

Eero Inkinen

# KOULUJEN SISÄILMAONGELMIEN MUUTOKSET

Kandidaatintyö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Tarkastaja: Ulrika Uotila  
Tammikuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Eero Inkinen: Koulujen sisäilmaongelmien muutokset (Changes in indoor air problems in schools)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tammikuu 2022

---

Koulujen sisäilmaongelmat ovat ajankohtainen aihe, sillä 24 % Suomen kouluista kärsii kosteusongelmista ja noin 500 koulussa on jonkin asteinen sisäilmaongelma. Tässä kandidaatintyössä tutkitaan koulujen sisäilmaongelmia ja erityisesti sitä, kuinka ne ovat muuttuneet viimeisen 30 vuoden aikana. Lisäksi selvitetään millaisia ongelmat ovat ja mistä ne johtuvat.

Sisäilmaongelmia voivat aiheuttaa monet erilaiset tekijät, jotka ovat tässä työssä jaettuna kahteen ryhmään, fysikaalisiin ja kemiallisiin aiheuttajiin. Fysikaalisia aiheuttajia ovat lämpötila, ilmankosteus, ilmanvaihto ja radon. Kemiallisia aiheuttajia ovat erilaiset hiukkaset, mikrobit ja yhdisteet. Suurin osa sisäilman epäpuhtauksista on peräisin ihmisen toiminnoista.

Riittämätön ilmanvaihto on hyvin yleinen sisäilmahaitta koulurakennuksissa ja yleensä se on ongelmana rakennuksissa, joissa on käytössä painovoimainen ilmanvaihto tai vain koneellinen poistoilmanvaihto. Kouluihin tehtäessä remontteja on vanha ilmanvaihtoratkaisu voitu vaihtaa koneelliseksi tulo- ja poistoilmanvaihdoksi, jolloin muun muassa mikrobeja ja muita epäpuhtauksia päätyy sisäilmaan vuotavista rakenteista. Rakennuksen sisätiloissa tulee olla alipaine, jotta ilmanvaihto toimii oikein. Kosteusongelmat ovat toinen yleinen ongelma kouluissa, mitkä johtuvat pääasiassa rakenteiden teknisestä vanhenemisesta. Lisäksi uusissa kouluissa on myös havaittu kosteusongelmia ja niiden syynä on yleensä liian kiireinen rakentamisaikataulu.

Kandidaatintyön neljännessä luvussa käsitellään sisäilmaongelmien muutoksia siltä kannalta, kuinka koulurakennusten käyttäjät ovat havainneet sisäilmahaittoja. Tunkkaisuus ja riittämätön ilmanvaihto ovat olleet eniten havaittuja haittoja 1990-luvulla, ja ne ovat myös eniten havaittoja saaneet haitat 2010-luvulla. Eniten ongelmia on havaittu rakennuksissa, jotka ovat rakennettu 1960–1980-luvuilla. Uudemmissa rakennuksissa sisäilmaongelmien havaintoja on merkittävästi vähemmän.

Työn lopussa on yhteenveto ja päätelmiä siitä, miksi sisäilmaongelmia koetaan yhä olevan samoissa määrin kuin 20 vuotta sitten. Rakentaminen on kehittynyt, mutta havaintojen perusteella sisäilmaongelmia ilmenee edelleen eikä niiden määrää ole saatu juuri vähennettyä. Tutkimuksen perusteella sisäilmaongelmien havainnot ovat pysyneet melko samana, mutta ongelmien syyt ovat hieman muuttuneet.

Avainsanat: Sisäilma, koulurakennus, sisäilmaongelma, ilmanvaihto, kosteusongelma

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. SISÄILMAN LAATU .....	2
2.1 Perustietoa sisäilmasta .....	2
2.2 Sisäilmaongelmien fysikaaliset aiheuttajat .....	2
2.2.1 Lämpötila .....	2
2.2.2 Ilmankosteus.....	3
2.2.3 Ilmanvaihto ja veto .....	3
2.2.4 Radon .....	4
2.3 Sisäilmaongelmien kemialliset aiheuttajat .....	4
2.3.1 Pöly.....	4
2.3.2 Mikrobit .....	5
2.3.3 Kuidut .....	5
2.3.4 Hiilidioksidi .....	5
2.3.5 Aldehydit.....	6
3. KOULUJEN SISÄILMAONGELMAT.....	7
3.1 Ilmanvaihdon ongelmat .....	7
3.2 Kosteusongelmat .....	9
4. SISÄILMAONGELMIEN MUUTOKSET .....	11
5. YHTEENVETO .....	15
LÄHTEET .....	17

# 1. JOHDANTO

Sisäilmaongelmat kouluissa on ajankohtainen aihe, josta on uutisoitu paljon. Koulujen sisäilman huono laatu on merkittävä asia, sillä vähintään 24 %:ssa Suomen kouluista on kosteusongelmia ja 500 koulua kärsii jonkin asteisista sisäilmaongelmista (Haverinen-Shaughnessy et al. 2012; Mölsä 2016). Aihetta kannattaa tutkia, koska sisäilmaongelmia on kaikenikäisissä kouluissa ja ne voivat aiheuttaa terveydellisiä haittavaikutuksia. Opilaiden ja koulujen henkilökunnan oireista on raportoitu paljon, mutta selkeää yhteyttä ei ole selvitetty, kuinka paljon sisäilmaongelmat ovat syynä erilaisiin oireisiin.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää koulujen sisäilmaongelmia ja niiden muutoksia sekä vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten koulujen sisäilmaongelmat ovat muuttuneet?
- Mitä sisäilmaongelmia kouluissa on?
- Mistä sisäilmaongelmat johtuvat?

Kandidaatintyö tehdään kirjallisuustutkimuksena, jossa on koottu tietoa koulujen sisäilman laadusta ja ongelmista tehdyistä tutkimuksista, sekä tehdään niiden mukaan päätelmiä. Tutkimuksessa keskitytään sisäilmaongelmien muutoksiin 1990-luvulta nykypäivään, sillä vasta 1990-luvun lopulla alettiin huomioimaan enemmän sisäilma- ja homeo-ongelmia koulurakennuksissa (Mölsä 2016).

Aiheeseen liittyen on tärkeää tietää, mistä sisäilmaongelmat aiheutuvat, joten siitä kerrotaan työn toisessa luvussa. Kolmannessa ja neljännessä luvussa käsitellään kouluissa todettuja sisäilmaongelmia ja niiden muuttumista. Viidennessä luvussa on yhteenveto, sekä esitellään päätelmiä esimerkiksi siitä, voiko raportoitujen oireiden laadun ja määrän perusteella tehdä johtopäätöksiä koulujen sisäilman laadusta.

## 2. SISÄILMAN LAATU

### 2.1 Perustietoa sisäilmasta

Sisäilma käsitteenä tarkoittaa ilmaa, joka on rajoitettu rakenteilla. Sisäilmasto on sisäilman ja lämpöolosuhteiden muodostama kokonaisuus. (Työterveyslaitos) Tässä työssä käsitellään sisäilmaa ja -ilmastoja. Näihin käsitteisiin liittyy vielä sisäympäristö, joka on vielä laajempi kokonaisuus. Tähän on lisätty vielä sisäilmasto- käsitteeseen verrattuna valaistus, äänet ja ergonomiset tekijät. (Työterveyslaitos)

Työikäiset ihmiset viettävät ajastaan 90 % sisätiloissa, joten sisäilman laatu on merkittävä asia. Laadukas sisäilma on lämpötilaltaan ja ilmankosteudeltaan miellyttävä sekä tuoksultaan neutraali. (THL 2021) Sisäilman laadulle on annettu erilaisia vaatimuksia rakennusten käyttökohteiden mukaan.

### 2.2 Sisäilmaongelmien fysikaaliset aiheuttajat

Sisäilmaongelmien aiheuttajat voidaan jakaa fysikaalisiin ja kemiallisiin. Fysikaaliset aiheuttajat liittyvät yleensä rakennuksen sijaintiin ja ympäristöön liittyviin asioihin. Lisäksi ne liittyvät rakennuksen rakenne- ja ilmanvaihtoratkaisuihin sekä käytettyihin rakennusmateriaaleihin. (Yleisimmät sisäilmaongelmat)

#### 2.2.1 Lämpötila

Ihmiset tuntevat lämmön yksilöllisesti. Lämmön tuntemiseen vaikuttavat usein myös muut olosuhteet, kuten ilmankosteus ja ilmanvaihto sekä se, miten on pukeutunut. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa (545/2015) on annettu rajat, minkä välissä lämpötila pitäisi olla erityyppisissä rakennuksissa. Koulurakennuksissa huonelämpötilan rajat ovat lämmityskaudella 20 °C – 26 °C ja lämmityskauden ulkopuolella 20 °C – 32 °C (STM 545/2015).

Lämpötilaan rakennusten sisällä vaikuttavat suuresti valitut rakenneratkaisut ja erityisesti, mitä eristeitä on käytetty, kuinka tiiviitä rakenteet ovat ja minkälaisia kylmäsiltoja on. Lisäksi lämpötilaan vaikuttavat käytetyt lämmitysjärjestelmät ja auringon säteilyn määrän pääsy sisätiloihin. Auringon säteily nostaa varsinkin pintojen lämpötiloja. Myös erilaiset sähkölaitteet voivat lämmittää sisäilmaa.

Lämpötila vaikuttaa rakenteiden toimivuuteen, ja tämän vuoksi myös välillisesti sisäilman laatuun (THL 2021). Sisäilman lämpötilan ollessa korkea ilma vaikuttaa kuivalta ja voi

lisätä päästöjä eri rakennusmateriaaleista. Viileä sisäilma tuntuu ihmisillä lihaksissa ja nivelissä. Alhainen lämpötila hidastaa kosteuden kuivumista, ja erityisesti märkätiloissa tämä voi aiheuttaa homeongelmia. (Huoneilman lämpötila) Pintojen alhainen lämpötila taas mahdollistaa kosteuden tiivistymisen näille pinnoille.

## **2.2.2 Ilmankosteus**

Ilmankosteus sisätiloissa on riippuvainen ulkoilman olosuhteista sekä rakennuksen sisällä tapahtuvasta toiminnasta. Esimerkiksi rakennusta lämmitettäessä ilmankosteus sisällä laskee. Hyvänä sisäilman suhteellisena kosteutena pidetään talviaikaan 20–40 %, kun kesäaikaan suhteellinen kosteus on yleensä 50–70 % (Huoneilman kosteus).

Ilmankosteuden ollessa alhainen aiheuttaa se ihmisille hengitysteiden ja limakalvojen ärtymistä. Ilmankosteuden ollessa korkea, mahdollistaa se mikrobien kasvun. Kun ilman suhteellinen kosteus on yli 70–80 % ovat olosuhteet edullisia homesientien kasvuun, ja yli 90 %:n suhteellinen kosteus voi aiheuttaa lahovaurioita. (Fysikaaliset tekijät)

## **2.2.3 Ilmanvaihto ja veto**

Ilmanvaihdon tarkoitus on poistaa epäpuhdasta ilmaa pois sisätiloista ja tuoda puhdasta ilmaa sisälle. Ilmanvaihto voi olla painovoimainen tai koneellinen. Painovoimainen ilmanvaihto perustuu paine- ja lämpötilaeroihin. Koneellisessa ilmanvaihdossa joko pelkkä poistoilma puhalletaan ulos koneellisesti tai sitten molemmat eli poisto ja tuloilma puhalletaan koneellisesti.

Sisäilmaongelmia ilmanvaihdosta aiheutuu, jos epäpuhdasta ilmaa ei saada tarpeeksi johdettua pois. Myös tuloilmasta voi aiheutua ongelmia, jos se ei ole tarpeeksi puhdasta. Näin voi käydä, jos otetaan tuloilmaa paikasta, jossa ilma ei ole tarpeeksi puhdasta, esimerkiksi läheltä jätekatoksia. Toinen vaihtoehto on, että tuloilmaa ei saada riittävästi, jolloin ilma siirtyy rakenteiden liitoskohtien kautta ja tällöin ilma voi sisältää epäpuhtauksia rakenteista. (THL 2021)

Vedon tunteminen on sitä, kun tuntee lämmön siirtyvän iholta. Vedon tuntemiseen vaikuttavat lämpösäteily ja ilman nopeus, johon yleensä vaikuttaa ilmanvaihto. Veto ei kuitenkaan aiheuta sairauksia, mutta se aiheuttaa palelua ja toimintakyvyn alenemista. (Fysikaaliset tekijät)

## 2.2.4 Radon

Radon on radioaktiivinen kaasu, jota voi esiintyä sisäilmassa. Radon on terveydelle haitallista ja esimerkiksi oleilu korkeassa radonpitoisuudessa lisää riskiä sairastua keuhkosyöpään. Radon on hajutonta ja näkymätöntä, joten sen määrä täytyy mitata. Esimerkiksi työpaikoilla, joissa työskennellään yli 20 tuntia vuodessa, täytyy radonpitoisuus mitata paitsi, jos työpaikka sijaitsee rakennuksen toisessa tai ylemmässä kerroksessa. (STUK)

Sisäilmaan radonia tulee pääasiassa maaperästä. Radon pääsee sisäilmaan maaperästä perustusten kautta. Radonia voi myös vapautua talousveden käytössä ja lisäksi sitä voi erittyä rakennusmateriaaleista. (Sisäilman hiukkaset ja kuidut) Radonpitoisuutta sisäilmassa voidaan laskea, tekemällä radonturvalliset perustukset. Korjausrakentamisessa tämä on haastavaa, joten toimiva koneellinen ilmanvaihto on myös tapa laskea radonpitoisuutta.

## 2.3 Sisäilmaongelmien kemialliset aiheuttajat

Sisäilmaongelmien kemiallisia aiheuttajia ovat pölyhiukkaset, mikrobit ja eri yhdisteet. Näitä epäpuhtauksia voi tulla sisäilmaan niin ulkoilmasta kuin myös ihmisen toiminnasta ja rakennuksessa käytetyistä materiaaleista. Merkittävä osa ilman epäpuhtauksista on peräisin ihmisen toiminnoista (Yleisimmät sisäilmaongelmat).

### 2.3.1 Pöly

Pöly on haitallista ihmiselle erityisesti, kun on kyseessä hiukkaskooltaan pienempiä kuin 5 µm:n pölyhiukkasia, sillä nämä pääsevät ihmisen hengityselimistöön. Merkittävä pölyn laji sisäilmassa on huonepöly. Huonepölyllä tarkoitetaan leijuvaa tai laskeutuvaa pölyä, joka koostuu epäorgaanisista ja orgaanisista hiukkasista. Leijuvan pölyn määrää vähennetään ilmanvaihtoilla ja laskeutuvan pölyn määrää siivoamalla. (Hiukkasmaiset epäpuhtaudet)

Siitepöly, katupöly ja eläinpöly pääsevät sisäilmaan ja ne ovat myös terveydelle haitallisia. Siitepöly ja eläinpöly voivat aiheuttaa allergisia reaktioita, niille allergisille oleville ihmisille. Katupöly on pääasiassa karkeaa pölyä, joka koostuu jauhautuneesta hiekoitus-hiekasta ja tiesuolasta, mutta siinä on mukana pienhiukkasia ja tiettyihin vuodenaikoihin eri siitepölyjä (Katupöly). Katupölyä ja siitepölyä pääsee sisäilmaan epätiivitteen rakenteiden ja ilmanvaihdon sekä ikkunatuuletuksen kautta.

### 2.3.2 Mikrobit

Mikrobeja ovat bakteerit, virukset, sienet ja levät. Mikrobit ovat toisistaan poikkeavia ja otollisissa olosuhteissa ne lisääntyvät vauhdilla. Mikrobit voivat aiheuttaa ihmisille monenlaisia oireita ja tauteja. Mikrobien ominaisuudet, jotka aiheuttavat ihmisille terveyshaittoja, ovat mikrobien aineenvaihduntatuotteet, homesienet ja erilaiset toksiniitit.

Aineenvaihduntatuotteet leijuvat ilmassa ja ovat peräisin kosteusvaurioituneista rakenteista. Myös homesienet ja toksiniitit ovat peräisin kosteusvauriosta. Kosteusvaurion laatu, lämpöolosuhteet, sijainti, ja rakenteen materiaali vaikuttavat siihen, mikä mikrobisto tulee vallitsevaksi. Sisäilman suhteellisen kosteuden ollessa yli 70 % ja lämpötilan ollessa 20 °C – 25°C ovat olosuhteet otolliset mikrobien kasvulle. (Mikrobikasvun edellytykset)

### 2.3.3 Kuidut

Kuituja käytetään rakennuksissa eristemateriaaleina. Yleisimpiä käyttökohteita ovat ylä- ja alapohjan lämmöneristys ja ilmanvaihtokanavien lämpö-, ääni- ja paloeristys. Näitä epäorgaanisia kuituja ovat erilaiset lasikuidut ja mineraalivillat. Osa kuiduista leijuu rakennusten sisäilmassa ja osa laskeutuu pinnoille. Karkeat kuidut ovat halkaisijaltaan yli 3 µm ja ne laskeutuvat pinnoille helpommin kuin hienot kuidut. Karkeat kuidut aiheuttavat todennäköisemmin oireita kuin hienot kuidut. Kuidut voivat päätyä hengitysteihin ja aiheuttaa oireita siellä ja lisäksi pinnoilta kuidut tarttuvat helposti käsiin, joiden mukana ne päätyvät myös silmiin. (Hiukkasmaiset epäpuhtaudet)

Asbesti on yleisnimitys useille mineraalikuiduille. Asbestia käytettiin Suomessa rakentamisessa yli 10000 tonnia vuodessa 1960- ja 1970-luvuilla. Vuonna 1993 Suomessa kiellettiin asbestin uusikäyttö, mutta iso osa käytetystä asbestista on jäljellä Suomen rakennuksissa. (Hiukkasmaiset epäpuhtaudet) Asbestipitoisuuden sisäilmassa pitää olla alle 0.01 kuitua/cm<sup>3</sup> ja pinnoille laskeutuneessa pölyssä ei saa olla asbestia (Sisäilman hiukkaset ja kuidut).

### 2.3.4 Hiilidioksidi

Sisäilman hiilidioksidi on suurimmilta määrin peräisin ulkoilmasta, mutta hiilidioksidia päätyy sisäilmaan myös ihmisen hengityksen seurauksena. Kun hiilidioksidia on ilmassa paljon, tuntuu ilma tunkkaiselta. Korkea hiilidioksidipitoisuus ilmassa voi aiheuttaa päänsärkyä, väsymystä ja vaikeuksia keskittymiseen sekä työskentelemiseen. Pitoisuus



voi usein nousta korkeaksi, kun useampi ihminen viettää pitkiä aikoja samoissa tilassa esimerkiksi kouluissa oppituntien aikana. (Sisäilman kemikaalit)

Hiilidioksidipitoisuutta pidetään tyydyttävänä, kun se on alle  $1500 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ . Hiilidioksidipitoisuus on mitoittavana tekijänä, kun suunnitellaan ilmanvaihtoa. (Kemialliset epäpuhtaudet) Yleensä, jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus on korkea, on se merkki siitä, että ilmanvaihto ei ole riittävä. Pitoisuudelle ei ole terveydellistä ohjearvoa, mutta pitoisuus tulisi mitata, jos ilma tuntuu tunkkaiselta. (Sisäilman kemikaalit)

### 2.3.5 Aldehydit

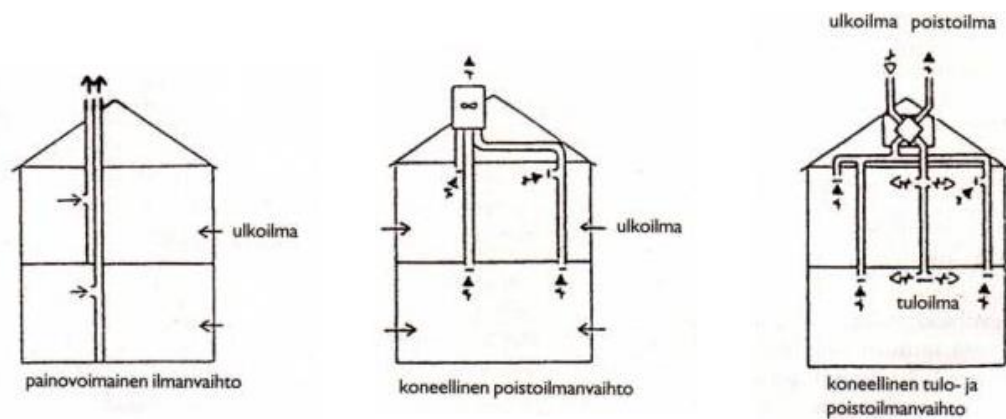
Aldehydit ovat kemiallisia yhdisteitä ja niitä pääsee sisäilmaan rakennusmateriaaleista, tekstiileistä ja erilaisista desinfiointi- sekä hajuaineista. Jos aldehydejä havaitaan sisäilmassa runsaasti, on syynä todennäköisesti kosteusvaurio mineraalivillaeristeissä. Aldehydit aiheuttavat ärsytystä silmissä ja limakalvoissa ja monet niistä ovat pistävän hajuisia. (Kemialliset epäpuhtaudet)

Formaldehydi ärsyttää silmiä ja aiheuttaa ylähengitysteissä ärsytystä. Formaldehydipitoisuus ei saa ylittää sisäilmassa  $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$  vuosikeskiarvorajaa eikä  $100 \mu\text{m}/\text{m}^3$  lyhyen mittauksen rajaa. Ihminen haistaa pistävän hajuisen formaldehydin, kun pitoisuus on n.  $35 \mu\text{m}/\text{m}^3$ . (Sisäilman hiukkaset ja kuidut) Formaldehydin pääasiallinen lähde on ureaformaldehydiliima, jota käytetään lastulevyjen sidosaineena. Myös parketeissa, laminaateissa ja paneeleissa voidaan käyttää formaldehydipitoista liimaa. Ihminen haistaa formaldehydin herkästi. (Kemialliset epäpuhtaudet)

## 3. KOULUJEN SISÄILMAONGELMAT

### 3.1 Ilmanvaihdon ongelmat

Koulurakennuksissa on käytössä jokaisia ilmanvaihtoratkaisuja eli painovoimaista ja koneellista ilmanvaihtoa sekä koneellista poistoilmanvaihtoa. Kouluissa on ollut aikaisemmin käytössä painovoimainen ilmanvaihto, mutta ilmanvaihtoja on vaihdettu koneellisiksi (Mölsä 2016). Kuvassa 1 on esitetty eri ilmavaihtojärjestelmän periaatteet. Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) 3 luvun 9 pykälän mukaan ulkoilmavirran on oltava oleskelutiloissa käyttöaikana vähintään 6 l/s henkilöä kohti. Kuitenkin tutkimuksen mukaan 58 % luokkahuoneista jäätin tavoitearvon alle. Kaikissa kouluissa, joissa päästiin tavoitearvon ylle, on käytössä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, ja tavoitearvon alle jääneissä kouluissa on käytössä kaikkia ilmanvaihtoratkaisuja. (Haverinen-Shaughnessy et al. 2016)



**Kuva 1.** Ilmanvaihtojärjestelmien periaatteet (Ilmavirtaukset rakennuksessa)

Muutokset ilmanvaihtoratkaisuissa ovat aiheuttaneet muutoksia sisäilmaongelmiin. Puutteellinen ilmanvaihto on ongelmana erityisesti koulurakennuksissa, joissa on käytössä painovoimallinen ilmanvaihto tai vain koneellinen poistoilmanvaihto (Haverinen-Shaughnessy et al. 2016). Kun ilmanvaihto on puutteellinen, sisäilma on tunkkaista ja ilman epäpuhtaudet eivät poistu sisätiloista. Ilmanvaihtoa on tehostettu usein avaamalla ikkunoita, jonka seurauksena sisäilmaan pääsee helposti epäpuhtauksia ulkoilmasta. Ikkunatuuletus tuo mukanaan muitakin ongelmia kuten melua ja lämpötilojen vaihtelua, joten ikkunatuuletusta ei voida käyttää välttämättä kuin hetkellisesti.

Kouluissa, joissa on puutteellinen ilmanvaihto, on havaittu myös korkeita lämpötiloja. Liian korkeat sisälämpötilat on mitattu lämmityskauden ulkopuolella. Koneelliselle ilmastoinnille ei ole kuitenkaan tarvetta, jos voidaan turvata riittävä määrä viileää korvausilmaa. (Haverinen-Shaughnessy et al. 2016)

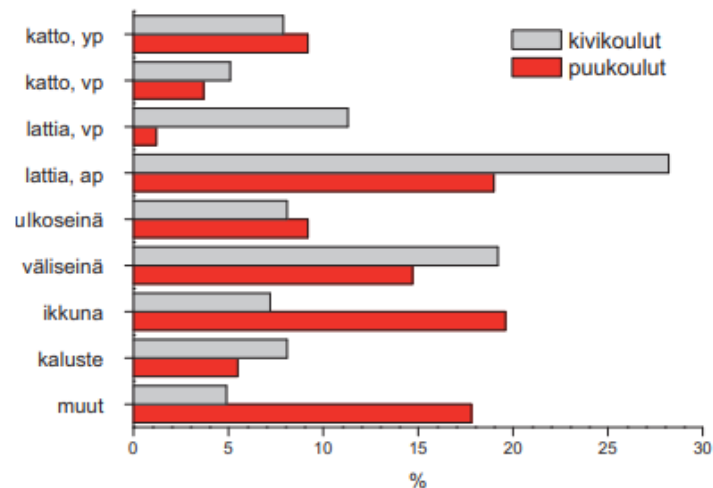
Koulujen ilmanvaihtoratkaisuja on vaihdettu koneelliseksi, jonka takia on muodostunut uusia ongelmia. Aikaisemmin ongelmana oli ollut vain tunkkaisuus riittämättömän ilmapuhtausvirran takia, mutta kun ilmanvaihto on vaihdettu koneelliseksi, voi mikrobeja siirtyä rakenteista ja liikkeisestä korvausilmasta sisäilmaan (Mölsä 2016). Tämä johtuu ilmanvaihtojärjestelmien aiheuttamasta paine-erosta. Paine-erot rakennuksen vaipan yli muodostuvat ilmanvaihtojärjestelmän ulkoilma- ja poistoilmavirran eroista. Sisäilma on yleensä alipaineista verrattuna ulkoilmaan. (Kukkonen 2016) Jotta ilmanvaihtojärjestelmä toimii tarkoituksenmukaisella tavalla, täytyy sisäilman olla alipaineista. Suunnitteluvaiheessa erityissuunnittelija vastaa siitä, ettei paine-eroista johtuen alipaineen takia ei siirry epäpuhtauksia sisäilmaan ja ylipaineesta ei aiheudu rakenteita vaurioittavaa kosteusrasitusta (Yma 1009/2017). Sopiva suunniteltu alipaine on muutaman pascalin luokkaa, mutta koneellinen poistoilmanvaihto tarvitsee vähintään 10 pascalin alipaineen, jotta järjestelmä toimisi oikein (Kukkonen 2016).

Sisätiloissa alipaineen ollessa suuri, täytyisi rakennuksen vaipan olla tiivis. Kun rakennuksen vaipan tiivisyys ei ole riittävä, pyrkii ilma siirtymään mahdollisten vuotokohtien kautta. Tämä on tyypillinen ongelma, kun korvausilman saannista ei ole huolehdittu eli ongelma koskee pääasiassa rakennuksia, joissa on vain koneellinen poistoilmanvaihto (Ilmavirtaukset rakennuksessa). Ikkunat ja ulko-ovet ovat yleisimpiä vuotokohtia, mutta ne eivät aiheuta kovin suurta haittaa. Koulujen ilmanvaihdon korjausten yhteydessä on tehty koulurakennukselle tiiviyskorjauksia, mutta näillä korjauksilla ei ole koko rakennuksen vaippaa saatu tiiviiksi, joten tästä syystä ilma siirtyy hallitsemattomista vuotokohdista alipaineiseen sisätilaan. Epäedullisia vuotokohtia ovat erityisesti ylä- ja alapohjan rakenteet. (Kukkonen 2016; Mölsä 2016)

Ilmanvaihdon toiminnan kannalta on merkittävää myös se, että se on säädetty tarkoituksen mukaisella tavalla ja sitä käytetään oikein. Suomessa isot kunnat ovat suosittelleet koulujen ilmanvaihdon sulkemista yö ajaksi. Ongelmarakennuksissa suositellaan kuitenkin pidettäväksi ilmanvaihto jatkuvasti päällä. Ilmanvaihdon sulkemista käyttöajan ulkopuolella perustellaan energiansäästöllä. Koulurakennusten käyttäjät ovat kuitenkin antaneet palautetta epäpuhtaasta sisäilmasta, kun ilmanvaihto on käynnistynyt usein puoli tuntia ennen kuin ihmiset saapuvat aamulla paikalle. Rakennusteollisuuden mukaan yleiset ohjeet ilmanvaihdon sulkemisesta ei ole hyvä tapa energiansäästämiseen, sillä ilmanvaihtojärjestelmät rakennuksissa ovat erilaisia ja eri kuntoisia. (Mölsä 2019)

## 3.2 Kosteusongelmat

Kosteusongelmat ovat yksi merkittävä syy koulujen sisäilmaongelmiin. Kosteusvauriot rakenteissa mahdollistavat mikrobin ja homeiden kasvun, mitkä voivat olla terveydelle haitallisia. Lisäksi kosteusvauriot voivat vahingoittaa itse rakennetta esimerkiksi aiheuttaa puun lahoamista. Yleisin kosteusvaurion syy on se, kun kosteus pääsee tunkeutumaan rakenteisiin sen takia, että rakenteen materiaali on teknisesti vanhentunut. Kosteusvauriot sijaitsevat kouluissa pääasiassa luokkahuoneissa (23 %) ja märkätiloissa (20 %) sekä pienemmissä määrin muissa koulurakennuksen tiloissa. (Meklin et al. 2008) Kuvassa 2 on esitelty kosteusvaurioiden sijainteja koulurakennuksissa rakennusosittain.



**Kuva 2.** Kosteusvaurioiden sijainti rakennusosittain (Meklin et al. 2008)

Kuvan 2 perusteella kosteusvauriota sijaitsee eniten alapohjassa, mutta myös väliseinissä ja puukoulujen ikkunarakenteissa. Tulosta ei voi kuitenkaan täysin yleistää kaikkiin Suomen kouluihin, sillä kuvassa on esitetty vain kivi- ja puukouluissa havaittujen kosteusvaurioiden sijainteja. Kosteusvaurion sijainti on merkittävämpi tekijä sen aiheuttamiin ongelmiin verrattuna kosteusvaurion laajuuteen. Suurikin kosteusvaurio paikassa, joka on tiivis, ei aiheuta ongelmia samalla tavalla kuin jos vaurio on sellaisessa paikassa, jossa ilmaa virtaa paljon esimerkiksi ikkunan karmissa. (Mölsä 2016)

Kosteus- ja homeongelmat kouluissa koskevat varsinkin vanhempaa kiinteistökantaa (Kempainen 2017). Suomen koulujen keskiarvo rakennusvuosi oli 1955 vuonna 2012 tehdyn tutkimuksen mukaan (Haverinen-Shaughnessy et al. 2012). Koulujen rakennuskanta on siis vanha, joten ongelma on merkittävä.

Koulujen kosteusongelmat eivät kuitenkaan ole vain vanhojen koulujen ongelma. Kosteusvaurioita on myös uusissa kouluissa, mutta niiden syynä ei ole rakenteiden tekninen vanheneminen. Uusien koulujen kosteusvaurioiden yhtenä syynä on se, että rakentamisvaiheessa ei ole huolehdittu kuivumisajoista. Kun betoni ei ole kerennyt kuivumaan kunnolla ja tällaista betonilattiaa aletaan päällystämään matolla, niin mattoliimaan reagoidessa kostean betonin kanssa, kasvaa tämän seurauksena hometta. Tähän on johtanut se, kun rakentamista tehdään jokaisena vuodenaikana ja aikataulut ovat kiireellisiä. (Mölsä 2016)

Kosteusongelmat eivät ole vain vanhenemisesta ja rakentamisajan virheistä aiheutuneita vaan myös rakennusten ylläpito vaikuttaa kosteusongelmien syntyyn. Rakennuksen ylläpidossa erityisesti huomioon otettavia paikkoja ovat vesikatteet, rännit, salaojat ja ulkoseinät kokonaisuudessaan. Jos näistä ei pidetä hyvässä käyttökunnossa, mahdollisuus kosteusvaurion syntymiselle on suuri. Kosteusvaurioiden syntymistä voidaan ennaltaehkäistä, jos huolletaan ja käytetään rakennusta sekä sen järjestelmiä oikein. Lisäksi rakenteiden ja järjestelmien tulossa käyttöikänsä päähän tai jos ne eivät toimi tarkoituksen mukaisella tavalla, niin korjaustoimenpiteisiin tulisi ryhtyä mahdollisimman nopeasti. (Kosteusvaurioiden ennaltaehkäisy)

## 4. SISÄILMAONGELMIEN MUUTOKSET

Koulujen sisäilmaongelmien tutkimisessa on merkitsevää, miten rakennusten käyttäjät kokevat sisäilman laadun. Jos käyttäjät raportoivat saavansa oireita, jotka liittyvät sisäilmaongelmiin, on mahdollista, että koulurakennuksesta löytyy tälle syy. Kuitenkaan koettujen oireiden ja käyttäjien raporttien perusteella ei voida suoraa tehdä johtopäätöstä siitä, onko koulussa sisäilmaongelma (THL 2020).

Koulujen sisäilmaongelmia on tutkittu ja tehty erilaisia kyselyitä myös 1990-luvulla. Taulukossa 1 on koottu tuloksia vuoden 1996 koulujen sisäilmasto-rehtorikyselystä ja sisäilmastomittauksista (Engberg 1997, s. 7). Taulukossa 1 on viikoittain esiintyvät sisäilmaongelmat prosentteina.

Taulukko 1. Viikoittain esiintyvät sisäilmahaitat vuonna 1996 tehdyn kyselyn mukaan, muokattu lähteestä (Engberg 1997, s. 7).

Sisäilmahaitta	Viikoittainen esiintyvyys [%]
Riittämätön ilmanvaihto talvella	46
Riittämätön ilmanvaihto syksyllä/kevällä	46
Veto talvella	46
Veto syksyllä/kevällä	24
Tunkkainen ilma talvella	36
Tunkkainen ilma syksyllä/kevällä	34
Epämiellyttävä haju talvella	19
Epämiellyttävä haju syksyllä/kevällä	17

Taulukon 1 mukaan eniten havaittu sisäilmahaitta on ollut riittämätön ilmanvaihto. Ilmanvaihto on koettu riittämättömäksi jokaisena vuodenaikana. Lisäksi sisäilmantunkkaisuus on ollut havaintojen perusteella haittana monessa koulussa. Talvella on koettu myös vetoa yhtä paljon kuin riittämätöntä ilmanvaihtoa. Vetoisuuteen vaikuttaa eniten alhainen lämpötila ja ilmanvaihto. Painovoimaisessa ja koneellisessa ilmanvaihdossa korvausilma on otettu suoraan ulkoa, joten talvisin se on kylmää, jolloin se aiheuttaa vedon tunnetta. Koska vetoisuutta pyritään usein poistamaan nostamalla sisäilman lämpötilaa, joka taas johtaa siihen, että ilma voi tuntua tunkkaiselta ja kuivalta. (Engberg 1997, s. 7)

Sisäilman laadusta tehdään nykypäivänä enemmän kyselyjä ja tutkimuksia, esimerkiksi Terveyden ja hyvinvoinnin laitokselta voi tilata sisäilmakyselyn, jonka avulla voidaan selvittää kuinka oppilaat kokevat koulun sisäilman laadun ja saavatko he jonkinlaisia oireita (Sisäilmakysely oppilaille). Taulukossa 2 on koottu tuloksia Turun yliopiston ja opetusalan ammattijärjestön tekemästä tutkimuksesta. Tutkimuksessa on kerätty tietoa kysymällä sähköpostitse opetusalanammattijärjestön jäseniltä näiden kokemista oireista ja sisäilman laadusta kouluissa. Mukana on koulujen lisäksi muitakin rakennuksia, mutta suurimman osan (60,2 %) tutkimukseen vastanneiden työpaikkana on ollut peruskoulu. (Putus et al. 2017) Taulukossa 2 on päivittäin ja viikoittain koetut sisäilmahaitat prosentteina eri ikäisissä rakennuksissa.

Taulukko 2. Sisäilmahaitat (%) eri vuosikymmenien rakennuksissa, muokattu lähteestä (Putus et al. 2017).

	En- nen 1950	1950– 1959	1960– 1969	1970– 1979	1980– 1989	1990– 1999	2000– 2009	2010–	Yh- teensä
Veto	22	26	25	25	30	21	17	18	24
Korkea lämpötila	14	17	18	18	18	18	12	14	17
Vaihteleva lämpötila	24	24	25	26	26	22	21	22	24
Matala lämpötila	12	18	20	21	21	17	19	15	19
Kuiva ilma	28	37	45	46	47	37	31	34	40
Tunkkai- suus	50	57	62	61	60	46	37	36	54
Kostea ilma	3	6	7	8	9	3	3	3	6
Riittämä- tön iv	44	53	59	57	60	45	37	34	52
Homeen haju	14	22	27	29	21	9	5	6	20
Viemäri- haju	10	20	21	23	24	16	14	11	19
Muu	15	18	21	25	13	12	10	18	18

Eniten havaittuja sisäilmahaittoja ovat tunkkaisuus, kuiva ilma ja riittämätön ilmanvaihto. Nämä ovat yhteensä eniten havaintoja saaneita haittoja ja selkeää eroa siihen, että eri vuosikymmenten rakennuksissa olisi jotakin muuta haittaa havaittu enemmän ei ole. Eniten sisäilmahaittoja on havaittu rakennuksissa, jotka ovat rakennettu 1960–1980-luvuilla. Uudemmissa rakennuksissa havainnot ovat vähentyneet. 1980-luvun rakennuksista verrattuna 1990-luvun rakennuksiin esiintyvyys pienenee melko paljon jokaisen sisäilmahaitan osalta ja samanlainen muutos on 1990-luvun rakennuksista 2000-luvun rakennuksiin. 2010-luvun rakennuksien sisäilmahaittojen esiintyvyys ei enää muutu edellisestä vuosikymmenestä.



Sisäilmaongelmat kouluissa ovat rakennusten käyttäjien havaintojen perusteella hieman muuttuneet. Riittämätön ilmanvaihto ja tunkkaisuus ovat havaintojen perusteella jopa hieman lisääntyneet 1990-luvun loppupuolelta 2010-luvulle. Erilaisten epämiellyttävien hajujen esiintyvyys on pysynyt samana. Merkittävin havaintojen määrän lasku sisäilmahaittojen esiintyvyydessä on vedon havainnoissa. Vetoa on havaittu koulurakennuksissa enemmän 20 vuotta sitten kuin, mitä on havaittu lähempänä nykypäivää.

Sisäilmaongelmia oli eniten havaittu 1990-luvulla rakennuksissa, joissa oli käytössä painovoimainen ilmanvaihto tai koneellinen poistoilmanvaihto. Viikoittainen esiintyvyys oli lähes jokaisen koetun sisäilmahaitan kohdalla 10–15 % pienempi rakennuksissa, joissa oli käytössä koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. (Enberg 1997, s. 7) Vastaavasti uudemman tutkimustiedon mukaan käyttäjien havaintoja sisäilmaongelmista on vähemmän rakennuksissa, joissa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (Putus et al. 2017).

## 5. YHTEENVETO

Koulujen sisäilmaongelmat ovat merkittävä ongelma ja niistä uutisoidaan nykypäivänä paljon. Oppilaiden oireiden perusteella ei voida kuitenkaan suoraan päätellä, että koulussa olisi sisäilmaongelma, vaan se vaati tarkempaa tutkimusta. Oireita ei voi kuitenkaan vähätellä, sillä kaikille on parempi, jos pystyy työskentelemään ja käymään koulua terveenä. Sisäilmaongelmia on tutkimusten perusteella Suomen kouluissa merkittävä määrä ja niitä on niin vanhoissa kuin uusissakin koulurakennuksissa.

Riittämätön ilmanvaihto ja tunkkaisuus ovat olleet merkittävimpiä sisäilmaongelmia havaintojen perusteella 1990-luvulla. Samat ongelmat ovat myös 2010-luvulla eniten käyttäjien havaintojen perusteella haittana koulurakennuksissa. Veto koulurakennuksissa on ollut haittana enemmän 1990-luvulla kuin nykyään ja erilaiset haju havainnot ovat pysyneet samana. Eniten sisäilmahaittoja esiintyy rakennuksissa, jotka ovat rakennettu 1960–1980-luvuilla. Uudemmissa rakennuksissa sisäilmahaittojen esiintyvyys on pienentynyt, joten parempaan suuntaan on tässä suhteessa menty.

Uusissakin rakennuksissa ongelmia esiintyy, mutta ei yhtä paljon. Uusien koulujen sisäilmaongelmat liittyvät usein liian kiireelliseen rakentamisaikatauluun, jolloin kuivumisajoista ei ole huolehdittu, mikä on johtanut kosteusongelmiin. Kosteusvauriot ovat suurempi ongelma vanhoissa koulurakennuksissa, sillä ne johtuvat pääasiassa rakenteiden teknisestä vanhenemisestä. Suomen koulujen rakennuskanta on melko vanha, joten kosteusvauriot sekä niiden ennaltaehkäiseminen ovat tällä hetkellä ajankohtaisia.

Remontoiduissa kouluissa esiintyy sisäilmassa mikrobeja ja muita epäpuhtauksia, jotka johtuvat uusista ilmanvaihtoratkaisuista. Ilmanvaihtoratkaisu uusissa ja remontoiduissa rakennuksissa on usein koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Varsinkin remontoiduissa koulurakennuksissa rakenteet eivät ole olleet tarpeeksi tiiviitä, jolloin epäpuhtauksia siirtyy alipaineeseen sisäilmaan. Ilmanvaihdon säädöissä ja käytössä on myös ongelmia, sillä esimerkiksi sen ollessa rakennuksen käyttöajan ulkopuolella pois päältä, niin aamuisin ilma tuntuu usein tunkkaiselta.

Koulujen sisäilmaongelmat kiinnostavat ihmisiä paljon. Yksi syy, minkä takia sisäilmaongelmat kiinnostavat nykyään paljon ihmisiä verrattuna aikaisempaan, voi olla kehittynyt media. Media on kehittynyt 2000-luvun aikana merkittävän paljon ja asioista uutisoidaan huomattavasti enemmän. Tämä on tuonut muun muassa sisäilmaongelmat enemmän esille, jonka takia ihmiset raportoivat kokemistaan oireistaan useammin. Uutisointi on voinut aiheuttaa myös sen, että sisäilman merkitystä terveyteen pidetään suurempana kuin se nykyisen tutkimustiedon perusteella on.

Tutkimusten määrä ja laatu on yksi asia, joka on vaikuttanut sisäilmaongelmien havainnointiin ja tunnistamiseen. Kun tutkimuksia tehdään enemmän, ollaan tietoisia siitä, mikä on haitallista terveydellä ja mikä ei. Koska tutkimusten laatu on kehittynyt, voidaan niistä saatuihin tuloksiin luottaa paremmin. Samoin rakentaminen on kehittynyt ja nykyään käytetään erilaisia rakenne- ja ilmanvaihtoratkaisuja. Niiden avulla osa ongelmista koulurakennuksissa on vähentynyt, mutta uusia ongelmia on muodostunut. Nykypäivän kiireisen rakentamisaikataulun takia uusissakin kouluissa on kosteusongelmia. Korjatuissa koulurakennuksissa on muodostunut ongelmia, kun uudet rakentamisratkaisut eivät välttämättä sovi yhteen vanhan rakennuksen toimintaan. Koulurakennusten käyttäjien havainnot sisäilmaongelmista ovat lähes samanlaisia nykypäivänä kuin 2000-luvun vaihteessa.

Aihetta olisi mahdollista tutkia jatkossa useammallakin eri tavalla. Esimerkiksi rakennusten käyttäjien havaintojen ja oireiden yhteyttä siihen, onko koulussa oikeasti sisäilmaongelma, voisi tutkia enemmän. Lisäksi tutkimusta vaatisi, että kuinka sisäilmaongelmista pääsisi kokonaan eroon tai kuinka voitaisiin vähentää niiden kokemista.

## LÄHTEET

Enberg, S. (1997) Koulun sisäilmasto ja kosteusvauriot. 2. korjattu painos. SIY Sisäilmatieto Oy. Espoo. 7 s.

Fysikaaliset tekijät. Sisäilmayhdistys ry. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.11.2021): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Fysikaaliset-tekijat>

Haverinen-Shaughnessy, U., Borrás-Santos, A., Turunen, M., Zock, J.-P., Jacobs, J., Krop, E. J. M., Casas, L., Shaughnessy, R., Täubel, M., Heederik, D., Hyvärinen, A., Pekkanen, J., & Nevalainen, A. (2012). Occurrence of moisture problems in schools in three countries from different climatic regions of Europe based on questionnaires and building inspections - the HITEA study. *Indoor Air*, Vol. 22(6), pp.457–466. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2012.00780.x>

Haverinen-Shaughnessy, U., Finell, E. & Wiss, K. (2016) Koulujen sisäilmatutkimukset ja tarkastusten kehittäminen, Tutkimuksesta tiiviisti, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-718-3>

Hiukkasmaiset epäpuhtaudet. Sisäilmayhdistys ry. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.11.2021): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Hiukkasmaiset-epapuhtaudet>

Huoneilman kosteus. Hengitysliitto. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.11.2021): <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-olosuhteet/huoneilman-kosteus/>

Huoneilman lämpötila. Hengitysliitto. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.10.2021): <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-olosuhteet/huoneilman-lampotila/>

Ilmavirtaukset rakennuksessa. Sisäilmayhdistys ry. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.11.2021): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteus-tekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>

Katupöly. Hengitysliitto. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.11.2021): [https://www.hengitysliitto.fi/elamanlaatu-ja-hyvinvointi/saa-ja-ilmanlaatu/katupoly/?gclid=Cj0KCQjww4OMBhCUARIsAILndv553JMZKHxRjqbab1BzuajscjXyC6av-HhTZzdWCQja-7YAEKTFnv\\_8aAnp2EALw\\_wcB](https://www.hengitysliitto.fi/elamanlaatu-ja-hyvinvointi/saa-ja-ilmanlaatu/katupoly/?gclid=Cj0KCQjww4OMBhCUARIsAILndv553JMZKHxRjqbab1BzuajscjXyC6av-HhTZzdWCQja-7YAEKTFnv_8aAnp2EALw_wcB)

Kemialliset epäpuhtaudet. Sisäilmayhdistys ry. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 8.11.2021): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>

Kempainen, J. (2017). Kuinka koulujen home- ja kosteusongelmat ratkaistaan? Rakennusteollisuus. Päivitetty 30.1.2017. Saatavissa (viitattu: 27.11.2021): <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2017/kuinka-koulujen-home-ja-kosteusongelmat-ratkaistaan/>

Kosteusvaurioiden ennaltaehkäisy. Hengitysliitto. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu: 29.11.2021): <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/kosteus-ja-homevauriot/kosteusvaurioiden-ennaltaehkaisy/>

Kukkonen, E. (2016). Hallitsemattomat paine-erot voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia. Sisäilmauutiset. Päivitetty 23.6.2016. Saatavissa (viitattu 12.11.2021): <https://www.sisailmauutiset.fi/tutkimus/hallitsemattomat-paine-erot-voivat-aiheuttaa-sisailmaongelmia/>

Meklin, T., Putus, T., Hyvärinen, A., Haverinen-Shaughnessy, U., Lignell, U., Nevalainen, A. (2008). Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot : opas ongelmien selvittämiseen. Helsinki. Kansanterveyslaitos. Saatavissa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/78158/2008c02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mikrobikasvun edellytykset. Sisäilmayhdistys ry. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 3.11.2021): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>

Mölsä, S. (2016). Miksi koulut homehtuvat Suomessa? – asiantuntijat vastaavat. Rakennuslehti. Päivitetty 4.4.2016. Saatavissa (viitattu 6.10.2021): <https://www.rakennuslehti.fi/2016/04/miksi-koulut-homehtuvat-suomessa-asiantuntijat-vastaavat/>

Mölsä, S. (2019). Isot kunnat suosittelevat koulun ilmanvaihdon sulkemista yöksi tietyin ehdoin. Rakennuslehti. Päivitetty 14.3.2019. Saatavissa (viitattu 21.12.2021): <https://www.rakennuslehti.fi/2019/03/isot-kunnat-suosittelevat-koulun-ilmanvaihdon-sulkemista-yoksi-tietyin-ehdoin/>

Putus, T. Länsikallio, R. Ilves, V. (2017). Koulutus-, kasvatust- ja tutkimusalan sisäilmatutkimus 2017. Turun yliopisto ja opetusalan ammattijärjestö. Saatavissa: <https://www.oaj.fi/ajankohtaista/julkaisut/2017/oajn-ja-turun-yliopiston-sisailmatutkimus-2017/>

Sisäilmakysely oppilaille. THL. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.11.2021): <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/oppilaiden-sisailmakysely>

Sisäilman hiukkaset ja kuidut. Valvira. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 8.11.2021): [https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/hiukkaset\\_ ja\\_kuidut](https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/hiukkaset_ ja_kuidut)

Sisäilman kemikaalit. Valvira. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.12.2021): <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys/kemikaalit>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuh-teista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista, STMa 23.4.2015/545, 2015. Saatavissa (viitattu 28.10.2021): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

STUK. Radon. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 1.11.2021): <https://www.stuk.fi/aiheet/radon>

THL. (2020). Tutkimus: Koulun sisäilman laatua ei voi luotettavasti arvioida oppilaiden oireilun perusteella. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 29.11.2021): <https://thl.fi/fi/-/tutkimus-koulun-sisailman-laatua-ei-voi-luotettavasti-arvioida-oppilaiden-oireilun-perusteella>

THL. (2021). Sisäilma. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 26.10.2021): <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma>

Työterveyslaitos. Hyvälaatuinen sisäympäristö on tuottavuustekijä. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 26.10.2021): <https://www.ttl.fi/tyoymparisto/sisaymparisto/>

Yleisimmät sisäilmaongelmat. Sisäilmayhdistys ry. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.11.2021): <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. YMa 20.12.2017/1009, 2017. Saatavissa (viitattu 9.11.2021): <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009#Pidm45237816755152>