



Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakennusinsinööri (AMK)
Työmaapuoli

Sisäilmaongelmat

Esa-Petteri Kauppinen

Opinnäytetyö, toukokuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022
Rakennustekniikan koulutus

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Esa-Petteri Kauppinen

Nimeke
Sisäilmaongelmat

Toimeksiantaja

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä sisäilman ongelmia asuin- ja toimistorakennuksissa, sekä sisäilmaongelmia ja niiden syitä yleisesti. Periaatteena oli selvittää, mistä eri kokonaisuuksista sisäilmaongelmat muodostuvat ja kuinka ne vaikuttavat asumisviihtyvyyteen ja ihmisten yleiseen hyvinvointiin sekä terveyteen.

Työssä perehdyttiin yleisimpiin sisäilmassa esiintyviin ongelmiin ja etsittiin niiden syitä ja seurauksia. Tarkoituksena oli löytää sisäilmaan haitallisesti vaikuttavia tekijöitä ja yrittää hahmottaa niiden syntymekanismia ja vaikutuksia asuin- ja toimistorakennuksissa.

Kieli
suomi

Sivuja 33
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat



THESIS
January 2022
Degree Programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 385-13-260 6800

Author
Esa-Petteri Kauppinen

Title
Indoor air problems

Commissioned by

Abstract

The purpose of this study was to investigate indoor air problems in residential and office buildings, as well as handle indoor problems and their causes in general. The principle for this study was to find out how each indoor air problem develop and how do they effect to the comfort of living and the general well-being of people.

This work was to examine the most common problems in indoor air and to find their causes and consequences. The purpose was to find factors that have a negative effect to indoor air try to understand how they develop in residential and office buildings. Another important issue was that what kind of different effects air pollution and indoor air problems have to people.

Language
Finnish

Pages
Appendices
Pages of Appendices

Keywords

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Sisäilmaongelmista yleisesti	7
2.1	Sisäilmaongelmien syyt	7
2.2	Sisäilmaongelmien seuraukset	7
3	Sisäilmaan vaikuttavat ulkoiset tekijät	8
4	Tulisijojen käytön vaikutus sisäilmanlaatuun	9
4.1	Palaminen ja palokaasujen muodostumiseen vaikuttavat tekijät	9
4.2	Pienpoltosta syntyvien päästöjen haitat terveydelle	11
5	Mikrobit	11
5.1	Mikrobit, home ja homeitiöt sisäilmassa	11
5.2	Homehtuneiden materiaalien ja homelähteiden poistaminen	12
5.3	Homehtumisen estäminen	13
6	Radon	14
6.1	Radon sisäilmassa	14
6.2	Radonin syntymekanismi ja fysikaaliset ominaisuudet	16
7	Sisäilma ja ilmanvaihto	20
7.1	Sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä	20
7.2	Äänet	21
7.3	Ilman lämpötila	31
8	Yhteenveto	32
9	Lähteet	34

Liitteet

1 Johdanto

Sisäilmaongelmat ovat varsin yleisiä lähes kaikentyypisissä rakennuksissa, aina asuin- ja toimistorakennuksista kouluihin, päiväkoteihin sekä muihin rakennuksiin, joissa ihmiset oleskelevat ja liikkuvat. Sisäilmaongelmista tekevät haitallisia niiden aiheuttamat seuraukset, jotka voivat olla lievistä oireista aina vakaviin sairauksiin ja komplikaatioihin johtavia. Huonosta sisäilmasta aiheutuu selvää haittaa rakennusten käyttäjille ja siten koko kansanterveydelle. Huono sisäilma voi aiheuttaa haittaa myös rakennuksessa säilytettävälle materiaalille ja siten aiheuttaa vahinkoa, joka muutoin olisi vältettävissä. Suurinta ja samalla vakavinta haittaa huono sisäilma aiheuttaa silti itse rakennusten käyttäjille, joiden hyvinvoinnin ylläpitämiseksi rakennukset on rakennettu. Tästä syystä on erityisen tärkeää, että rakennusten suunnittelussa, rakentamisessa, ylläpitämisessä ja käytössä pidetään huolta sisäilman laadun hyvästä tasosta ja sen edellytyksistä. Tämän saavuttamiseksi tarvitaan kaikkien sisäilmaan vaikuttavien tekijöiden huomioimista jo suunnitteluvaiheessa, rakennusvaiheen toteutuksessa ja käyttöön aikaisessa rakennuksen käytössä. Mikäli rakennuksen sisäilma on suunnittelun ja toteutuksen osalta kunnossa, jää hyvän sisäilman ylläpitämisen edellytykset rakennuksen käyttäjien vastuulle. Rakennuksen käyttäjällä on siten myös oma vastuunsa hyvän sisäilman edellytysten ylläpitämisessä. Tästä syystä rakennusten käyttäjiä onkin hyvä ohjeistaa rakennusten oikeaoppisesta käytämisestä, huollosta ja ylläpitämisestä. Hyvä sisäilma onkin monien osakokonaisuuksien summa, jossa jokaisella osatekijällä on oma tärkeä merkityksensä. Sopiikin toivoa että jo tehdyistä ja havaituista rakennus-, suunnittelu- sekä käyttäjien omista virheistä osataan ottaa opiksi ja tulevaisuudessa rakennusten sisäilman laatu saadaan paremmalle tasolle, kuin mitä se tällä hetkellä on. Paljon on vielä opittavaa ja kehitettävää tässä asumisviihtyvyyden ja terveyden kannalta tärkeässä osatekijässä, hyvässä ja terveessä sisäilmassa.

2 Sisäilmaongelmista yleisesti

Sisäilmaongelmat ovat yleinen ongelma monissa rakennuksissa. Sisäilman laatu vaikuttaa huomattavasti asumisviihtyvyyteen ja ihmisten terveyteen. Huono sisäilma aiheuttaa merkittävää kansanterveydellistä haittaa ja siksi onkin hyvin tärkeää, että rakennukset suunnitellaan ja rakennetaan siten, että sisäilmaongelmia ei pääsisi muodostumaan.

2.1 Sisäilmaongelmien syyt

Sisäilmaongelmien syitä on hyvin suuri joukko. Suurin osa sisäilmaongelmista johtuu kosteuden vaikutuksesta rakenteisiin. Kosteus aiheuttaa muun muassa rakenteiden homehtumista, joka aiheuttaa homeen tuottamien itiöiden ja muiden homeen tuottamien pienhiukkasten tunkeutumista sisäilmaan. Rakenteisiin päässyt kosteus aiheuttaa homeen lisäksi myös muunlaisten mikrobien kasvua ja siten erinäisiä sisäilmaongelmia rakennuksissa.

2.2 Sisäilmaongelmien seuraukset

Sisäilmaongelmat aiheuttavat moninaisia haittoja ihmisille. Helpoimmin huomattava haitta lienee sisäilmassa havaittava huono haju. Sisäilma ongelmista johtuvat hajut ovat usein peräisin mikrobien toiminnasta. Mikrobit tuottavat aineenvaihduntansa seurauksena erilaisia kemikaaleja, jotka voivat päätyä rakenteista sisäilmaan. Sisäilmaan päästyään nämä kemikaalit voivat aiheuttaa mitä moninaisimpia haittoja ihmisille, jotka oleskelevat kyseisissä tiloissa. Huomattavan haitan aiheuttavat huonot hajut, mutta suurimman haitan aiheuttavat mikrobien aiheuttamat terveyshaitat.

3 Sisäilmaan vaikuttavat ulkoiset tekijät

Sisäilman laatuun vaikuttavat oleellisesti myös rakennuksen ulkoa tulevat epäpuhtaudet, hajut, kaasut, pienhiukkaset ja mikrobit. Ehkäpä yleisimmän asuinrakennuksien sisäilmaan päätyvän haitan muodostavat palo- ja pakokaasut. Liikenteestä aiheutuvat pakokaasut ja toisinaan myös katupöly voivat aiheuttaa paikallisesti merkittävää haittaa asuinrakennusten käyttäjille. Tämä on karua todellisuutta erityisesti sellaisten rakennusten asukkaille, jotka asuvat rakennuksissa, joiden ilmanvaihtojärjestelmien tuloilmasuodattimet eivät syystä tai toisesta vastaa niiltä vaadittavaa suodatustasoa. Lisäksi sisäilmaan voi päästä epäpuhtauksia muun muassa huonosti eristettyjen ikkunoiden ja ovien karmien välistä. Tätä tapahtuu erityisesti vanhemmissa rakennuksissa, joissa ei ole pidetty huolta esimerkiksi ikkunatiivisteiden uusimisesta riittävän ajoissa. Ikkunoissa ja ovissa esiintyvä ilmavuoto aiheuttaa lämmityskaudella myös vetoisuutta ja lisää lämmityskustannuksia tarpeettomasti. Nämä molemmat tekijät vaikuttavat asumisviihtyvyyteen negatiivisesti. Asuinrakennusten vetoisuus onkin yksi merkittävä asumisviihtyvyyttä alentava tekijä, joka sinänsä olisi melko helposti vältettävissä hyvällä suunnittelulla, rakentamisen toteutuksella ja riittävällä rakenteiden kunnossapidolla. Rakennusten käyttäjiä on tietenkin vähintäänkin yhtä paljon kuin rakennuksia itsessään ja jokainen käyttäjä on yksilö. Kaikki ihmiset eivät saa samanlaisia oireita huonosta sisäilman laadusta, riippuen muun muassa yksilön sietokyvystä ja altistumisen asteesta. Toiset ihmiset oireilevat herkemmin ja kokevat sisäilman ongelmat suurempina kuin toiset. Tämä on täysin ymmärrettävää ja lähtökohtana onkin, että rakennusten sisäilman laatu on sen tasoista, että se ei aiheuta oireilua herkillekään rakennusten käyttäjille. Rakennusten sisäilman laatuun kannattaa panostaa jo asumisviihtyvyyden vuoksi, koska sillä suuri merkitys lukuisten ihmisten ja muidenkin samaa ilmaa hengittävien, kuten esimerkiksi lemmikkien kannalta. Sisäilmaan ulkoa pääsevät pienhiukkaset, kaasut ja mikrobit ovat haitaksi kaikille rakennuksen käyttäjille ja ne voivat aiheuttaa ajansaatossa merkittävää terveyshaittaa, kuten esimerkiksi hengitystiesairauksia tai niiden pahenemista. Katu- ja siitepöly aiheuttavat erityisesti keväällä ongelmia tietyille ihmisryhmille, kuten allergikoille, astmaatikoille ja muille hengitystie-elimistön

sairauksista kärsiville. Sisätiloihin päätyvä ylimääräinen pöly on myös esteettinen ja siisteyshaitta. Sisätiloihin kulkeutuva ylimääräinen pöly voi silti pitkällä aikavälillä olla haitallista, vaikka se ei välittömästi aiheuttaisi varsinaista oireilua. Erityisesti kaikkein pienimmät hiukkaset, alle $2,5\mu\text{m}$, ovat terveydelle ja hengitystie-elimistölle haitallisia. Lapset ovat erityisen alttiissa asemassa ilman hiukkassaasteille, sillä heidän elimistönsä on vielä kehitysvaiheessa. Pienhiukkaset ja muut ilman epäpuhtaudet aiheuttavat huomattavan riskin terveydelle ja hyvinvoinnille. Siksi on ensiarvoisen tärkeää pitää huolta hyvästä sisäilman laadusta. Hiukkaspäästöjen lisäksi tulevat haitalliset palo- ja pakokaasut. Henkilöliikenteestä aiheutuvista pakokaasuista haitallisimpia ovat muun muassa dieselin poltosta syntyvät päästöt. Erityisesti dieselkoneiden pakokaasupäästöjen on havaittu aiheuttavan pitkäaikaista haittaa elimistössä ja sen on todettu lisäävän syöpäriskiä.

4 Tulisijojen käytön vaikutus sisäilmanlaatuun

4.1 Palaminen ja palokaasujen muodostumiseen vaikuttavat tekijät

Puun ja muun palavan materiaalin käyttö pientalojen lämmityksessä on yleistä. Puun poltosta aiheutuu kuitenkin savu- ja pienhiukkaspäästöjä, jotka alentavat ilmanlaatua paikallisesti. Savuhaitat eivät yleensä kohdistu savua tuottavan rakennuksen asukkaisiin itseensä, vaan savu ja pienhiukkaset kulkeutuvat ilmapirtausten mukana pois savun alkuperäisestä lähtöpisteestä. Tämä johtaa siihen, että palokaasujen ilmanlaatua alentavat haitat kohdistuvat pääsääntöisesti päästölähteen lähiympäristöön. Puulämmityksestä syntyviä savuhaittoja voidaan kuitenkin pienentää, kun puuta poltetaan oikeaoppisesti ja pidetään huolta poltettavan materiaalin laadusta ja soveltuvuudesta kulloinkin kyseessä olevaan tulisijaan. Erityisen tärkeää on, että poltettava puumateriaali on kuivaa eikä sisällä pienpoltoon soveltumattomia ainesosia, kuten kyllästeitä, maalia tai muita vastaavia aineita. Poltettavan materiaalin laadun lisäksi on ensiarvoisen tärkeää, että poltettava materiaali sytytetään oikeaoppisesti. Poltettavan materiaalin sytyttämisessä ja palamisen alkuvaiheessa syntyy

helposti suuria määriä palokaasuja ja ylimääräisiä pienhiukkaspäästöjä, jos sytyttämistä ei suoriteta oikein. Sytytysvaiheessa syntyvien päästöjen minimoimiseksi, poltettavan materiaalin tulee olla kuivaa ja sytyttäminen tulee aloittaa sytytettävän materiaalin päältä. Näin toimittaessa syttyminen tapahtuu tasaisemmin ja palokaasuja ja muita päästöjä syntyy vähemmän. Onkin varsin yleinen virhe, että pientalojen tulisijoja lämmitettäessä polttopuut sytytetään usein altapäin. Tällöin poltettavana olevat puut altistuvat liian nopeasti sytykkeistä vapautuvalle kuumuudelle, jolloin muodostuu paljon savua ja palamatta jääneitä kaasuja. Runsaan savun syntymisen syynä on se, että tulisijan ja poltettavan materiaalin lämpötila eivät ole vielä tarpeeksi korkeita muodostuvien kaasujen leimahduspisteen saavuttamiseksi. Sytytystekniikan lisäksi poltettavalla materiaalilla on luonnollisesti suuri merkitys syntyvien päästöjen laatuun. Tästä syystä poltettavaksi soveltuvista materiaaleista on laadittu lista, joka on jokaisen vastuullisen kansalaisen hyvä käydä läpi, mikäli aikoo polttaa polttopuiden ohella muita materiaaleja. Esimerkiksi kotitalousjätteen polttaminen tulisijoissa, tai muutoin avotulella, on varsin kyseenalaista ja tiettyjen materiaalien osalta jopa laitonta. Materiaaleja, joiden polttaminen on laissa kielletty, esiintyy kotitalousjätteen seassa varsin yleisesti. Tällaisia materiaaleja ovat muun muassa useimmat kovat muovit, kuten PVC, painekyllästetty sekä maalattu puu. Kaiken edellä mainitun lisäksi, hyvän palamisen perusedellytyksenä on riittävä korvausilman saanti ja sen kohdistaminen oikeassa suhteessa poltettavana olevaan materiaaliin. Tulisijaan johdettavan ilman virtausta säädellään savupiipussa olevaa savupeltiä ja uuninluukussa olevia ilmanottoaukkoja säätelemällä. Liiallisella ilmanvirtauksella on haittansa, etenkin jos tulisijan käytön tarkoituksena on lämmittää rakennusta ja sen sisäilmaa. Tämä johtuu siitä, että rakennukseen tuleva korvausilma on mitä todennäköisimmin kylmempää, kuin sisätiloissa jo oleva ilma. Tätä lämpöhäviötä voidaan pienentää rakentamalla tulisija siten, että tulisijaan johdettava korvausilma tuodaan erillistä ilmakehää pitkin suoraan ulkoa. Tällä järjestelyllä vältetään turhaa lämmönhukkaa, kun lämmintä sisäilmaa ei johdeta tulisijan kautta ulos ja korvata siten kylmällä ulkoilmalla. Kyseisen järjestelmän toisena hyvänä puolena on lisäksi se, että rakennuksessa mahdollisesti olevan ilmanvaihtojärjestelmän toiminta ei merkittävästi häiriinny tulisijan käytön seurauksena. Ilman korvausilmajärjestelmää toimivissa tulisijoissa kyseinen ongelma voi olla niin

huomattava, että ilmanvaihtokoneisto joudutaan pysäyttämään tulisijan käytön ajaksi kokonaan tai ainakin sen toimintaa rajoitetaan. Epäsuotuisissa olosuhteissa rakennuksesta poistettavat palokaasut voivat jopa päätyä ilmanvaihtojärjestelmän kautta sisätiloihin. Tämä voi tapahtua esimerkiksi ulkona vallitsevan matalapaineen ja epäsuotuisan tuulensuunnan yhteisvaikutuksesta. Mikäli savunpoistuminen rakennuksesta toimii suunnitellusti, eikä ulkoilmasta pääse kulkeutumaan epäpuhtauksia sisälle rakennukseen, poistuva ilma korvautuu puhtaalla ilmalla varsin tehokkaasti. Palamisessa syntyvät palokaasut ja pienhiukkaspäästöt kulkeutuvat aina silti jonnekin. Tästä syystä on siis tärkeää, että pienpoltto suoritetaan asianmukaisella tavalla ja päästöjen minimoimiseen pyritään kaikilla käytettävissä olevilla tavoilla.

4.2 Pienpoltosta syntyvien päästöjen haitat terveydelle

Palokaasut ja pienhiukkaspäästöt aiheuttavat haju- ja muiden välittömästi havaittavien haittojen lisäksi merkittävän terveysriskin. Pitkäaikaisia terveyshaittoja aiheuttavia päästöjä ovat etenkin pienimmät, halkaisijaltaan alle $0,25\mu\text{m}$:n kokoiset pienhiukkaset. Tätä kokoluokkaa olevat pienhiukkaset kulkeutuvat syvälle hengitystie-elimistöön ja voivat päätyä aina verenkiertoon asti. Tästä voi olla seurauksena tukoksia verenkiertojärjestelmässä, kun pienhiukkaset takertuvat verisuoniston ahtaimpiin osiin. Tukoksia voi syntyä luonnostaan ohuisiin hiussuoniin tai verisuoniston osiin, joissa on jo valmiiksi kehittyntä tukkeumaa.

5 Mikrobit

5.1 Mikrobit, home ja homeitiöt sisäilmassa

Homeitiöt aiheuttavat vakavia sisäilmaongelmia, sillä useiden homelajien itiöt ovat myrkyllisiä ja hengityselimiin joutuessaan ne aiheuttavat monenlaisia oireita ihmisille ja eläimille. Pitkäaikainen altistus homeitiöille voi aiheuttaa vakavan

sairauden ja herkistää altistuneen henkilön homeelle, jolloin homeelle herkistynyt henkilö oireilee jo pienestä altistumisesta homeitiöille. Homeesta johtuvat terveyshaitat voivat olla hyvinkin monenlaisia ja yksilöllisiä. Homeitiöille altistuminen ei aiheuta huomattavia oireita kaikille ihmisille ja oireiden laatu ja vakavuus vaihtelevat huomattavasti yksilötasolla. Toiset ihmiset ovat herkempiä oireilemaan kuin toiset, mutta pääsääntöisesti homeitiöille altistuminen on haitallista kaikille ihmisille ja voi aiheuttaa pitkäaikaisia ja vakavia terveydellisiä haittoja. Homeelle altistuminen tapahtuu yleisimmin hengitysilman kautta, joten homeen aiheuttamat terveyshaitat kohdistuvat etupäässä hengitystie-elimistöön. Hengitystie-elimistön kautta homemyrkyt voivat kulkeutua verenkiertoelimistöön ja sitä kautta muualle elimistöön. Homemyrkyjen aiheuttamista terveyshaitoista ihmiselle tiedetään toistaiseksi vielä melko vähän, mutta on selvää että home aiheuttaa merkittävää kansanterveydellistä ja taloudellista haittaa yhteiskunnassa.

5.2 Homehtuneiden materiaalien ja homelähteiden poistaminen

Rakennuksissa havaittuihin homeongelmiin kannattaa puuttua hyvissä ajoin, ennen kuin tilanne ehtii huonontua entisestään. Homeongelmien syyt ja homehtuneiden alueiden sijainnit kannattaa selvittää ensitilassa. Tämän jälkeen voidaan alkaa pohtia, mitä on tehtävissä ja kuinka suuria korjaustoimenpiteitä joudutaan tekemään. Joissakin tapauksissa homeongelmien ja vauriotekijöiden poistaminen voi osoittautua hyvinkin haastavaksi. Tämän lisäksi korjaustoimenpiteiden suorittamisesta itsestään voi aiheutua merkittävää häiriötä rakennuksen käyttäjille, joskin tämä on vain väliaikaista ja riippuu korjaustoimenpiteiden laajuudesta, kestosta sekä korjattavana olevien tilojen tärkeydestä. Vaadittavien korjaustoimenpiteiden aiheuttamat kustannukset ja muut haitat saattavat joissakin tapauksissa nousta hyvinkin korkeiksi. Tällaisissa tapauksissa joudutaan pohtimaan, mikä toimintatapa on rakennuksen ja sen käyttäjien kannalta järkevä ja toteutuskelpoinen. Onkin mahdollista, että korjaustoimenpiteiden laajuutta joudutaan supistamaan tai jopa luopumaan kokonaan. Lisäksi on mahdollista, että rakennuksen pelastaminen korjaustoimenpiteillä ei ole enää mahdollista tai taloudellisista ja muista syistä

järkevää. Tällöin saatetaan päätyä ratkaisuun, jossa rakennuksen purkaminen ja mahdollisesti kokonaan uudelleen rakentaminen on kaikista järkevin toimenpide ongelman ratkaisemiseksi.

5.3 Homehtumisen estäminen

On ensiarvoisen tärkeää, että asuinrakennusten rakentaminen hoidetaan kerralla kuntoon siten, että rakenteiden homehtumista ei pääse tapahtumaan. Tämän lisäksi on erittäin tärkeää, että rakennuksen kunnosta ja hyvinvoinnista pidetään huolta siten, että rakennus ei pääse pilaantumaan käyttöikänsä aikana. Rakenteiden homehtumisen estämisen kannalta on tärkeää, että rakennuksessa ja rakenteissa oleva ilman suhteellinen kosteus, (RH = room humidity), ei pääse nousemaan liian suureksi. Jos ilman suhteellinen kosteus huonetiloissa on korkea, voi ilmassa oleva kosteus alkaa tiivistyä materiaaleihin, joiden lämpötila on muuta huonetta alempi. Tämä voi tapahtua esimerkiksi seinämateriaalien sisällä, kun ulkona vallitseva ilman lämpötila on alhainen verrattuna sisäilman lämpötilaan. Ilmassa olevan kosteuden tiivistymistä rakenteisiin voidaan ehkäistä muun muassa ilmanvaihtojärjestelmien avulla. Rakennuksessa olevan ilmanvaihtojärjestelmän tehtävänä on pitää rakennuksen sisäilma alipaineisena ulkona vallitsevaan ilmanpaineeseen nähden. Sisätilojen alipaineistamisella estetään sisäilmassa olevan kosteuden pääsyä rakenteiden sisään. Mikäli sisäilman kosteus pääsisi kulkeutumaan rakenteiden sisään, se voisi aiheuttaa ilmassa olevan kosteuden tiivistymistä rakenteiden kylmiin osiin. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi talvella, kun ulkolämpötila on alhainen ja rakennuksen vaipan lämpötila on huomattavasti sisätiloissa vallitsevaa ilman lämpötilaa alempi. Tällaisissa olosuhteissa rakenteiden sisään voi muodostua niin kutsuttu kastepiste, eli piste jossa ilman suhteellinen kosteus saavuttaa maksiminsa (RH 100%). Kastepisteessä ilmassa oleva kosteus tiivistyy nestemäiseksi vedeksi materiaaliin tai sen pinnalle. Kostean sisäilman kulkeutuminen rakenteiden sisään estetään asentamalla höyrynsulkumuovi, tai muu vastaava vesihöyryä läpäisemätön kerros rakenteen lämpimälle puolelle siten, että kosteutta sisältävä lämmin sisäilma ei pääse tunkeutumaan rakenteen kylmiin osiin. Kun höyrynsulusta ja riittävän tehokkaasta ilmanvaihdosta on huolehdittu, pitää

sisäilman lämpötila myös säilyttää riittävän korkeana ja tasaisena. Sisätilojen alimpana peruslämpönä pidetään noin +16°C:tta. Tätä alemmissa huonelämpötiloissa sisäilman suhteellinen kosteus nousee helposti liian korkeaksi, jolloin ilmassa oleva kosteus on vaarassa alkaa tiivistyä rakenteisiin. Onkin suositeltavaa, että rakennusten sisälämpötila pidetään tasaisena ja aina riittävän lämpimänä rakennuksen koko käyttöiän ajan.

6 Radon

6.1 Radon sisäilmassa

Radon on hajuton, mauton ja väritön maaperässä luonnostaan esiintyvä radioaktiivinen jalokaasu. Radioaktiivisuudestaan johtuen radon on haitallista ja aiheuttaa pitkäaikaisessa altistumisessa muun muassa keuhkosityöpää. Suomessa radon aiheuttaa noin 300 keuhkosityöpätapausta vuosittain ja on tupakoinnin jälkeen toiseksi suurin keuhkosityövän aiheuttaja maassamme. Huoneilmaan radon päätyy maaperästä, jossa sitä syntyy luonnostaan jatkuvasti. Radonia esiintyy erityisesti kallioperässä ja soraharjuissa. Hiekka- ja soraharjut ovat erityisen otollisia radonin kannalta, sillä huokoisissa maa-aineksissa radon pääsee kulkeutumaan maanpinnalle varsin esteettä. Suomessa suurimmat radonpitoisuudet löytyvätkin juuri salpausselkien, sekä hiekka- ja soraharjujen tyypillisiltä esiintymisalueilta. Tällaisia radonrikkaita alueita löytyy erityisesti Etelä-Suomesta ja Pirkanmaalta. Maaperästä radon pääsee kulkeutumaan rakennuksiin niiden perustuksissa olevien rakojen ja huokosten kautta. Radonia siirtyy huoneilmaan erityisen paljon talvella, jolloin maa on roudassa. Tämä johtuu siitä, että maan ollessa roudassa, radon ei pääse kulkeutumaan jäätyneiden maakerrosten läpi kovinkaan helposti. Tällöin radon kulkeutuu roudan alla paikkoihin, joista se lopulta pääsee pinnalle asti. Paikkoja joista radon pääsee routamaan aikaan pinnalle, ovat erityisesti asuinrakennukset, sillä asuinrakennusten alla maa ei pääse routimaan edes kylmimpinä vuodenaikoina, ainakin mikäli rakennus on rakennettu oikeaoppisesti ja routaeristys toimii suunnitellusti. Rakennusten alla ja ulkoseinien välittömässä läheisyydessä maa ei saa päästä routimaan, sillä maassa oleva vesi turpoaa jäätyessään ja voi näin

vahingoittaa lähellä olevia kiinteitä rakenteita. Näin ollen radonia kulkeutuu asuinrakennusten alle talvella huomattavan paljon enemmän, kuin sulan maan aikaan. Tämän lisäksi lämmitettyjen rakennusten sisätiloissa vallitseva paine-ero ulkoilmaan nähden on varsin suuri, sillä sisätiloissa oleva ilma on huomattavasti lämpimämpää, kuin ulkoilma. Lämmin ilma on kylmää ilmaa kevyempää, joten lämmin sisäilma pyrkii kohoamaan ylöspäin ja aiheuttaa näin alipaineen erityisesti rakennuksen alimpiin osiin. Alipaine on siten suurimmillaan juuri rakennuksen maanvaraisissa osissa, joista radon pääasiallisesti pääsee kulkeutumaan rakennukseen. Lämpöerosta johtuvan alipaineen lisäksi rakennuksissa on lähes poikkeuksetta käytössä myös koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä, mikä omalta osaltaan lisää radonin kulkeutumista rakennukseen ja sen sisäilmaan. Toisaalta hallitulla tuloilmanvaihtojärjestelmällä voidaan vähentää maaperästä rakennukseen päätyvän ilman määrää merkittävästikin. Toimivan ilmanvaihtojärjestelmän perusedellytyksenä onkin riittävästä tuloilmasta huolehtiminen. Mikäli rakennuksesta poistuvan ilman tilalle ei johdeta riittävän tehokkaasti ja hallitusti raikasta korvausilmaa, loput korvausilmasta tulevat muista lähteistä, eli käytännössä rakenteiden läpi sekä kaikista rakennuksessa olevista raoista, joista ilma vain pääsee läpi. Tämä tarkoittaa juuri sitä, että sisäilman alipaine aiheuttaa radonin ja muiden mahdollisten haitallisten aineiden kulkeutumista alapohjarakenteiden läpi huoneilmaan.

Huoneilman keskimääräinen radonpitoisuus vaihtelee paikkakuntaakohtaisesti, mutta Suomessa koko maan keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus pientaloissa on todettu olevan noin 120Bq/m^3 ja kerrostaloissa 50Bq/m^3 . (Lähde: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Radon>). Kerrostaloissa keskimääräinen sisäilman radonpitoisuus on pientalojen vastaavaa lukua alempi, sillä kerrostaloissa pohjakerroksen yläpuolella olevat asunnot eivät ole suorassa yhteydessä radonin lähteenä toimivaan maaperään. Silti kerrostalojen ylemmissä kerroksissakin esiintyy radonia, sillä kerrostaloissa yleisesti käytetty rakennusmateriaali, betoni, sisältää kiviaineksia, joista erittyy radonia. Betonista, tai muista vastaavista kivipohjaisista rakennusmateriaaleista erittyvän radonin määrä ei kuitenkaan ole suuruusluokaltaan läheskään maaperästä vapautuvan määrän veroinen. Betonirakenteisten rakennusten rakenteista erittyvän radonin määrä on keskimäärin noin 70Bq/m^3 . Maaperästä vapautuvan radonin määrät kuitenkin

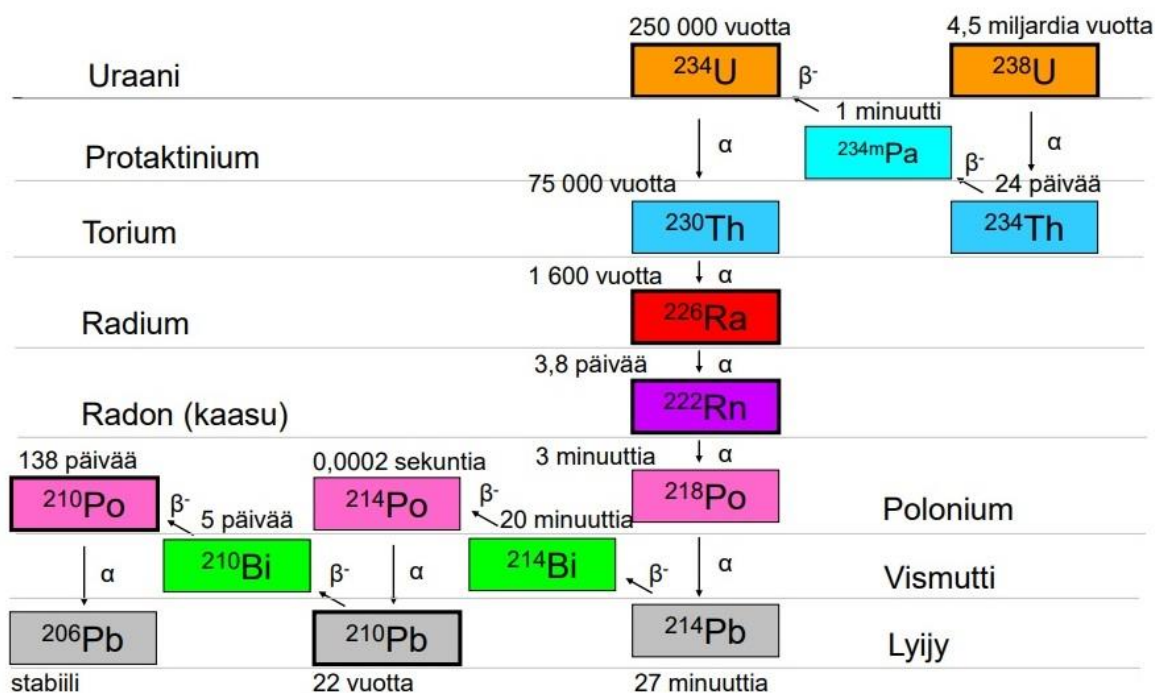
vaihtelevat suuresti. Suomessa on mitattu hyvinkin korkeita radonpitoisuuksia asuinhuoneistojen sisäilmasta. Suurimmat radonpitoisuudet on mitattu soraharjujen esiintymisalueilla. Pahimmillaan radonpitoisuuksien vuotuiset keskiarvot ovat olleet näillä alueilla jopa yli 30 000Bq/m³. (Lähde: <https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-suomessa>). Asuinhuoneistojen ilmassa olevan radonin pitoisuuksille onkin asetettu raja-arvot, jotta radonin aiheuttamat terveyshaitat eivät pääsisi kasvamaan liian suuriksi ja kansanterveys ei pääsisi vaarantumaan tarpeettomasti. Raja-arvot on kuitenkin myös tarkoituksellisesti mitoitettu siten, että rakennuskustannukset eivät radonin vuoksi pääse nousemaan kohtuuttomasti. Uudisrakennuksille asetettu vuotuinen keskiarvo radonin esiintymiselle huoneilmassa on 200Bq/m³. (Lähde: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181044>). Vastaava EU-direktiivin mukainen radonin vuosikeskiarvon raja huoneilmassa on muiden kuin uudisrakennusten osalta 300Bq/m³.

6.2 Radonin syntymekanismi ja fysikaaliset ominaisuudet

Radonin muodostuminen on seurausta luonnossa esiintyvien radioaktiivisten alkuaineiden radioaktiivisesta hajoamisesta. Radonin syntyprosessi lähtee uraani-238:n hajoamisesta ja päättyy lopulta lyijy-206:n muodostumiseen, joka on lyijyn vakaa muoto, eikä näin ollen lähetä radioaktiivista säteilyä. Uraani-238:n puoliintumisaika on noin 4,468 miljardia vuotta, mutta tämä aika onkin jo hyvin ehtinyt kulua, sillä kyseisen alkuaineen syntymästä ja sittemmin sen päättymisestä planeettaamme on kulunut melko tarkalleen 4,6 miljardia vuotta. Uraani-238 itsessään on syntynyt suurten tähtien räjähtäessä, eli supernovissa, tai neutronitähtien välisten törmäysten seurauksena. Uraanin kaltaisten raskaiden alkuaineiden syntymisen edellytyksenä on valtavan suurien fysikaalisten voimien esiintyminen. Tästä syystä kyseisen kaltaisia raskaita alkuaineita ei voi muodostua supernovaa pienemmissä räjähdyksissä tai muissa vastaavan suuruusluokan kaltaisissa maailmankaikkeuden tapahtumissa. Koska uraani-238:n muodostumisesta on jo kulunut riittävän kauan, eli noin 4,79miljoonaa vuotta, uraani-238 on ehtinyt tässä ajassa hajota riittävästi, että se on muuttunut radonkaasuksi. Koska radon on radioaktiivinen aine, se jatkaa

hajoamistaan ja muuttuu edelleen kevyemmiksi aineiksi, kunnes saavuttaa stabiilin tilan lyijy-206:n muodossa. Stabiili aine ei ole radioaktiivista, eikä näin ollen enää jatka spontaania hajoamista kevyemmiksi aineiksi. Radon säilyy normaalilämpötiloissa kaasumaisessa muodossa, kunnes se hajoaa polonium-218:sta. Ennen hajoamistaan poloniumiksi, radon muodostuu radium-226:sta. Radon on koko hajoamisketjunsä ainut alkuaine, joka esiintyy normaalilämpötilassa ja normaalipaineessa kaasumaisessa muodossa. Tämä kaasumainen tila kestää muutamia päiviä. Radon-222:lla on radonin kaikista isotoopeista pisin puoliintumisaika, 3,8 päivää, mikä tekeekin siitä radonin yleisimmin esiintyvän isotoopin. Vaikka radonin elinikä onkin varsin lyhyt, ehtii se kaasumaisena aineena levitä maaperästä hengitysilmaan, sillä radonin muodostumiseen tarvittavaa radium-226:tta esiintyy lähes kaikkialla maankuoressa ja myös aivan pintamaassa. Näin radon pääsee kulkeutumaan rakennuksiin ja niiden sisäilmaan lakkaamattomasti. Radonin muodostuminen on ihmisen näkökulmasta käytännössä loppumatonta, sillä radonin alkulähteen, uraani-238 ja sen hajoamisketjun muiden alkuaineiden, puoliintumisaika on valtavan pitkä. Lisäksi uraani-238:aa ja sen hajoamisketjun muita alkuaineita on maankuoressa varsin runsaasti ja vielä varsin pitkäksi ajaksi. Tosin voidaan todeta, että suurin osa kaikesta maapallon uraanista on maapallon olemassaolon aikana jo ehtinyt hajota radioaktiivisen hajoamisen kautta kevyemmiksi aineiksi. Kaikesta maapallolla olleesta uraanista noin neljä viidesosaa on jo ehtinyt muuttua stabiiliin, lyijyn säteilemättömään muotoon, lyijy-206:een. Tämä muutos on kestänyt todella kauan, noin 4,8 miljardia vuotta, ja on käynyt läpi monia atomiytimen hajoamisia alfa- ja beetahajoamisen kautta. Uraani-238:n hajoamissarjaan (Kuva 1), uraani-238:sta lyijy-206:een, kuuluu kaikkiaan 15 vaihetta: Uraani-238 (puoliintumisaika 4,468 miljardia vuotta), torium-234 (puoliintumisaika 24,1 päivää), protaktinium-234 (puoliintumisaika 1,17 minuuttia), uraani-234 (puoliintumisaika 245 000 vuotta), torium-230 (puoliintumisaika 75 380 vuotta), radium-226 (puoliintumisaika 1602 vuotta), radon-222 (puoliintumisaika 3,8 päivää), polonium-208 (puoliintumisaika 3,1 minuuttia), lyijy-214 (puoliintumisaika 26,8 minuuttia), vismutti-214 (puoliintumisaika 19,9 minuuttia), polonium-214 (puoliintumisaika 0,164 millisekuntia), lyijy-210 (puoliintumisaika 22,3 vuotta), vismutti-210

(puoliintumisaika 5,013 päivää), polonium-210 (puoliintumisaika 138,376 päivää) ja lyijy-206, joka on lyijyn stabiili muoto, eikä siten lähetä ydinsäteilyä.



Kuva 1 (Lähde STUK)

Vaikka lyijy-206 ei ole radioaktiivinen, ei se silti ole ihmisen terveyden kannalta aivan harmiton alkuaine, sillä lyijy on raskasmetalli ja haitallista elimistölle ja käytännössä kaikelle elämälle. Radonista muodostuvalle lyijylle altistuminen ei kuitenkaan aiheuta merkittävää haittaa sen myrkyllisyyden osalta, sillä radonista asuintiloihin muodostuneen lyijyn pitoisuudet ovat varsin minimaalisia. Hengitysilmaan päätyvän lyijyn pääasialliset lähteet ovat muualla kuin radonissa. Radonin aiheuttamat terveyshaitat johtuvat sen radioaktiivisuudesta. Sisätiloihin päässeeseen radonin aiheuttama säteily ei pääty radonin hajotessa, sillä sen hajoamistuotteet, polonium-218:sta polonium-210:een, jatkavat säteilemistä. Radonin hajoamistuotteet ovat normaalioloissa kiinteitä aineita, joten ne voivat jäädä asuin- ja muiden rakennusten sisätiloihin varsin pitkiksi ajoiksi. Lisäksi radioaktiiviset aineet voivat ionisoivan säteilynsä vuoksi muuttaa muitakin aineita, kuten huonekalujen materiaaleja tai rakennusten kiinteitä osia lievästi radioaktiivisiksi. Radioaktiivisten aineiden lähettämä ionisoiva säteily onki niiden haitallisin ominaisuus. Kaasumaisessa olomuodossa liikkuvan radonin päätyessä ihmisen keuhkoihin ja sitä kautta elimistöön aiheuttaa radonin suurimmat haitat.

Elimistössä, erityisesti keuhkoissa, radonin radioaktiivinen säteily aiheuttaa vaurioita kudoksissa, soluissa ja solujen DNA:ssa. Juuri DNA:han kohdistuvat säteilyvauriot ovat kaikista haitallisimpia, sillä ne aiheuttavat syöpäriskin. Solujen DNA:n vaurioitumisesta aiheutuva syöpäriski johtuu siitä, että solut monistavat DNA:taan ja vahingoittunut DNA-ketju monistuu solunjakautumisessa syntyvään uuteen soluun. Näin vahingoittunutta DNA:ta kantava solu tuottaa lisää kopioita itsestään, vaikka kyseinen solu ei enää edusta alkuperäistä muotoaan. DNA:ltaan vaurioituneet solut voivat olla haitallisia muun elimistön kannalta, sillä näiden solujen toiminta voi olla häiriintynyt tavalla, joka ei vastaa kyseisten solujen alkuperäistä tarkoitusta. Toisin sanoen kyseisellä tavalla vaurioituneet solut ovat elimistölle hyödyttömiä tai suorastaan haitallisia, sillä ne muun muassa vievät tilaa ja ravintoa terveiltä soluilta.



Kuva 2: Havainnekuva radonin lähteistä ja kulkeutumisesta rakennuksessa. (Lähde: <https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radonin-lahteet>)

7 Sisäilma ja ilmanvaihto

7.1 Sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä

Hyvä sisäilma on tärkeä osa asumisen viihtyvyyttä ja terveellisyyttä. Sisäilman laatuun vaikuttavat muun muassa: ilman epäpuhtaudet kuten pöly, mikrobit, hajut sekä kaasut, ilman lämpötila, virtaukset ja vetoisuus. Ilmanvaihdon tehtävänä on pitää sisäilma puhtaana poistamalla epäpuhtauksia sisältävää ilmaa rakennuksesta. Toimivan ilmanvaihdon perustana on myös hallittu tuloilmanvaihto, joka on raikasta korvausilmaa rakennukseen tuova ilmanvaihdon järjestelmä. Sisäilmatekijöihin voidaan laskea myös äänet, sillä äänet kulkeutuvat ilman välityksellä ja voivat aiheuttaa huomattavaa haittaa asumisviihtyvyydelle.

7.2 Äänet

Rakennuksen ulkoa tulevat äänet ovat yleensä merkittävin äänistä muodostuva haitta. Toisena tekijänä on rakennuksen sisällä kulkeutuvien äänten vaikutus, joka myös voi olla hyvin merkittävää. Sisätiloissa havaittavan äänen kulkeutumiseen vaikuttavat rakenteiden ääneneristävyys sekä kaiunta-aika. Kaiunta-aika tarkoittaa aikaa, joka kuluu äänen vaimenemiseen huonetilassa. Kaiunta-ajan pituuteen vaikuttavat muun muassa kyseisen tilan kaiuntapintojen pinta-ala ja erityisesti kyseisten materiaalien kimmoisuus. Pehmeillä materiaaleilla, kuten kankailla, on alhainen kimmokerroin, joten ne toimivat ääntä vaimentavina materiaaleina. Asumisviihtyvyyden kannalta huonetilassa vallitsevan kaiunta-ajan tulisi olla mahdollisimman lyhyt. Kaiunta-aikaan vaikuttaa lisäksi vielä kaiuntapintojen etäisyys toisistaan, sillä äänen etenemiseen ilmassa kuluu aina hieman aikaa. Äänen etenemiseen kulunut aika määräytyy sen kulkeman etäisyyden ja äänen nopeuden perusteella. Äänen kulkemaan matkaan kuluneen ajan määrä saadaan laskettua jakamalla kuljettu etäisyys äänen nopeudella, eli: $t \text{ [sekuntia]} = d \text{ [metriä]} / s \text{ [metriä/sekunti]}$. Äänen nopeus normaalilämpötilaisessa (+20°C) sisäilmassa on noin 343m/s. Näin ollen 10 metrin matkan kulkeminen normaalioloissa kestää ääneltä noin 0,029 sekuntia ($10\text{m} / 343\text{m/s} = 0,02915\text{s}$).

Asuin- ja oleskelutiloissa kuultavien äänten aiheuttamien haittojen vaikutukset ovat yksilöllisiä. Toiset ihmiset eivät koe äänten vaikutusta häiritsevinä tiettyyn rajaan asti, kun taas osalle ihmisistä voi vastaava häiritsevyyden raja ylittyä

huomattavasti helpommin. Äänen häiritsevyyteen vaikuttavat äänen voimakkuus, taajuus, toistuvuus sekä äänen aiheuttavan häiriön ajankohta ja lähde. Kyseisten yksittäisten tekijöiden suhteellinen osuus toisiinsa vaikuttaa äänen aiheuttaman häiriön suuruuteen ja siihen, miten häiritsevänä eri yksilöt sen kokevat.

Merkittävin yksittäinen tekijä äänen häiritsevyyteen on yleisimmin äänen voimakkuus, sillä se määrää suurelta osin sen, kuinka selvästi ihmiset sen kuulevat. Lisäksi alkuperäisen äänilähteen äänenvoimakkuudella on suuri merkitys kyseisen äänen kantavuuden. Äänen kantavuudella tarkoitetaan tässä matkaa, jonka ääni kulkee siten, että se on vielä ihmiskorvin erotettavissa. Näin ollen äänen kantavuus vaikuttaa siihen, kuinka laajalle kyseinen ääni lopulta leviää. Lyhyesti voidaan todeta, että jos esimerkiksi normaalilla äänenvoimakkuudella käydyt ihmisten välillä käydyt keskustelut kuuluvat asunnoista toiseen, on rakennuksen rakenteiden ääneneristävyys riittämätöntä tai vähintäänkin huonoa tasoa. Äänen voimakkuus vaikuttaa suuresti siihen, miten häiritsevänä kyseinen ääni koetaan. Voidaan siis todeta, että mitä voimakkaampi ääni on, sitä kauemmas sen vaikutus kantaa. Tästä ilmiöstä löytyy hyvä esimerkki historiasta, vuodelta 1883. Indonesiassa, 27. elokuuta vuonna 1883 purkautumassa ollut tulivuori, Krakatau, räjähti saaden aikaan voimakkuudeltaan arviolta noin 285 dB:n suuruisen äänen. Kyseisen räjähdysen äänenvoimakkuudeksi mitattiin vielä 160 kilometrin päässä noin 180 dB. Krakataun räjähdysen ääni voitiin kuulla vielä noin 4 000 kilometrin päässä Australiassa. Kovien äänten kulkeutumisesta ilmassa on myös esimerkkejä aivan lähihistoriastakin, sillä esimerkiksi 15. tammikuuta 2022, Tongan saarivaltiossa räjähti tulivuori Hunga Tonga-Hunga Ha'apai. Hunga Tonga-Hunga Ha'apain räjähdyksessä syntynyt ääni kuultiin aina Alaskan Anchorageassa asti, noin 9 700 km:n päässä räjähdyksestä. Normaalioloissa ei kuitenkaan onneksi muodostu vastaavan suuruusluokan ääniä, vaan tavallisimmin esimerkiksi kaupungeissa ja muualla ihmisasutusten läheisyydessä esiintyvät äänilähteet ovat suuruusluokaltaan keskimäärin alle 60 dB:n tasoa. Tosin esimerkiksi lentokenttien läheisyydessä esiintyvä, erityisesti lentokoneiden nousukiidosta lähtevä lentomelu voi nousta aina 140 dB:iin asti. Tästä syystä lentokentät pyritään rakentamaan kauaksi asutusalueista. Melutasoista on annettu ohjeistuksia ja määräyksiä ihmisten yleisen hyvinvoinnin turvaamiseksi. Suomessa valtioneuvoston asettama ohjearvo melun enimmäisvoimakkuudelle

taajamien asuinalueilla on 55 dB päivällä klo: 7-22 ja 50 dB yöllä klo: 22-7. Vastaavat melutason maksimiarvot taajama-alueiden ulkopuolella ovat päiväohjearvon osalta 45 dB ja yöohjearvon 40 dB. (Lähde: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>). Sisätiloihin kantautuvalle melulle asetetun ohjearvon ylärajaksi on asetettu päiväohjearvon osalta 35 dB ja vastaava yöohjearvon yläraja on 30 dB.

Monet rakennuksissa ja rakennusten ulkopuolella käytettävät elektroniset laitteet tuottavat ääntä ja lisäävät omalta osaltaan rakennusten käyttäjiin kohdistuvaa meluhaittaa. Ääntä tuottavia elektronisia laitteita on hyvin kirjava joukko, mutta pääpiirteittäin ne voidaan jakaa kahteen eri ryhmään. Nämä ryhmät muodostuvat laitteista, jotka tuottavat ääntä tarkoituksellisesti ja laitteista, joiden tuottama ääni ei ole tarkoituksellisesti tuotettua.

Tarkoituksellisesti ääntä tuottavia elektronisia laitteita ovat muun muassa: radiot, televisiot, kotiteatterijärjestelmät, musiikintoistolaitteet, pelikonsolien äänentoistojärjestelmät, palohälyttimet, varashälyttimet, itkuhälyttimet ja monet muut äänen tuottamiseen perustuvat hälytyslaitteet, myös huomioääntä tuottavat laitteet, kuten: pyykkikoneet tai vaikkapa mikroaaltouunit, voidaan niiden huomioäänisignaalien osalta lukea kyseisen kaltaisen melun lähteiksi, jos ne vaikuttavat asuinviihtyvyyteen negatiivisesti. Kyseisten laitteiden käyttämisen ajankohtaan kannattaa kiinnittää huomiota samoin, kuten melun tuottamisen ajankohtaan yleensäkin, sillä kellonajalla on suuri merkitys melun häiritsevyyteen ja siihen, kuinka useisiin ihmisiin sillä on vaikutusta. Melun aiheuttamisen ajankohta voi vaikuttaa suuresti siihen, kuinka moni kyseessä olevasta äänestä häiriintyy, sillä rakennuksessa kulloinkin olevien ihmisten määrä vaihtelee rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen. Esimerkiksi oppilaitoksissa ja toimistorakennuksissa suurin osa ihmisistä oleskelee siellä tiettyä aikana päivästä. Siksi esimerkiksi remontoinnista, tai muusta vastaavasta paljon melua aiheuttavasta toiminnasta, on eniten haittaa juuri silloin, kun suurin osa ihmisistä on kyseisessä rakennuksessa tai sen läheisyydessä. Mutta koska voimakkaat ja pitkäkestoiset meluhaitat eivät kohdistu ainoastaan rakennuksen käyttäjiin, vaan myös lähiympäristöön, tulee melun aiheuttaman haitan minimoimiseksi huomioida kaikki sen osatekijät ja niiden summa. Tämä ei aina ole niin yksinkertaista, sillä esimerkiksi lähiympäristölle aiheutuva meluhaitta voi tiettyä ajankohtana, esimerkiksi ilta- ja yöaikaan olla erityisen suurta, kun taas

rakennuksen käyttäjille aiheutuva haitta olisi tuolloin pienimmillään. Yhtenä ajankohtaan vaikuttavana osatekijänä on vielä melun aiheuttavan toiminnan suorittajiin kohdistuvat vaikutukset. Tällöin joudutaan tasapainottelemaan eri vaihtoehtojen välillä ja etsimään mahdollisimman suotuisa ratkaisu kaikkien osapuolten kannalta. Useimmiten tällaisissa tilanteissa, esimerkiksi rakennusten remonteissa, päädytään melua tuottavan toiminnan suorittamiseen normaalin työajan aikana, eli päivällä (klo: 7-16).

Tarkoituksettomasti ääntä toimintansa sivutuotteena tuottavia elektronisia laitteita ovat muun muassa: pyykkikoneet, pölynimurit, jääkaapit, pakastimet, ilmastointi- ja ilmanvaihtolaitteet, puhaltimet sekä elektronisten laitteiden; kuten esimerkiksi pelikonsoleiden jäähdyttämiseen tarkoitettujen puhaltimet. Näiden lisäksi häiritsevää sivuääntä voivat aiheuttaa myös lämmitykseen ja valaistukseen tarkoitettujen laitteiden. Kyseisten laitteiden muodostama ääni ei yleensä ole kovinkaan voimakasta, eikä siksi yleensä aiheuta häiriötä suurelle alueelle. Vaikka häiriötä aiheuttava ääni ei leviäkään kauas, voi se silti aiheuttaa huomattavaa haittaa kyseisessä tilassa oleville ihmisille tai eläimille. Näin on etenkin siksi, että näitä laitteita, kuten esimerkiksi valaistusta, käytetään juuri silloin, kun käyttäjät ovat kyseisessä tilassa. Valaistuksen osalta yleisimmin äänihaittaa aiheuttavat loisteputket, halogeenivalot tai jotkin LED-valaisimet. Erityisesti tuotantokehityksensä alkupäässä olleissa energian säästölamppuissa on havaittu ylimääräisen äänen muodostumista. Valaisinlaitteiden aiheuttama äänihaitta ei silti ole ainoastaan tuotekehittelynsä alkutaipaleella olevien tuotteiden ongelma, vaan kyseisiä ongelmia voidaan havaita myös markkinoilla jo vuosikymmeniä olleissa tuotteissa. Valaisinlaitteiden osalta äänihaitat saadaan yleensä kuitenkin poistettua suhteellisen helposti, esimerkiksi vain vaihtamalla valaisimen valoa tuottava osa, eli lamppu. Sähkölamppuja ja niiden valmistajia on hyvin monenlaisia, joten kuulekin käyttäjälle sopivan valaistusjärjestelmän löytäminen voi joskus tuottaa haasteita. Kuitenkin valtaosa valaistusjärjestelmistä ja niiden käyttämisestä lampputyypeistä ovat varsin käyttäjäystävällisiä, eivätkä normaalioloissa aiheuta huomattavaa haittaa käyttäjilleen. Yleisesti ottaen, tarpeetonta melua aiheuttavien laitteiden aiheuttamaa häiriötä voidaan pyrkiä minimoimaan suosimalla tuotteita, joiden melutaso on lähtökohtaisesti mahdollisimman alhainen.

Rakennusten käyttäjien aiheuttamat äänet ovat varsin oleellinen osa melusaastetta. Kyseisen melun vaikutus korostuu erityisesti silloin, kun samassa rakennuksessa on useita käyttäjiä ja ääni pääsee etenemään siten, että se on useiden ihmisten havaittavissa. Joissakin tapauksissa rakennuksen käyttäjän, tai käyttäjien, aiheuttama melu voi aiheuttaa häiriötä myös kyseisen rakennuksen ympäristössä. Tällöin ääni voi kulkeutua lähialueen muihinkin rakennuksiin. Kyseisissä tapauksissa äänen häiritsevyys voidaan kokea erityisen häiritsevänä. Tällaisissa tilanteissa melunlähteeseen vaikuttaminen voi olla tavallista haastavampaa, jolloin kyseinen tilanne voi aiheuttaa normaalia enemmän melun aiheuttamaa stressiä.

Rakennuksen käyttäjien toisilleen aiheuttama melurasite voi usein olla varsin tiedostamatonta, sillä melun aiheuttaja ei useinkaan tiedosta, kuinka kauas ääni kulkee äänilähteestä. Lisäksi äänen ulkopuolisille aiheuttaman häiriön tasoa, häiritsevyyttä, voi olla vaikea hahmottaa. Siksi ihmisten, jotka kokevat melun liian häiritseväksi, onkin hyvä tuoda tuntemuksensa julki ja siten, että tieto melun häiritsevyyden tasosta tulee melun aiheuttajan tietoon. Näin toimittaessa melun aiheuttaja voi tiedostaa aiheuttamansa häiriön suuruuden ja voi kykyjensä mukaan pyrkiä vähentämään aiheuttamaansa häiriötä.

Kuorsaaminen on yksi yleinen asumisviihtyvyyteen ja terveyteen negatiivisesti vaikuttava tekijä. Hankalaa kuorsaamisesta aiheutuvan haitan torjunnassa on se, että se ei ole tahdonalaista toimintaa, eikä sitä siten voida poistaa esimerkiksi säännöksillä.

Asutusalueella mattojen puistelu ja tamppaus kuuluvat helposti useankin sadan metrin päähän varsinaiselta mattojentamppaustelineeltä, josta ääni alun perin on peräisin. Mattojen tamppauksesta lähtevä kova voi häiritä osaa ihmisistä, varsinkin jos kyseistä toimintaa jatketaan suhteettoman kauan yhtäjaksoisesti tai aiheutetun melun ajankohta on syystä tai toisesta epäsopeva.

Moottoriajoneuvojen ylenmääräinen niin kutsuttu revittely aiheuttaa helposti ärtymystä ihmisissä, niin taajama-alueilla, kuin haja-asutusalueellakin. Revittelyllä tarkoitetaan esimerkiksi moottoripyörien kovaäänistä käyttämistä, jossa voimakas ääni aiheutetaan nostamalla moottorin kierroslukuja lisäämällä kaasun tai polttoaineen ruiskutusta moottorin sylintereihin. Näin toimittaessa moottorissa olevissa sylintereissä kasvava paine nousee ja sylinterien liikenopeus kasvaa. Näin ollen moottorin tuottama teho myös kasvaa, jolloin

moottorin liikkuvien osien liikenopeus ja tätä kautta vapautuva energiamäärä myös kasvaa. Myös moottorin käymisestä syntyvän pakokaasun paine, liikenopeus ja määrä kasvavat. Kasvavan pakokaasumäärän tilavuus ei voi pysyä loputtomiin täysin samana, joten pakokaasua päästetään hallitusti ulos moottorista pakokaasun käsittely ja poistojärjestelmän kautta. Tämän prosessin sivutuotteena syntyy värähtelyä, joka havaitaan äänenä moottorin ulkopuolella. Revittelyssä syntyvän äänen voimakkuus voi nousta hyvin suureksi, sillä kyseisissä moottoreissa on paljon tehoa ja syntyvän äänen vaimentaminen on haasteellista.

Yöllinen suihkun tai muiden vesihanojen käyttäminen voi häiritä osaa asukkaista erityisesti kerrostalohuoneistoissa, joissa vesiputket ja muut läpiviennit kulkevat useiden asuntojen ja asuinkerrosten lomitse.

Riitelyn äänet asunnoissa voivat kantautua hyvinkin kauas, sillä usein ihmisten riidellessä äänenvoimakkuus nousee, jolloin ääni luonnollisesti kulkeutuu tavallista suurempia matkoja sekä ilmassa, että muussa väliaineessa, kuten esimerkiksi teräsbetonissa.

Askeläänet voivat muodostua ongelmaksi joissakin rakennuksissa, mikäli kyseiset äänet kantautuvat asuntoihin ja oleskelutiloihin, joissa ihmiset oleskelevat. Ongelmalliseksi tilanteen tekee se, että useimmissa rakennustyypeissä askelääniä ei äänilähteenä voida järkevällä tavalla täysin eliminoida. Ihmisten on kuljettava aina jotakin kautta rakennukseen, rakennuksessa ja rakennuksesta pois. Askeläänet voivat olla varsin kuuluvia ja kantautua rakennuksen useisiin eri osiin. Näin tapahtuu etenkin, mikäli sisätiloissa käytetään ulkojalkineita. Ulkojalkineiden pohjamateriaalit valmistetaan usein suhteellisen kovista materiaaleista, että ne kestäisivät kovaakin kulutusta. Materiaalien kulutuskestävyys on oleellista kyseisten tuotteiden laadun ja käyttöiän takaamiseksi. Toisaalta kulutuskestävyydellä on ilmeistä merkitystä myös tuotteen imagonkin kannalta. Askeläänten voimakkuuteen ja laatuun vaikuttavat käytettyjen materiaalien ja niiden ominaisuuksien lisäksi ulkoiset tekijät, kuten materiaalien lämpötila. Suomessa, kuten monessa muussakin maassa, ulko- ja sisälämpötilat vaihtelevat. Lämpötilalla on merkitystä askeläänten voimakkuuteen, sillä materiaalien kimmoisuus ja siten niiden kimmokerroin vaihtelee eri lämpötiloissa. Esimerkiksi jalkineiden pohjissa usein käytetyt erilaiset kumi- ja muovipohjaiset materiaalit

menettävät kimmoisuuttaan, eli toisin sanoen ne muuttuvat kovemmiksi, jolloin niiden kimmokerroin kasvaa. Näin ollen, materiaalin kimmoisuuden ja elastisuuden väheneminen kylmissä lämpötiloissa lisää askeläänien voimakkuutta. Tämä voidaan havaita esimerkiksi, kun talvella kovan pakkasen aikaan ihmiset liikkuvat talvikengillään ulkona ja kengän pohjat kylmenevät huomattavasti verrattuna siihen lämpötilaan, mikä vallitsee esimerkiksi asuin- ja toimistorakennusten sisätiloissa. Ulkoa pakkasesta sisätiloihin kuljettaessa tämä ilmiö voidaan havaita varsin helposti. Tällöin kylmien kengänpohjien aiheuttamat askeläänet ovat lämpimiin vuodenaikoihin nähden normaalia voimakkaampia. Toki lattiamateriaalin fysikaaliset ja fyysiset ominaisuudet vaikuttavat myös askelänten voimakkuuteen, sillä ääni syntyy kengänpohjan ja lattiamateriaalin kohtaamisesta. Tällöin molempien materiaalien ominaisuudet vaikuttavat muodostuvan äänen voimakkuuteen. Yleisesti ottaen lattiamateriaalit, kuten kengänpohjatkin, ovat suhteellisen kovaa materiaalia, mutta joustavat silti hieman. Näin saavutetaan mahdollisimman sopiva tasapaino kulutuskestävyyden ja käyttömukavuuden välille. Askelänten aiheuttaman äänen voimakkuuteen ja värähtelytaajuuteen vaikuttavat materiaalien fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi askeltamiseen käytettävien voimien suuruudet. Karkeasti voidaan todeta, että mitä korkeampi kimmokerroin ja mitä suurempi kohtaavien materiaalien välinen iskuvoima, sitä suurempi on materiaalien kohtaamisessa syntyvä ääni. Askelänten voimakkuuteen ja laatuun vaikuttavat myös muut tekijät, kuten materiaalien kohtaamisessa vaikuttavien voimien suunta toisiinsa nähden. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että eri lattia- ja jalkinemateriaaleilla sekä eri kävelytyyleillä on melko suuri vaikutus askelänten voimakkuuteen ja laatuun. Jokaisella ihmisellä on yksilöllinen kävelytyyli ja jalkinemateriaalitkin ovat vaihtelevia. Lisäksi ihmisillä on toisinaan mukanaan muutakin, kuin vain kengät ja kaikki tämä vaikuttaa äänten laatuun ja voimakkuuteen. Hyvänä esimerkkinä voidaan ottaa käsittelyyn esimerkiksi lemmikkieläimet, jotka eivät yleensä käytä jalkineita, vaan ne kulkevat joko omilla jaloillaan tai ihmisten kuljettamina esimerkiksi häkissä. Suomessa yleisin lemmikki lienee koira, joka onkin hyvä esimerkki lemmikkien tuomasta lisästä asuinhuoneistoihin kantautuvista ylimääräisistä äänistä. Lemmikkien askeläänet eroavat selvästi ihmisen aikaan saamista askeläänistä, sillä eläimet kulkevat yleensä neljällä jalalla ja jaloissa on usein muun muassa useita kynsiä. Koirien,

kuten muidenkin kotieläinten, kynnet ovat varsin vankkaa ja kovaa tekoa, eli niiden ja lattiamateriaalien välisestä kohtaamisesta ja kanssakäymisestä syntyvä ääni voi olla hyvin kuuluvaa ja läpätunkevaa. Toisaalta kotieläimet, varsinkin taajama-alueilla tavattavat lemmikit, ovat yleensä ihmisiä selvästi pienempiä ja kevyempiä. Näin ollen niiden aiheuttamien askeläänten ei uskoisi olevan merkittävän voimakasta. Kuitenkin jalkojen määrä, eläimen koko, kynsien muoto sekä eläimen liikkeiden laatu ja rytmi vaikuttavat muodostuvaan äänikokonaisuuteen. Eläimiä ei kuitenkaan tule tuomita, vaan ihmiset eläinten omistajina ovat vastuussa lemmikkiensä toiminnasta toimista mahdollisesti aiheutuvista haitoista. Yleisen asumisviihtyvyyden kannalta onkin suotavaa, että lemmikkien omistajat pitävät hyvää huolta hoidokeistaan, kuten normaali järki sekä viimekädessä eläinsuojelu- ja yleinen järjestyslaki edellyttävät. Valitettavasti yhä edelleen tulee esiin tapauksia, joissa kotieläimistä ei ole huolehdittu asiaan kuuluvalla tavalla, vaan sivulliset ovat joutuneet puuttumaan havaittuihin epäkohtiin eläintenpidossa. Usein tällaisissa tapauksissa on useita osapuolia, jotka joutuvat kärsimään yksittäisten ihmisten välinpitämättömyydestä ja piittaamattomuudesta lakia ja asetuksia kohtaan. Tällöin kärsijänä ovat kaltoin kohdellut eläimet sekä sivullisina kärsijöinä muut kanssaihmiset. Onneksi suurin osa ihmisistä osaa kuitenkin pitää huolta velvollisuuksistaan ja toimivat mallikelpoisesti, jolloin he näin toimiessaan näyttävät hyvää esimerkkiä muille kansalaisille. Mikäli ongelmia eläinten pidossa ilmenee, niihin tulee puuttua riittävän ajoissa, että tilanne ei pääse pahenemaan ja että tilanteeseen saadaan mahdollisimman nopeasti korjaus. Tämä on kaikkien osapuolten kannalta kaikkein paras toimintatapa. Eläintenpidosta aiheutuvat haitat ilmenevät useillakin eri tavoilla, mutta tässä keskitymme äänten ja myöhemmin myös hajujen aiheuttamiin haittoihin yleiselle asumisviihtyvyydelle ja terveydelle. Äänet voivat kertoa paljon, mikäli niitä osataan tulkita oikein ja niihin puututaan asian vaatimalla tavalla. Esimerkiksi koira joka on jätetty yksin pitkiksi ajoiksi kerrostaloasuntoon, muuhun huoneistoon tai vain ulos, ei useinkaan tunne oloaan hyväksi, vaan purkaa turhautumistaan useimmiten äänтелеillä. Näin toimiessaan eläin herättää huomiota, jonka tarkoitus on mahdollisesti ja tilanteesta riippuen välittää eräänlaista hätäviestiä ympäristöön. Jos ja kun ihmiset kokevat tilanteen vaativan toimenpiteitä, he voivat olla yhteyksissä

suoraan eläinten omistajaan, viranomaisiin tai mahdolliseen taloyhtiön isännöitsijään. Tämä on suotavaa kaikkien hyvinvoinnin edistämiseksi.

Äänten aiheuttamat häiriöt asumisympäristössä ovat erityisen haitallisia yöaikaan, jolloin ihmiset yleensä nukkuvat tai ovat muuten levossa. Yöaikainen melusaaste aiheuttaa ihmisissä stressireaktion, joka vaikuttaa haitallisesti niin fyysisesti kuin henkisesti. Melun haittavaikutukset ovat konkreettisia, vaikka niitä ei edes tiedostettaisi. Unen ja levon aikana koettu meluhaitta rasittaa muun muassa sydän- ja verenkiertojärjestelmää. Tämän lisäksi unen laatu kärsii. Kuten tiedämme, ihmiset ovat yksilöitä ja jokainen meistä reagoi meluun ja ärsykkeisiin eritavalla. Osa ihmisistä on hyvin herkkiä melulle, kun taas toiset eivät häiriinny kovin vähästä. Yhtä kaikki, jokainen meistä reagoi ääniin ja niiden erinäisiin vaikutuksiin tavalla tai toisella. Melulle kaikista herkimmillä ihmisillä voi esimerkiksi olla erityisen hyvä kuuloaisti, jolloin he todennäköisesti kokevat melun aiheuttaman rasituksen toisia kanssaihmiä voimakkaampana. Toisaalta täysin kuuro ihminenkin saa osansa äänten aiheuttamista erinäisistä vaikutuksista, sillä äänten kirjo on hyvin suuri ja tietyt äänitaajuudet vaikuttavat elimistön toimintoihin vaikka emme sitä itse tiedostaisikaan.

Lintujen äänet. Linnut osaavat matkia muun muassa autojen varashälyttimien ääniä. Tämä lintujen käytös voi häiritä joitakin ihmisiä, etenkin taajama-alueilla, joissa on paljon ihmisiä ja taustamelua entuudestaan. Lintujen laulu on kuitenkin pääsääntöisesti miellyttävää ja voi tuntua rauhoittavalta. Lisäksi puut ja kasvit tuovat oman osansa asumisympäristöjen äänimaailmaan. On mitä ilmeisintä, että luonnon äänet noin yleisesti vaikuttavat positiivisesti ihmisten ja eläinten hyvinvointiin. Siksi onkin tärkeää, että kaupunkien sekä muiden asuinalueiden lomassa pidetään huolta luonnon sopivasta tasapainosta ihmisten ja infrastruktuurin keskellä. Lintujen laulu, tuulen havina puiden lehdissä sekä kaikki luonnon hyvät ominaisuudet ovat osa elämää, josta jokaisen tulisi voida nauttia. Siksi onkin tärkeää, että kaupunkisuunnittelussa ja suunnittelussa yleisesti, otettaisiin riittävästi huomioon ihmisten ja eläinten hyvinvointi kokonaisvaltaisesti. Huonekalujen ja muiden esineiden siirtely on yksi melua aiheuttava tekijä rakennuksissa. Huonekaluja siirrellään asuntoihin ja asunnoista pois aika-ajoin ja tästä syntyy melua etenkin asuntoon ja asunnosta pois muutettaessa. Muutoissa syntyvä melu on kuitenkin hyvin kausiluonteista, eikä siten aiheuta jatkuvaa häiriötä asukkaille. Muuttojen yhteydessä siirreltävät huonekalut ja muu irtaimisto

saadaan yleensä siirrettyä muutamissa tunneissa tai noin yhdessä vuorokaudessa. Tällöin asukkaille aiheutuva meluhaitta muodostuu lähinnä rappukäytävissä kulkemisesta ja muutettavan irtaimiston kuljettamisesta käytävissä. Uuteen asuntoon muutettaessa ei aina kuitenkaan ole helppoa sijoittaa kaikkia huonekaluja kerralla niiden lopullisiin paikkoihin, vaan niitä joudutaan siirtelemään vielä muuton jälkeenkin. Tämän lisäksi joidenkin huonekalujen kokoamisesta voi syntyä melua, etenkin jos huonekalujen kokoamiseen tai asentamiseen joudutaan käyttämään erinäisiä työkaluja. Erityisen äänekkäitä työkaluja ovat muun muassa porat ja vasarat, riippuen mihin ja kuinka niitä käytetään. Seiniin poraamisesta ja naulaamisesta muodostuu ääntä ja värähtelyä, joka kulkeutuu helposti seinä- ja lattiarakenteissa erityisesti kerrostaloissa. Äänen ja värähtelyjen kulkeutuminen rakenteissa ja rakennuksissa tapahtuu väliaineen välityksellä. Rakennuksissa väliaineena toimii yleensä ilma, kantavat rakenteet, väliseinät, välipohjat, lattiat ja katot. Ilmassa kulkeva ääni voi kulkeutua rakennuksessa ilmanvaihtokanavia ja muita mahdollisia läpivientejä pitkin useisiin asuntoihin ja huoneisiin. Näin tapahtuu erityisesti jos ilmanvaihtokanavistossa ei ole ilmansuodattimia ja kyseiset ilmanvaihtokanavat ovat suoraan yhteydessä muihin huoneisiin ja asuntoihin. Kantavissa rakenteissa ääni kulkee myös osittain ilman välityksellä, mutta ääni ja värähtely kulkeutuvat myös kiinteissä ja kovissa aineissa, kuten metalleissa. Metallia, etenkin terästä, on muun muassa rakennuksen kantavissa rakenteissa betoniteräksinä. Betoniteräksiä kuitenkin suojaa betoni, joka eristää ääntä varsin hyvin.

Ikkunat ja ovet ovat rakennusten toimivuuden kannalta ensiarvoisen tärkeitä, sillä ne toimivat ilman, säteilyn ja kiinteiden materiaalien kulkeutumista rajoittavina esteinä.

Osastointia on myös esimerkiksi jäteastioiden ja muden hajunlähteiden pitäminen suljettuina, tai muuten eristettyinä sisäilmasta. Jätteiden hajun vaikutus sisäilman laatuun korostuu erityisesti lämpiminä vuodenaikoina, jolloin lämpö nopeuttaa bakteerien aineenvaihduntaa ja lisää sitä kautta syntyvää pahaa hajua. Jätteistä lähtevä paha haju on yleensä seurausta bakteerien toiminnasta. Ihminen aistii

tällaiset hajut vastenmielisinä, sillä bakteerien aineenvaihdunnan sivutuotteena syntyvät kemikaalit ovat haitallisia ihmiselle.

7.3 Ilman lämpötila

Ilman lämpötila vaikuttaa ilman laatuun monin eri tavoin, niin hyvässä kuin pahassakin. Hyvä sisäilma on pääsääntöisesti kaikkea sitä, mikä on hyväksi ihmisille, kasveille ja eläimille, sekä kaikelle sille mitä rakennuksessa on. Asuin- tai muun rakennuksen rakenteiden kannalta on yleensä hyödyllistä, että rakenteet säilyvät lämpimämpinä kuin ympäröivä ilma, etenkin mikäli rakenteita ympäröivän ilman suhteellinen kosteus (RH) nousee lähelle 100 %:a. Lämmin ilma voi sisältää enemmän vesihöyryä kuin kylmä ilma. Tämä voidaan havaita esimerkiksi silloin, kun ilmassa oleva kosteus alkaa tiivistyä nestemäiseksi vedeksi materiaalien pinnoille. Näin voi käydä esimerkiksi saunoessa, kun vettä heitetään kuumalle kiukaalle ja vesihöyry leviää saunan suljetussa tilassa ilmaa kevyempänä ylöspäin kohti kattoa. Katon saavutettuaan vesihöyryn eteneminen jatkuu kohti kauimpana olevaa seuraavaa estettä, eli yleensä kohti katon kauimmaista nurkkaa, olettaen että saunatilan katto on tasainen. Oletetaan että kiuas, joka tässä tapauksessa toimii vesihöyryn muodostumisen alkulähteenä, sijaitsee saunatilan nurkassa ja kiuaskivet ovat yli +100 Celsiusastetta kuumia ja lattiatasosta noin metrin verran korkeammalla. Saunassa olevan ilman lämpötila oletetaan olevan yli normaalilämpötilan, eli enemmän kuin +20 Celsiusastetta. Tässä tapauksessa vesihöyry nousee kiuaskivistä katsottuna suoraan ylöspäin aina kattoon asti, josta se etenee kaikkiin mahdollisiin suuntiin, kunnes kohtaa seuraavan esteen etenemiselleen. Esteeseen törmättyään vesihöyry leviää seuraavaan mahdolliseen suuntaan, etupäässä sivuille, mikäli se ei enää pääse etenemään ylemmäs. Kun vesihöyry on levinnyt katonrajassa kaikkialle, alkaa se levitä vesihöyrypilvessä vallitsevan paineen vaikutuksesta myös alaspäin, koska höyry ei pääse enää ylemmäs eikä sivuillakaan ole enää tilaa. Yleensä ilmassa oleva vesihöyry ei näy ihmisen silmälle, sillä se on kaasumaisessa muodossa tai äärimmäisen pieninä pisaroina aerosolina. Ilmassa olevat suuremmat vesipisarot erottuvat myös ihmissilmälle ja pienimmätkin vesipisarot voivat erottu ilman seassa, mikäli niitä on riittävän paljon ja tiheästi. Ilmassa aerosolina oleva

vesihöyry erottuu ihmissilmälle vaaleana sumuna ilman seassa. Ilmassa oleva vesihöyry voi kondensoitua materiaalien pinnoille, joiden lämpötila on riittävän alhainen, että kyseisessä kohdassa saavutetaan niin kutsuttu kastepiste. Kastepisteessä tapahtuvan vesihöyryn kondensoitumisen vedeksi voi havaita materiaalin pinnoille muodostuvina pieninä vesipisaroina. Vesipisaroita muodostuu, mikäli ilmassa on kosteutta ja tämä ilma pääsee kulkeutumaan pisteeseen jossa kastepiste saavutetaan. Vesipisaroita voi muodostua myös ilmassa, mikäli ilmassa oleva kosteuden määrä on riittävän suuri kastepisteen saavuttamiseksi. Ilmassa tapahtuva vesihöyryn kondensoituminen saa aikaan sumun ja usvan muodostumisen. Ilmassa, kuten muuallakin ympäristössä, vesihöyry kondensoituu helpoimmin kiinteiden materiaalien pinnoille. Tällaisia kiinteitä pintoja voivat olla esimerkiksi ilmassa olevat pienet hiukkaset, kuten esimerkiksi pöly tai tomu. Tästä ilmiöstä johtuen sisäilman kosteudesta on hyötyä ilman pölyisyyden hillitsemisessä. Kosteassa sisäilmassa pölyhiukkaset eivät pääse leijailemaan valtoimenaan ympäriinsä rakennuksessa, sillä ilman sisältämät mikroskooppisen pienet vesipisarot ja molekyylit sitovat hyvin pölyä. Vesihöyryn tiivistyminen pölyhiukkasten pinnoille johtuu vesimolekyylien dipolimaisesta luonteesta. Koska vesi on dipolimolekyyli, sillä on kyky hakeutua kohti erinäisten materiaalien pinnoille. Tämä ominaisuus johtuu siitä, että dipolimolekyyliässä on positiivinen ja negatiivinen osittaisvaraus, joka ei dipolimolekyylin muodosta johtuen pääse kumoutumaan. Dipolimolekyyliässä vallitseva osittaisvaraus saa aikaan vetovoimakentän, joka vetää puoleensa muita molekyyliä ja materiaaleja niissä vallitsevista varauseroista johtuen. Positiiviset varaukset vetävät puoleensa negatiivisia varauksia ja negatiiviset positiivisia. Vetovoimien suuruudet riippuvat varausten välisten erojen suuruudesta, varautuneiden kappaleiden etäisyyksistä toisiinsa nähden, sekä varautuneiden kappaleiden muodoista ja asennoitumisesta toistensa suhteen.

8 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että sisäilmaongelmat ovat varsin yleisiä suomalaisissa rakennuksissa ja muodostavat merkittävän osan asumis- ja

oleskeluviihtyvyyteen vaikuttavista haitoista. Asumisviihtyvyystekijöiden lisäksi sisäilmaongelmat aiheuttavat myös haasteita kansanterveyden kannalta, sillä monet sisäilmaa pilaavat osatekijät aiheuttavat todellisia terveyshaittoja. Kaikista merkittävimpiä terveys- asumisviihtyvyyshaittoja aiheuttavat Suomessa mikrobit, joista erityisesti homeet ja sienet ovat kaikista haitallisimpia. Mikrobin muodostumiseen vaikuttavat kolme päätekijää, sillä elääkseen ne tarvitsevat kosteutta, ravintoa ja riittävän suotuisat olosuhteet. Mikrobin esiintymisen kannalta tärkein yksittäinen tekijä on kosteus, sillä mikrobin muodostumisen muut edellytykset; ravinto sekä riittävän suotuisat elinolosuhteet löytyvät käytännössä lähes kaikista rakennuksista. Tästä syystä rakenteisiin pääsevä kosteus on avainasemassa sisäilmaongelmien muodostumisessa. Näin ollen rakenteisiin päätyvän kosteuden määrän minimoinen on äärimmäisen tärkeää. Rakennus- ja suunnitteluvirheistä johtuvien sisäilmaongelmien korjaaminen on usein kallista ja haastavaa, joten uudisrakentamisessa tulee kiinnittää erityistä huomiota rakennusten ja rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen sekä asianmukaiseen kunnossapitoon rakennusten käyttöiän aikana. Aiemmistä virheistä voidaan oppia ja onkin toivottavaa, että samoja virheitä rakentamisessa ei tulla toistamaan tulevaisuudessa.

9 Lähteet

<https://www.betonipuisto.fi/post/2018/08/16/betonirakenteisilla-seinill%C3%A4-%C3%A4%C3%A4nenerist%C3%A4vyys-kuntoon>

<https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/%C3%84%C3%A4neneristys-puutalossa-web.pdf>

<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Yleisimmat-sisailmaongelmat>

<https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailmaongelmien-selvittaminen/>

<https://www.oaj.fi/tyoelamaopas/turvallinen-tyoymparisto/sisailma/>

<https://raksystems.fi/blogi/sisailmaongelmien-moninaiset-syyt/>

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Sis%C3%A4ilmaongelma>

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/sisailma/epailetko-sisailmaongelmaa->

