8.2018.

Ympäristöministeriö. 2017. Suomen säädöskokoelma, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. saatavilla [<https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/sk20171010.pdf>]. Luettu 14.8.2018.

Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Saatavilla [<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>]. Luettu 21.11.2018.

Ympäristöministeriö. 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista. Saatavilla [<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>]. Luettu 21.11.2018.

Ympäristöministeriö. 2017. Suomen säädöskokoelma, 1009/2017, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Oikeusministeriö. saatavilla [<http://www.ym.fi/download/noname/%7BAAD7DB92-F571-4766-A3F1-BFF63383191B%7D/133875>]. viitattu 9.11.2018.

Ympäristöministeriö. 2017. Suomen säädöskokoelma, Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2017. Saatavilla [<http://www.ym.fi/download/noname/%7B431C9010-410D-4CF8-8970-141C38EBF570%7D/133684>]. Viitattu 12.11.2018.

Ympäristöministeriö. 2018. Maankäytön suunnittelun ohjaus – tavoitteena hyvinvoiva elinympäristö. julkaistu 28.4.2015 ja päivitetty 2.7.2018. saatavilla [[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Maankayton\\_suunnittelun\\_ohjaus](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Maankayton_suunnittelun_ohjaus)]. Viitattu 11.9.2018.

Ympäristöministeriö. 2018. Suunnittelu ja valvonta. julkaistu 13.8.2013 ja päivitetty 19.4.2018. saatavilla [[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Suunnittelu\\_ja\\_valvonta](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Suunnittelu_ja_valvonta)]. Viitattu 11.9.2018.

Ympäristöministeriö. 2018. CE-merkintä. julkaistu 29.12.2016 ja päivitetty 23.8.2018. saatavilla [[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/CEmerkinta](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta)]. Viitattu 11.7.2018.

Ympäristöministeriö. 2018. Terveellisyys. Julkaistu 29.12.2016 ja päivitetty 1.11.2018. saatavilla [[http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Terveellisyys)]. Viitattu 9.11.2018.



25.10.2018

Luottamuksellinen

---

Yleinen

Diplomityö Peltomaa

Projekti 980168

## Saatekirje

Hei,

Olen rakennustekniikan diplomi-insinööri –opiskelija Tampereen teknillisessä yliopistossa. Teen diplomityötä rakennushankkeen laadunvarmistamisesta erityisesti sisäilmaston näkökulmasta.

Tutkimukseni tavoitteena on kerätä tietoa ja luoda listaus haastateltavien uransa aikana kohtaamista ongelmista, virheistä ja puutteista, jotka ovat vaikuttaneet rakennusten sisäilmastoon. Tutkimuksen tavoitteena on listauksen avulla pyrkiä tunnistamaan yleisesti esiintyviä ja toistuvia ongelmia. Haastateltavien anonymiteetti on tarkoitus säilyttää koko tutkimuksen ajan, eikä haastateltavista tai heidän puhumista esimerkeistä tulla esittämään työssä mitään henkilö- tai kohdetietoja.

Saatekirjeen liitteenä on esitetty haastattelukysymykset. Kysymysten lisäksi haastattelussa käytetään erilaisia aihealueita haastattelun kohdentamiseksi tietyille osa-alueille. Näiden lisäksi on suotavaa ottaa esille myös asioita aihealueiden ulkopuolelta. Myös aihealueet on esitetty haastattelukysymysten alla.

Ystävällisin terveisin

WSP Finland Oy

Aleksi Peltomaa  
Rakennuttajainsinööri  
Rakennuttamispalvelut

### Liitteet

- 1) Haastattelukysymykset ja aihealueet

---

## Haastattelukysymykset

1. Millaisia ongelmia, virheitä ja puutteita olet kohdannut urasi aikana, jotka vaikuttavat rakennuksen sisäilmastoon?
2. Miten tieto ongelmista ilmeni tai nousi esille?
3. Miten kyseiset ongelmat olisi voitu välttää tai ennaltaehkäistä?
4. Miten kyseiset ongelmat ratkaistiin tai korjattiin?
5. Miten usein kyseiset ongelmat ovat esiintyneet?
6. Muuta asiaa tai huomioita?

## Aihealueita

- Ilmanvaihto
- Lämmitys
- Talotekniset järjestelmät
- Eristeet
- Lattiamateriaalit ja VOC –päästöt
- Käyttö ja ylläpito
- Vaipparakenne
- Liitokset
- Ääniolosuhteet
- Valaistus

Frekvenssi	Ongelma, puute tai virhe	Selite/tarkenne
14,5 %	Tiiviiden lattiamateriaalien liima ja tasoitekerroksien kemialliset rekatiot aiheuttavat VOC-päästöjä	Tiivis lattiamateriaali, kuten kumimatto, estää alapuolisten rakenteiden kuivumisen. Kosteus aiheuttaa liiman ja tasoitteen rajapinnassa kemiallisien reaktioiden käynnistymisen, jonka seurauksena emittoituu sisäilmalle haitallisia päästöjä.
13,8 %	Ilmanvaihtojärjestelmän säädöt ovat väärin	Ilmanvaihtojärjestelmän virheellisten asetusten seurauksena tilojen painetasot ovat pielessä, tai tilojen ilmamäärät eivät vaihdu oikein
7,6 %	Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu väärin	Suunnitellulla ilmanvaihtojärjestelmällä ei pystytä saavuttamaan tavoitteiden mukaisia tasoja
6,9 %	Eristeiden kuidut pääsevät sisäilmaan	Sisäilmaan pääsee käyttäjille haitallisia kuituja esimerkiksi päätyeristeiden teippaamattomuuden seurauksena epätiiveyskohdista tai alakatoista
6,2 %	Väärä siivoustapa aiheuttaa kosteuvaurioita	Lattioiden vesipesu on aiheuttanut kosteuden tunkeutumisen rakenteiseen epätiiveyskohdista, jonka seurauksena on aiheutunut kosteusvaurioita
5,5 %	Ilmanvaihtojärjestelmän palopelti on lauennut	Palopellin laukeamisen seurauksena tilan/tilojen ilmanvaihto ei toimi oikein
4,8 %	Sadevesikourut - ja/tai rännit eivät toimi	Hulevesijärjestelmä on rikkinäinen, esimerkiksi rännit ovat halki ja kosteus valuu rakenteille, tai vaihtoehtoisesti järjestelmät ovat tukossa
3,4 %	Päivittäisen siivouksen laiminlyönti	Päivittäisen yleissiivouksen laiminlyönti aiheuttaa epäpuhtauksien kerääntymisen ja sitä kautta sisäilman tason heikkenemisen kiinteistöön
2,8 %	Muutos- ja korjaustöissä ei huomioida ilmanvaihtoa	Muutos- ja korjaustöiden jälkeisten tilojen ilmanvaihtoa ei ole suunniteltu tai huomioitu.
2,8 %	Tasakaton sisäinen kosteudenpoisto ei toimi	Kattokaivot tai sadevesijärjestelmät ovat tukkiutuneet ja aiheuttaneet kosteuden allastumista katolle.

2,8 %	Radonkermi puuttuu lattian ja seinän rajasta	Radonkermiä ei ole asetettu lattian ja seinän liitoskohtaan, jonka seurauksena epäpuhtaudet pääsevät leviämään sisäilmaan
2,8 %	Tekstiilimatot aiheuttavat hajuhaittoja	Tekstiilimatton materiaaliseokset eivät ole onnistuneet ja seurauksena on puutteellinen erä, joka aiheuttaa hajuhaittoja
2,1 %	Valuurautaisen viemäri pettänyt liitoksen kohdalta	Valuurautaisen viemäriin katkaistu pää ruostunut liitoksen sisällä, mikä aiheuttanut liitoksen pettämisen
2,1 %	Rakennuksen seinänvierusta altistuu jatkuvalla kosteusrasitukselle	Esimerkiksi lumien läjityspaikan tai seinän vierustan kasvillisuuden takia seinä- ja perustusrakenne altistuu jatkuvalla kosteusrasitukselle
2,1 %	Vedeneristys ei toimi oikein	Vedeneristyksessä on puutteellisia kohtia ja kosteus pääsee tunkeutumaan rakenteisiin
2,1 %	Maapohjan epäpuhtaudet leviävät sisäilmaan	Epäpuhtaudet leviävät sisäilmaan epätiiveyskohdista
2,1 %	Avonaisiin alakattorakenteisiin kerääntyy epäpuhtauksia	Alakattojen yläpuolinen siivous jää toteuttamatta vaikean alakattorakenteen takia.
2,1 %	Ilmanmäärsäätimet ovat pettäneet	Ilmanvaihto ei toimi oikein, ilmamäärät ja painesuhteet ovat väärät
1,4 %	Maanpaineeseinien läpiviennit vuotavat	Kosteuspääsee rakenteisiin ja sisätiloihin maanpaineeseinässä olevien läpivientien kautta
1,4 %	Ontelolaattojen sisälle on jäänyt kosteutta	Ontelolaattojen sisään jäänyt kosteus aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteissa
0,7 %	Ilmanvaihtokanavat tuottavat liikaa melua tiloihin	Äänenvaimentimia ei ole riittävästi ja melu kulkeutuu viereiseen tilaan.
0,7 %	Kuparisen vesijohdon puristusliitos pettänyt	Liitokset ovat kestäneet koepaineistukset, mutta pettäneet muutamien vuosien jälkeen.
0,7 %	Vesikatto vuotanut vääränlaisen huollon seurauksena	Vesikatolta poistettu lumia ja jäätä teräväkärkisillä työkaluilla, jotka ovat vaurioittaneet katemateriaalia.
0,7 %	Tiivistyskorjaus on puutteellinen	Metodeilla ja materiaaleilla ei ole saavutettu tavoiteltua tiiveystasoa
0,7 %	Korjauslaajuus ei ole riittävä	Rakennuksen korjaustoimenpiteet eivät ole riittävän kattavat tai tehdyt toimenpiteet ovat väärinä, joten ongelmat eivät poistu.

0,7 %	Irroituskaista puuttuu rakenteiden välistä	Kahden rakenteen välistä puuttuu irroituskaista, joka aiheuttaa epätiivelyskohdan
0,7 %	Kalusteet aiheuttavat hajuhaittoja	Kalusteet itsessään aiheuttavat päästöjä sisäilmaan, jotka ilmentyvät hajuhaittoina
0,7 %	Vesikiertoisten lattialämmitysjärjestelmän inhibiitti ei toimi oikein	Inhibiitti onkin alkanut kuormittamaan järjestelmää odottamattomasti menetettyään ominaisuutensa
0,7 %	Materiaalit sisältävät valmiiksi haitallisia määriä epäpuhtauksia	Ennen materiaalien toimitusta työmaalle materiaalien vaastoisissa, kuljetuksessa tai valmistuksessa on saattanut tapahtua puutteita, jotka ovat aiheuttaneet materiaalin altistumisen epäpuhtauksille
0,7 %	Lämmitysjärjestelmä aiheuttaa meluhaittoja	Lämmitysjärjestelmän tuottama melu aiheuttaa käyttäjissä keskittymis- ja väsymishaittoja
0,7 %	Viemärien kaadot väärin	Viemärijärjestelmä ei ole toiminut oikein ja hulevesiä on kerääntynyt linjastoon
0,7 %	Vesiputkien kupariseos on ollut puutteellista	Tehtaalla tehty kuparierä on ollut puutteellinen, mikä aiheutti vesijohtojen käyttöiän puolittumisen
0,7 %	Käännetyn katon kaivo ei toimi	Kantavan betonin yläpuolella oleva kattoakivon sihti osuus oli tukittu betonilla, eikä kaivo vetänyt
0,7 %	vierekkäisten neuvottelutilojen väliseinän liitos ulkoseinään ääniteknisesti puutteellinen	Ulkoseinässä on ikkunat molempiin neuvottelutiloihin, jolloin väliseinälle jää hyvin pieni tila ikkunoiden välille, johon seinärakenne tulee toteuttaa.
0,7 %	Valaisimien heijastusongelmat	Alaspäin suunnatut loisteputket aiheuttavat heijastusongelmia
0,7 %	Puujulkisivuissa leväkasvustoja	Uusien rakennusten julkisivuissa on alkanut esiintymään leväkasvustoja



## Käyttäjäkysely

Kiinteistössä suoritetaan sisäilmaston laatuun ja kosteusvaurioihin liittyviä tutkimuksia. Tutkimusten suorittamista varten kysymme mielipidettänne sisäilmaston laadusta ja mahdollisia havaintoja kosteusvaurioista. Kyselylomaketta käytetään mm. kuntotutkimuksen lähtötietojen keräämiseen, tutkimusohjelman laatimiseen ja tutkimuksen painopistealueiden määrittämiseen. Vastaukset käsitellään luottamuksellisesti. Kyselyä tai tutkimuksia koskeissa kysymyksissä voitte kääntyä \_\_\_\_\_, puh. \_\_\_\_\_ tai \_\_\_\_\_, puh. \_\_\_\_\_ puoleen.

Pyydämme palauttamaan kyselyn \_\_\_\_\_ mennessä osoitteeseen \_\_\_\_\_.

## Taustatiedot

Rakennuksen nimi:		
Kuinka kauan olette työskennelleet rakennuksessa?		vuotta
Missä huoneessa/työpisteessä työskentelette pääasiallisesti?		

## Kosteusongelmat

Onko rakennuksessa kosteus- tai homevaurioita?		
Ei		
Näkyvää hometta, missä		
Homeen (maakellarin) hajua, missä		
Kosteita kohtia tai tummumia, missä		
Pintarakenteiden irtoamista, lohkeilua, hilseilyä jne., missä		
Muuta, mitä		
Mistä kosteusvauriot ovat mielestäsi saattaneet johtua?		
Katto on vuotanut		
Ikkunat ovat vuotaneet		
Ulkoseinät ovat vuotaneet		
Putket ovat vuotaneet		
Laittevaurioista (esim. astianpesukone)		

Kosteus on noussut maapohjasta lattiaan/seiniin			
WC/pesutiloissa on puutteellinen veden- ja kosteudeneristys			
Muusta, mistä			
Systä, joita en osaa sanoa			
Liittyvätkö kosteusvauriot mielestänne johonkin erityiseen sääolosuhteeseen tai vuodenaikaan?			
Huurtuvatko työhuoneenne ikkunat talvella?			
Ei			
Kyllä, sisäikkunan pinta			
Kyllä, ulkoikkunan pinta			
Huomautuksia ja lisätietoja:			

Onko rakennuksessa esiintynyt jokin seuraavista ongelmista viimeisen vuoden aikana?				
	Kyllä jatkuvasti	Kyllä joskus	Ei / harvoin	En tiedä
Liian korkea huonelämpötila				
Liian matala huonelämpötila				
Veto				
Lattioiden/pintojen kylmyys				
Kuiva ilma				
Kostea ilma				
Tunkkainen ilma				
Pölyinen ilma				
Havaittava pöly tai lika (pinnoilla)				
Epämiellyttävä haju, mikä				

Riittämätön ilmanvaihto				
Ilmanvaihtolaitteiden aiheuttama melu				
Muu melu, mikä				
Heikko valaistus tai häikäisy/heijastukset				
Muuta, mitä				
Lisätietoja:				

Onko työtilassanne voimakkaita tai epämiellyttäviä hajuja?			
Home (maakellari)	Viemäri	Pakokaasu	Ruoka
Muu, mikä			
Mistä hajut ovat mielestänne peräisin?			
kellarista	ulkoa	lattiakaivosta/pesualtaasta	
keittiöstä/ruokalasta	ilmanvaihdosta	muualta, mistä	
Onko työpaikkanne ilmanvaihtojärjestelmä mielestänne kunnossa?			
Ei	Kyllä	En osaa sanoa	
Kuinka usein tiloja tuuletetaan ikkunoiden kautta?			
Kerran viikossa tai harvemmin		Kerran päivässä	Kesällä
Useasti päivän aikana		Jatkuvasti	Ei koskaan
Onko teillä mielestänne sisäilmaongelmaan liittyvää oireilua joka häviää oleskeltaessa poissa tästä rakennuksesta?			
Ei	On, joskus	On, viikoittain	En osaa sanoa
Esiintyykö työpaikallanne sisäilmastosta johtuvia työntekijöiden poissaoloja?			
Ei	Vähän	Runsaasti	En osaa sanoa
Mistä sisäilmaongelmat mielestänne johtuvat?			
Kosteusvauriosta		Rakennusmateriaalista tai rakenteista	

Ilmanvaihtojärjestelmästä		Virheellisestä käytöstä	
Puutteellisesta huollosta		Puutteellisesta siivouksesta	
En osaa sanoa		Muusta, mistä	
Mikä mielestäsi olisi tärkein toimenpide sisäilmaston parantamiseksi?			
Kosteusvaurioiden korjaus		Lämmityksen säätö	
Ilmanvaihdon parantaminen		Siivouksen tehostaminen	
En osaa sanoa		Muu, mikä	
Huomautuksia ja lisätietoja:			

Muokattu lähteistä Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas 28. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Tampere 1998. 143 s. ja Jokiranta K, Palonen J, Kauriinvaha E, Kettunen A - V, Viljanen M, Hildén S. Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille. Sisäilmayhdistys raportti 12. Helsinki 1999.

Sisäilmasto-ongelmat

© Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat, Sisäilmayhdistys ry. (2008)