

Piia Hietsalo

Terveen talon mittari

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusinsinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

24.4.2013

Tekijä Otsikko	Piia Hietsalo Terveen talon mittari
Sivumäärä Aika	63 sivua 24.4.2013
Tutkinto	rakennusinsinööri (AMK)
Koulutusohjelma	rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	ympäristörakentaminen
Ohjaajat	teknologiapäällikkö Hannu Hyyppä koordinaattori Marika Ahlavuo yliopettaja Mika Lindholm
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kirjallisuuden pohjalta, millainen on terve talo ja mitkä seikat suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa vaikuttavat talon terveellisyyteen, turvallisuuteen ja ekologiseen kestävyys. Näiden lisäksi tavoitteena oli löytää tutkimusmenetelmiä, mittareita ja mittaustapoja, joilla voitaisiin arvioida talon terveyttä. Työssä käsiteltiin myös erilaisia rakennusten ongelmia, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittoja asukkaille. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan uudisrakentamista. Opinnäytetyön aihetta käsiteltiin kahdesta näkökulmasta: tekniikka sekä terveys ja hyvinvointi.</p> <p>Opinnäytetyössä pyrittiin huomioimaan mahdollisimman hyvin rakentamisen ja rakennuksen käytön energiatehokkuus, ekologisuus ja kestävyys. Työssä tarkasteltiin myös tulevaisuuden asettamia haasteita rakentamiselle (uudet energiamääräykset, ilmastonmuutos) kuin myös mahdollisuuksia (energiatehokkuus, ekorakentaminen).</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin selville monia eri tekijöitä, joilla voidaan vaikuttaa talon terveellisyyteen, energiatehokkuuteen ja ekologisuuteen sen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Lisäksi löydettiin useita mittaustapoja, joilla talon terveellisyyttä voidaan arvioida ja mitata.</p>	
Avainsanat	terve talo, sisäilmasto, ekologinen rakentaminen

Author(s) Title	Piia Hietsalo Measure of a healthy house
Number of Pages Date	63 pages 23 April 2013
Degree	Construction Engineer
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Environmental Construction Engineering
Instructor(s)	Hannu Hyypä, Technology Manager Marika Ahlavo, Coordinator Mika Lindholm, Principal Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to find out what makes a healthy house and which issues during the design and construction phases have an effect on the healthiness, safety and ecological sustainability of the house. Another purpose was to find out how the healthiness of a house can be measured. The thesis also covers a series of problems in houses which can cause health problems to people living in them. The thesis concentrates only on new construction. The subject is covered from two perspectives: technical, and health and well-being.</p> <p>Special attention was also given to the energy efficiency, ecology and sustainability of construction. The thesis also covers some of the future challenges of construction (new energy standards, climate change) and also the possibilities (energy efficiency, eco-construction).</p> <p>This thesis provides a number of factors that have an effect on the healthiness, energy efficiency and ecology of a house during the design and construction phases. Also, many methods for evaluating and measuring the healthiness of a house were found.</p>	
Keywords	Healthy house, indoor climate, eco-construction

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen taustat ja tavoitteet	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	1
2	Terve talo	2
2.1	Mikä on terve talo?	2
2.2	Terveellinen sisäilmasto	4
2.3	Sisäilmastotekijät	4
2.3.1	Lämpötila ja veto	5
2.3.2	Sisäilman kosteus	6
2.3.3	Rakennekosteus	7
2.3.4	Ilmanlaatu	7
2.3.5	Melu	9
2.4	Sisäilmastoluokitukset	9
3	Terveen talon suunnittelu ja rakentaminen	12
3.1	Rakentamisen laatu	12
3.2	Työmaan kosteudenhallinta	13
3.3	Työmaan puhtaudenhallinta	14
3.4	Ekologisesti kestävä rakentaminen	15
3.4.1	Talon elinkaari	16
3.4.2	Elinkaarimittarit	16
3.4.3	Energiatehokas talo	19
3.4.4	Ilmatiiviys	24
3.4.5	Ilmanvaihto	25
3.4.6	Terveen talon materiaalit	26
3.5	Asumisviihtyvyys	29
4	Terveyshaittaa aiheuttavia tekijöitä talossa	31
4.1	Kosteusvaurioalttiit rakenteet	31
4.2	Rakennusvirheet	35
4.2.1	Puutteellinen kosteudenhallinta	36
4.2.2	Ilmavuodot	37
4.3	Lämmöneristyspaksuuden lisääminen	38
4.4	Ilmanvaihto-ongelmat	39

5	Terveen talon mittareita ja mittaustapoja	40
5.1	Mittaustapoja	40
5.1.1	Kuntoarvio	40
5.1.2	Kuntotutkimus	41
5.1.3	Energiatodistus	41
5.1.4	Ilmatiiviyden mittaus	41
5.1.5	Lämpökamerakuvaus	42
5.1.6	Sisäilmatutkimus	43
5.1.7	Melun mittaus	44
5.1.8	Käyttäjäkyselyt	45
6	Terveys ja hyvinvointi	47
6.1	Huonosta sisäilmastosta johtuvat oireet	47
6.2	Mikrobien aiheuttamat oireet	48
6.2.1	Yleisoireet	48
6.2.2	Ärsytysoireet	49
6.2.3	Allergiat ja astma	49
6.2.4	Infektiot	49
6.3	Hyvän sisäilmaston hyödyt	50
7	Terveellinen rakentaminen tulevaisuudessa	51
7.1	Haasteet	51
7.1.1	EU	51
7.1.2	Ilmastonmuutos ja energijärjestelmien muutos	51
7.1.3	Maaperä	53
7.1.4	Tulevaisuuden osaamistarpeet	54
7.2	Mahdollisuudet	54
7.2.1	Uudet materiaalit ja rakenteet	54
7.2.2	Älytalot	56
7.2.3	Uudet rakentamistavat	56
8	Yhteenveto	58
	Lähteet	60

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehdään Aalto Yliopistolle, Maankäyttötieteiden laitokselle. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mikä on terve talo, millaisia teknisiä ongelmia rakennuksissa on ja millaisia mittareita ja mittaustapoja on olemassa. Tutkimus rajataan koskemaan nykyaikaisia rakenteita ja uudisrakentamista. Opinnäytetyössä pyritään huomioimaan myös tulevaisuuden haasteet ja mahdollisuudet terveelliselle rakentamiselle (ilmasto, maaperä, kaupunkirakentaminen, materiaalit, suunnittelu). Työn tavoitteena on myös kartoittaa tulevaisuuden toimintaympäristön asettamia haasteita rakennetun ympäristön suunnittelusta, toteutuksesta ja käytöstä vastaaville. Kiinnostus yksilön hyvinvointiin ja terveyteen sekä sen mittaamiseen on yhteiskunnassa korostunut, joten opinnäytetyön aihetta käsitellään kahdesta näkökulmasta: tekniikka sekä terveys ja hyvinvointi.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tämä opinnäytetyö toteutetaan perehtymällä alan kirjallisuuteen, painettuihin julkaisuihin sekä sähköisiin lähteisiin.

Tutkimuksen pohjalla ovat käsite rakentamisen laatu sekä eri tahojen määritelmät terveelle talolle ja terveen talon suunnittelulle ja rakentamiselle. Terveen talon määritelmiä ovat tuottaneet muun muassa Sisäilmayhdistys, VTT, Tekes, Luomura ja Hengitysliitto.

2 Terve talo

2.1 Mikä on terve talo?

”Terve sielu terveessä ruumissa on ihmisen ”terve talo”.” (Luotonen, 2010). Innostus terveeseen taloon alkoi 2000-luvun vaihteessa. Tätä ennen terveen talon käsitettä ei juurikaan käytetty. Aikaisemmin rakennuksissa arkielämän toiminnallisuus oli määräävässä asemassa, nykyään haetaan numeraalista näennäistehokkuutta. Mittarit ja numerot ovat suuri apu, mutta ihmisten elämisen viihtyvyyttä ei pelkästään niiden avulla voida mitata (Luotonen, 2010).

Eräs määritelmä terveen talon perusteista:

Terve talo = kosteudenhallinta, työmaan puhtaudenhallinta, päästöluokitellut materiaalit ja toimiva ilmanvaihto.

Rakennusten terveellisyyden parantaminen on tärkeä tavoite koko rakennus- ja kiinteistöalalla, koskien niin uudisrakentamista kuin korjausrakentamista. Terveen talon toteutuksen tavoitteena on, että talon käyttäjät ovat tyytyväisiä talon olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyden on korkealla. Näillä tekijöillä on suora yhteys myös käyttäjien terveyteen. Terveellisyys, viihtyvyys ja tyytyväisyys, voidaan saavuttaa kun rakennukseen saadaan luotua riittävän hyvä sisäilmasto. Kirjallisuuden mukaan terveen talon lähtökohta on lopputuloksen hyvä sisäilmasto, joka määritellään Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaisella sisäilmaston laatuluokalla S2 (RT 07-10946, 2009).

Sisäilmaston arvioimiseksi Sisäilmayhdistys ry on laatinut kolme sisäilmaluokkaa: S1, S2 ja S3. Näiden luokitusten avulla voidaan asettaa tekniset tavoitearvot, jotta saavutetaan haluttu sisäilmaston taso. Tavoitearvot on jaettu viiteen osaan: lämpöolosuhteet, ilmanlaatu, ääniolosuhteet, valaistus ja ilman liikenopeus. Näiden lisäksi merkittävässä osassa terveen talon rakentamisesta on ilmanvaihto, rakennustyönaikainen kosteudenhallinta, työmaan puhtaudenhallinta sekä päästöluokiteltujen rakennusmateriaalien ja kalusteiden käyttö (Sisäilmaluokitus 2008).

Terveeseen taloon kuuluu myös käsitteet ekologisuus, energiatehokkuus ja kestävä rakentaminen. Kiristyvien säädösten myötä talojen tulee olla entistä energiatehokkaampia. Ilmastonmuutoksen hidastamiseksi käytetyt materiaalit on valittava huolelli-

sesti, tulisi suosia vähäpäästöisiä ja kierrätettäviä perinteisiä materiaaleja ja tuotteita. Talon rakentamiskulujen lisäksi tulisi huomioida talon koko elinkaaren aikaiset kustannukset (<http://www.safa.fi>).

Sisäilmayhdistys ry on laatinut oppaan ”Terveen talon toteutuksen kriteerit”. Oppaita on tehty erikseen asunto- ja toimitilarakentamista varten. Oppaan tarkoituksena on kuvata tärkeimmät suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvät vaatimukset, joiden avulla aikaansaadaan toimiva ja terveellinen sekä vaaditut sisäilmasto-olosuhteet täyttävä rakennus. Tavoitteena on, että Terve talo-kriteerien mukainen rakentaminen vähentää sairusrakennusoireita, lisää viihtyvyyttä ja parantaa työtehoa. Oppaan kriteerit ja ohjeet on suunnattu ensisijaisesti uudisrakentamista varten. Peruslähtökohtana on aina hyvä rakentamistapa ja opas täydentää sitä. Terveen talon toteutuksen kriteerit on tarkoitettu käytettäväksi kaikissa rakennushankkeen vaiheissa (Sisäilmaopas 7, Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle, 2004: 5). Alla olevaan kuvioon 1 olen kerännyt terveen talon osatekijöitä.



Kuvio 1. Terveen talon osatekijöitä

2.2 Terveellinen sisäilmasto

Suomalaiset viettävät sisätiloissa (kodit, työpaikat, koulut, päiväkodit) keskimäärin 90 % kokonaisajastaan, joten sisäympäristö vaikuttaa suoraan ihmisten terveyteen, viihtyvyyteen ja tuottavuuteen. Koska sisäympäristö on niin merkittävässä osassa ihmisten elämää, on sisä- ja huonetilojen olosuhteita tutkittu enenevässä määrin. Sisäilmasto-tutkimuksia on tehty niin asunnoissa kuin päiväkodeissa, kouluissa ja toimistorakennuksissakin. Nämä tutkimukset ovat perustuneet lähinnä asukkaiden ja työntekijöiden mielipidekyselyihin, sisäilman mittauksiin ja rakennusten luonnehdintaan. Asuinnoissa havaitut sisäilmasto-ongelmat ovat koskeneet lähinnä lämpöoloja, ilmanlaatua, ilmanvaihtoa ja kosteusvaurioita (Seppänen, Säteri ym, 1997: 7).

Terveellisessä sisäilmastossa huonelämpötila ja ilman kosteus ovat miellyttävät, ilma on hajutonta, vedotonta ja pölytöntä eikä meluhaittoja esiinny. Sisäilmasto koetaan hyvin yksilöllisesti ja kokemukseen vaikuttavat ihmisen ikä, terveydentila, herkistyminen, altistusaika, kotiolot ja psykologiset tekijät.

Puitteet hyvälle sisäilmastolle luodaan jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Hyvän sisäilmaston saavuttamiseksi tarvitaan asiantuntevasti laaditut suunnitelmat, soveltuvat materiaalit sekä huolellista ja ammattitaitoista rakentamista. Jotta rakennus säilyisi myös käytön aikana terveenä, tulee tilojen ja laitteiden huollon ja kunnossapidon olla oikeaoppista. Sisäilmasto ei siis ole siis pelkästään rakentamisen tulos, vaan siihen vaikuttavat myös rakennuksen käyttö ja ulkoiset olosuhteet (Seppänen, Säteri ym, 1997: 11).

2.3 Sisäilmastotekijät

Sisäilmasto on monien kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten tekijöiden muodostama kokonaisuus. Fysikaalisia tekijöitä ovat mm. sisäilman lämpöolosuhteet ja veto, huoneilman kosteus, melu, ilmanvaihto ja valaistus. Kemiallisilla tekijöillä tarkoitetaan sisäilman kaasumaisia tai hiukkasmaisia aineita (epäpuhtauksia) (Asumisterveysopas, 2009: 128).

Sisäilmaston laatuun vaikuttavat myös ns. psykologiset tekijät. Psykologisilla tekijöillä tarkoitetaan tilojen käyttäjien tyytyväisyyttä sisäilmaston laatuun. Tyypillisesti tätä tutkitaan erilaisilla käyttäjäkyselyillä.

On selvitetty, että suurimmat ongelmat sisäilmastossa koskevat lähinnä homeita, lämpöoloja, vetoa, laitemelua, kosteutta ja ilman epäpuhtauksia (Seppänen, Säteri ym, 1997: 106).

2.3.1 Lämpötila ja veto

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä lämpötila voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti.” (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, 2012: 5)

Lämpötila on tärkein sisäilmasuure. Oikea huonelämpötila muun muassa edistää terveyttä, parantaa asumistyytyväisyyttä, kohentaa sisäilmanlaatua ja pienentää rakennusmateriaalien haitallisia päästöjä. Hyvässä sisäilmastossa huonelämpötila ei vaihtele merkittävästi ulkolämpötilojen ja muiden ulkoisten tekijöiden muuttuessa. Myöskään ihmismäärä ei saa vaikuttaa, vaan lämpötilan tulee käyttäjämäärän vaihtelevuudesta huolimatta pysyä tasaisena.

Ihmisen kokemaan lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötila, lämpösäteily, ilman virtausnopeus ja kosteus sekä vaatetus ja ihmisen toiminnan laatu. Ihmiset kokevat samat lämpöolosuhteet eri tavoin. Keskimäärin ihmiset pitävät sopivana lämpötilana talvella 20–22 °C. Tässäkin lämpötilassa 10–30% ihmisistä saattaa kokea olonsa epämiellyttäväksi. Sopiva lämpötila on siis yksilöllinen asia. Suurin tyytyväisyys saavutetaan antamalla jokaiselle mahdollisuus säätää huoneensa lämpötila haluamukseen (<http://www.sisailmayhdistys.fi>). Jotta yksilölliset vaatimukset täyttyisivät, tulisi lämpötilaa pystyä säätämään noin 4 °C (Seppänen, Säteri ym, 1997: 61).

Liian korkean huonelämpötilan haittoja:

- kuormittaa elimistöä
- vähentää henkistä ja fyysistä suorituskykyä
- lisää rakennusmateriaalien emissiota
- alentaa ilman suhteellista kosteutta
- lisää ilman tunkkaisuutta
- tuhlaa energiaa.

Liian alhainen huonelämpötila aiheuttaa vedon tunnetta. Vedon tunne kasvaa, kun sisälämpötila laskee viihtyvyytlämpötilan (21–24 °C) alapuolelle (Seppänen, 1996: 25). Alhaisissa lämpötiloissa veto voimistaa kylmän vaikutusta ja aiheuttaa siten palelua ja toimintakyvyn alenemista. Korkeissa lämpötiloissa veto parantaa lämmönsietoa, sillä se edesauttaa ihon viilenemistä. Suomalaisissa rakennuksissa vetoa ei esiinny siinä määrin, että se aiheuttaisi ihmisten sairastumista. Veto koostuu useiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta: kylmät pinnat, kylmien pintojen aiheuttama ilman virtaus ja rakenteiden läpi kulkeutuvat ilmavuodot aiheuttavat vetoa. Tyypillisiä vedon aiheuttajia ovat huonosti tiivistetyt ovet, ulkoseinässä olevat ulkoilmaventtiilit, suuret kylmät ulkovaipan pinnat (mm. suuret ikkunapinnat), lattianrajavuodot, väärin sijoitetut tuloilmaventtiilit ja puutteellisesti toimiva ilmanvaihto (Asumisterveysopas, 2009).

2.3.2 Sisäilman kosteus

Sisäilman kosteus ilmoitetaan yleensä suhteellisena kosteutena. Suhteellinen kosteus ilmaisee, kuinka monta prosenttia ilmassa on vesihöyryä siitä määrästä, joka tietyssä lämpötilassa voi olla ilmassa tiivistymättä. Ulkoilmassa kylmän ilman suhteellinen kosteus voi olla 100 %. Rakennukseen voi tulla kosteutta joko sen ulkopuolelta tai rakennuksen sisältä, yleensä ihmisistä (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Huoneilman suhteellinen kosteus tulisi olla 20–60% (talvisaikaan 20–40 % ja kesäaikaan 50–60 %). Tämän saavuttaminen ei kuitenkaan aina ole mahdollista ilmastollisista syistä (Asumisterveysopas, 2009: 46).

Liian kuiva tai liian kostea sisäilma vaikuttaa monella tapaa ihmisten asumisviihtyvyyteen. Liian kuivasta huoneilmasta kärsitään lähinnä talvisaikaan. Liian kuivasta sisäilmasta voi aiheutua hengitysteiden limakalvojen, silmien sidekalvojen ja ihon kuivumista. Sisäilman alhainen suhteellinen kosteus edistää myös ilman pölyisyyttä. Jos huoneilman kosteus on alle 20 %, voidaan huoneilmaa kostuttaa paikallisesti huonekohtaisella ilmankostuttimella. Liian kostea sisäilma puolestaan lisää hikoilua ja pölypunkkien määrää. On tutkittu, että yli 45 %:n suhteellinen kosteus edesauttaa pölypunkkien kasvua. Kun kosteus on 70–80 %, on homesienillä edulliset kasvuolosuhteet. Jos kosteus on yli 90 %, on olemassa lahovaurion riski (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

2.3.3 Rakennekosteus

Yleisimpiä sisäilman epäpuhtauksien aiheuttajia on rakennusvaiheessa betoniin jäänyt kosteus. Kosteutta jää betoniin kun pintarakenteet asennetaan liian aikaisin eikä kosteus pääse enää poistumaan betonirakenteesta. Mikäli betonirakenne, jonka kuivuminen on kesken ja tilan lämpötila on yli +20 C, suljetaan tiiviisti jollakin materiaalilla, esimerkiksi laatoitus, parketti, muovimatto, alkaa bakteeri- ja homekasvuston kehittyminen nopeasti (<http://www.haistahome.fi>).

Rakenteiden pysyvä kostuminen aiheuttaa yleensä aina mikrobivaurion. Vaurion merkeinä voidaan pitää rakenteen pintamuutoksia ja hajua.

Rakennusaikaisesta kosteudenhallinnasta ja kosteusvaurioalttiista rakenteista kerrotaan tulevissa luvuissa.

2.3.4 Ilmanlaatu

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja” (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, 2012: 7)

Sisäilmastotekijöistä ilman laatu on monimutkaisin ja vaikeimmin hallittavissa, koska siihen vaikuttaa niin monet eri tekijät. Sisäilman laatuun vaikuttavat suoraan:

- rakennuksen sijoittelu ulkoihin epäpuhtauslähteisiin (esimerkiksi liikenneväylät) nähden
- käytetyt rakennus-, päälly- ja sisustusmateriaalit
- ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät.

Ulkoilmasta voi kulkeutua sisäilmaan epäpuhtauksia muun muassa liikenteestä, energiantuotannosta ja teollisuudesta. Maaperästä voi sisäilmaan kulkeutua radon-kaasua ja mahdollisesti muitakin maaperän epäpuhtauksia. Sisäilmaan vaikuttaa suuresti myös epäpuhtaudet, joita on rakennus- ja sisustusmateriaaleissa sekä huonekaluissa. Myös rakennuksessa tapahtuvat toiminnot tuottavat epäpuhtauksia sisäilmaan. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi ruuan laitto, aineenvaihduntatuotteet ja tupakointi. Sisäilman

epäpuhtautta lisää merkittävästi myös liiallisen kosteuden aiheuttama mikrobitoiminta, kuten homeet, bakteerit ja pölypunkit (Seppänen, Säteri ym, 1997: 11).

Orgaaniset epäpuhtaudet

Mikrobeja ovat bakteerit, homeet ja hiivasienet. Mikrobeja ja niiden itiöitä on kaikkialla, mutta terveessä rakennuksessa ne eivät kasva materiaaleissa eivätkä rakenteissa. Mikrobit tarvitsevat kasvuunsa kosteutta, ravinteita ja sopivan lämpötilan. Ne eivät vaadi orgaanisia rakennusmateriaaleja kasvualustakseen.

Rakennuksessa esiintyvän mikrobikasvuston syynä on yleensä kosteusvaurio. Jos rakenteen tasapainokosteus on jatkuvasti yli 80 %, mikrobit alkavat kasvaa. Turvallinen kosteusalue, jolla mikrobikasvua ei tapahdu, on jatkuvasti alle 65 % tasapainokosteutta vastaavat olosuhteet (Seppänen, Säteri ym, 1997: 52). Mikrobikasvusto voi näkyä rakennuksen sisäpinnoilla tai rakenteissa värimuutoksina materiaalipinnoilla tai puuterimaisina, pölymäisinä tai pistemäisinä kasvustoina. Usein mikrobikasvusto kehittyy rakenteiden sisällä ilman, että rakennuksen sisäpinnoilla huomataan mitään merkkejä vauriosta. Tällaisissa tapauksissa ensimmäisenä merkinä vauriosta havaitaan maakellarimainen, tunkkainen haju (Asumisterveysopas, 2009).

Sisäilmassa voi esiintyä myös kemiallisia haitta-aineita. Niitä tulee ihmisen oman toiminnan seurauksena, rakennus- ja sisustusmateriaaleista vapautuvina päästöinä, maaperästä, liikenteestä ja teollisuudesta (Asumisterveysopas, 2009).

VOC-yhdisteet (volatile organic compound, haihtuvat orgaaniset yhdisteet)

VOC-yhdisteet kuvaavat kemiallisten aineiden kokonaismäärää, joko pitoisuuksina (sisäilma) tai emissiona (materiaalit). VOC-yhdisteiden pääasiallisia lähteitä ovat rakennus- ja sisustusmateriaalit, homesienet, ruuanlaitto ja siivous. VOC-yhdisteet voivat aiheuttaa silmien ärsytysoireita, päänsärkyä ja hajutuntemuksia. Uusissa rakennuksissa VOC-pitoisuudet ovat pääsääntöisesti suurempia kuin vanhoissa rakennuksissa. Tämä johtuu siitä, että uusissa maaleissa, käsittelyaineissa, matoissa, muovilattioissa ja muovikalusteissa päästöt ovat suurimmillaan (<http://www.heli.fi/>).

Ammoniakki

Ammoniakki on kaasumainen aine, jolla on pistävä haju. Sitä voi vapautua rakennusmateriaaleista, maaleista, lakoista, puhdistus- ja pesuaineista sekä ihmisen ja eläinten eritteistä. Tupakointi lisää myös sisäilman ammoniakkipitoisuutta. Ammoniakki aiheut-

taa limakalvojen ja silmien ärsytysoireita. Jos ihminen haistaa ammoniakkin hajun sisätiloissa, on sisäilman ammoniakkipitoisuus syytä tutkia (Asumisterveysopas, 2009: 130–131).

Formaldehydi

Formaldehydi on kaasumainen aine, huoneenlämmössä väritön ja pistävänhajuinen. Formaldehydin lähteitä ovat mm. lastulevyt (sidosaineena), lakat, liimat, maalit, kokolatiamatot, laminaatit ja liikenteen pakokaasut. Formaldehydin aiheuttamia oireita ovat silmien ja ylähengitysteiden ärsytys ja korkeammissa pitoisuuksissa päänsärkyä, pahoinvointia ja väsymystä (Korolainen, 2012: 18).

2.3.5 Melu

Melu on ääntä, jonka ihminen kokee häiritsevänä tai haitallisena. Hyvän sisäilmaston tulee olla meluton. Yleisimpiä melunlähteitä ovat ihmisten toiminnot, talon ulkopuolinen liikenne ja laitteiden äänet. Melun voimakkuus ilmoitetaan desibeleinä.

Melun aiheuttamat terveyshaitat ovat pääasiassa toiminnallisia. Melu aiheuttaa unihäiriöitä, kuten nukahtamisvaikeuksia. Lisäksi melu voi aiheuttaa päänsärkyä, stressaantumista ja lisäksi se voi vaikuttaa sydämen sykkeeseen ja verenpaineeseen. Erittäin voimakas melu voi aiheuttaa myös kuulovaurioita. Ihmiset kokevat melun häiritsevyyden yksilöllisesti, joten tarkkoja raja-arvoja sille on vaikea asettaa. Unen laatu yleensä häiriintyy jos melutaso ylittää 35 dB (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

2.4 Sisäilmastoluokitukset

Sisäilmastoluokitus 2008 on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun sekä urakoinnin ja rakennustarviketeollisuuden tarpeisiin. Luokitus on tehty uudisrakentamista varten, mutta sitä voidaan soveltuvin osin hyödyntää myös korjausrakentamisen saralla. Sisäilmastoluokitus 2008:aa noudattamalla rakennuksista tulee terveellisempiä ja viihtyisämpiä. Suunnittelu- ja tavoitearvoja on asetettu sisäilman laadulle, rakennusmateriaaleille, ilmanvaihtotuotteille, rakennustoille ja ilmanvaihtojärjestelmille. Sisäilmastolle määritellään haluttu laatutaso jo suunnittelun alussa ja siihen kuuluvat tavoitteet, vaatimukset ja ohjeet pitää huomioida rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa.

Sisäilmastoluokitus ei kumoa viranomaissäännöksiä eikä sisäilmastoluokan asettaminen ole pakollista. Luokituksen tehtävänä on täydentää Suomen rakentamismääräyksiä, rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia, rakennusselostusohjetta, LVI-selostusohjetta, urakkarajaliitettä, RT- ja LVI-ohjekortteja sekä muita rakentamisen asiakirjoja. Sisäilmaston vähimmäisvaatimukset määritellään rakennuslaissa ja siihen liittyvässä Suomen rakentamismääräyskokoelma D2:ssa, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto (Sisäilmastoluokitus 2008).

Sisäilmastoluokkien kuvaukset:

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto:

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.

Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista tai tarvittaessa määritellä jonkin suureen arvo. (Sisäilmastoluokitus 2008)

On todettu, että luokan S1 tasoisessa sisäilmastossa n. 90 % asukkaista on tyytyväisiä olosuhteisiin. S3 vastaa Suomen rakentamismääräyskokoelmassa annettuja vähimmäisarvoja. S3-luokassa ilma voi olla ajoittain tunkkaista ja vetoista ja lämpötila voi kesäpäivinä nousta yli tavoitearvojen (Koskela, 2007).

Rakennusmateriaalien ja ilmanvaihtotuotteiden päästöluokitukset:

M1:

- VOC-yhdisteiden kokonaisemissio on alle $0,2 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin emissio on $0,05 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$.
- Ammoniakin emissio on alle $0,03 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$.
- Karsinogeenisten aineiden emissio on alle $0,005 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$.
- Materiaali ei haise
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

M2:

- VOC-yhdisteiden kokonaisemissio on alle $0,4 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin emissio on alle $0,125 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$.
- Ammoniakin emissio on alle $0,06 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$.
- Karsinogeenisten aineiden emissio on alle $0,005 \text{ mg} / \text{m}^2 / \text{h}$.
- Materiaali ei haise merkittävästi.
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

M3:

- Tuotteet, jotka ylittävät M2-luokituksen rajat (Sisäilmastoluokitus 2008).

M1-merkki kertoo, että tuote on testattu puolueettomassa laboratoriossa ja että se on vakioiduissa testioloissa täyttänyt neljän viikon iässä M1-luokalle asetetut laatuvaatimukset. Jo suunnitteluvaiheessa tulisi valita M1-luokan rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä kalusteet (Sisäilmastoluokitus 2008).

Rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmien puhtausluokat:

P1:

- Työ- ja asuintilat, joissa pyritään S1 tai S2 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun.
- Rakennuksen tulee olla puhtas ennen kuin ilmanvaihdon päälaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikkaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu. Tämän vaiheen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä sekä loppusiivous.
- Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikkaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja.

P2:

- Tavanomaiset työ- ja asuintilat, joissa pyritään sisäilmastoluokan S3 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun. (Sisäilmastoluokitus 2008)

Rakennus- ja ilmanvaihtotöiden puhtausluokituksella varmistetaan, ettei rakennuksen käytön aikana sisäilmaan kulkeudu rakennusvaiheesta peräisin olevia epäpuhtauksia. Tavoitteena on tietenkin myös, että rakennuksen tilat ovat puhtaat, kun ne luovutetaan käyttäjälle (Sisäilmastoluokitus 2008).

3 Terveen talon suunnittelu ja rakentaminen

Rakentaminen on globalisoitunut teollisen tehostamisen ja kansainvälisten normien myötä. Tämän myötä vaihtoehdot talomarkkinoilla ovat vähentyneet. Nykyaikana ihmisillä olisi aikaa ja resursseja miettiä lähiympäristönsä ja oman kotinsa luomista, mutta samanaikaisesti valinnanmahdollisuudet vähenevät erilaisten normien ja tyyppihyväksyntöjen vuoksi. Nykyrakentaminen on tiukasti säänneltyä ja valvottua ja varsinkin rakennusten energiankulutus ja ilmanvaihto ovat erityisen huomion kohteena (<http://pk2012.multiedition.fi/pk2012/summary?id=68>).

Kuten ensimmäisissä luvuissa on kerrottu, terve talo muodostuu huolellisesta ja ammattitaitoisesta suunnittelusta, hyvästä rakentamisen laadusta, työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinnasta, hyvästä sisäilmasta, terveellisistä ja tutkituista materiaaleista, toimivasta ilmanvaihdosta, energiatehokkuudesta sekä ekologisuudesta.

3.1 Rakentamisen laatu

Hyvä rakentamistapa on koko rakennusalan oman aikansa käsitys hyvästä lopputuotteesta. Hyvää rakennustapaa tukemaan on mm. perustettu Rakennustietosäätiö RTS:n toimikuntalaitos, johon rakennusala on pitkään yhteisesti panostanut. Hyvä rakennustapa esitetään RT-kortiston säännöksissä ja ohjeissa ja hyvän rakennustavan kirjallisena kuvauksena käytetään RYLiä eli Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset -julkaisua. Nämä laatii Rakennustietosäätiö RTS toimikuntiansa ja alan asiantuntijoiden kanssa aina yhteistyössä. Toimikuntiin pyritään valitsemaan kunkin osa-alueen parhaat asiantuntijat rakentamisen kaikilta sektoreilta ja lisäksi kaikki ohjeet käyvät läpi laajan lausuntokierroksen. Niihin on koko rakennusosalalla aina mahdollisuus vaikuttaa (<http://www.taloussanommat.fi>).

Rakentamisen laatu syntyy harkitulla tavoiteasettelulla, hyvällä suunnittelulla, toimivalla tuotantotavalla sekä riittäville resursseille ja laadun todentamistoimenpiteillä. Rakentamisen laatu voidaan jakaa prosessin laatuun ja lopputuotteen laatuun (RIL 204–2006, 2006). Hyvää rakentamisen laatua tukevat asianmukainen valvonta sekä erilaiset laatu-, turvallisuus- ja ympäristöjärjestelmät. Rakentamisen laatu paranee myös kun hankkeen osapuolilla on selkeä vastuunjako ja työntekijöillä vaaditut pätevyudet ja osaaminen (<http://www.ymparisto.fi>).

3.2 Työmaan kosteudenhallinta

Työmaan kosteudenhallinnan tarkoituksena on varmistaa rakennuksen käyttäjille terveellinen ja turvallinen ympäristö. Toimivalla kosteudenhallinnalla saadaan yleensä myös säästöä rakennuskustannuksista. Kosteudenhallintaprosessi alkaa hankesuunnitteluvaiheessa ja se kestää koko rakennushankkeen ajan. Hankkeen kosteudenhallintaa varten laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma.

Suunnitelman rakenne on seuraavanlainen:

- Hankkeen yleistiedot
- Rakennuttajan kosteudenhallinnan laadun tavoitetaso
- Kosteusriskien arviointi
- Rakenteiden kuivumisaika-arviot
- Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu
- Kosteusmittaussuunnitelma

(RIL 250–2011 2011: 36).

Hyvä kosteudenhallinta edellyttää toimivaa yhteistyötä eri suunnittelualojen kesken. Tärkeimmissä rooleissa ovat arkkitehti ja rakennesuunnittelija, joiden tulee yhteistyössä pystyä suunnittelemaan rakennus, joka toimii niin arkkitehtonisesti kuin rakennusfysiikallisestikin. Arkkitehdin valinnat luovat perustan kosteudenhallinnalle ja rakennussuunnittelulla vaikutetaan merkittävästi rakennuksen ulkoisen kosteusrasituksen määrään. Tähän vaikuttaa muun muassa julkisivumateriaalien vedenpitävyys, rakenteiden ulko-osien tuulettuvuus ja kuivuminen sekä kattokaltevuudet. Rakennesuunnittelijan vastuulla on laatia rakennusosakohtainen kosteusriskiarvio sekä suunnitella työmaa-aikainen sääsuojaus. LVI-suunnittelun merkitys korostuu läpivientien suunnittelussa (Kanniainen, 2011: 13).

Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen, vähentää kuivatustarvetta ja pienentää materiaalihukkaa (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

3.3 Työmaan puhtaudenhallinta

Työmaan puhtaudenhallinta on avainasemassa, kun tavoitteena on rakentaa terve talo. Puhtaudenhallinnalla voidaan vaikuttaa muun muassa rakentamisen aikaisiin kustannuksiin, elinkaarikustannuksiin sekä rakennuksen käytettävyyteen (RT 91–10970, 2009). Puhtaudenhallinta on osa Sisäilmastoluokitus 2008:aa; siinä määritellään tavoitteet puhtaudelle ja esitetään keinoja, joilla voidaan arvioida puhtautta. Perusvaatimuksena puhtausluokituksella on, että tilat ovat luovutusvaiheessa niin puhtaat, että ne voidaan ottaa heti käyttöön.

Rakennusaikana sisäilmaan pääsee runsaasti erilaisia epäpuhtauksia, esimerkiksi mikrobeja, kuituja ja hiukkasia. Työmaan puhtaudenhallinnan tarkoituksena on varmistaa, ettei näitä epäpuhtauksia jää valmiin rakennuksen sisäilmaan sekä yhtä tärkeänä osana varmistaa, että työmaan työntekijöillä on terveelliset työskentelyolosuhteet. Puhtaudenhallinnan toteuttaminen on pääurakoitsijan vastuulla (Kanniainen, 2011: 17–18).

Puhtaudenhallinta jakautuu rakennustöiden puhtaudenhallintaan ja ilmanvaihtotöiden puhtaudenhallintaan. Rakentamisaikaiseen puhtaudenhallintaan kuuluu rakennustarvikkeiden varastointi ja suojaus kosteudelta ja lialta, tilojen työnaikainen suojaus sekä rakennussiivous (RT 91–10970 2009: 2).

Rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmien puhtausluokat:

P1:

- Työ- ja asuintilat, joissa pyritään S1 tai S2 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun.
- Rakennuksen tulee olla puhdas ennen kuin ilmanvaihdon päälaitteiden suojaukset voidaan poistaa ja toimintakokeet aloittaa. Tällöin pinnoilla ei saa olla hienojakoista irtolikaa (esim. puu-, betoni- tai kipsipölyä), joka voi nousta ilmaan kosketuksen tai ilmavirtojen mukana. Tiloissa ei saa säilyttää rakennusmateriaaleja tai jätteitä, jotka estävät pintojen puhdistamista. Pintoja suojaavat muovit ja pahvit on poistettu. Tämän vaiheen jälkeen tiloissa voidaan ilman erityistoimia tehdä vain pölyämättömiä töitä, esim. paikkamaalauksia, alakattojen asennusta, ilmanvaihdon toimintakokeita, säätöä ja viritystä sekä loppusiivous.
- Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa, kuten roskia, irtolikaa (ml. pölyä), kiinnittynyttä likaa tai tahroja.

P2:

- Tavanomaiset työ- ja asuintilat, joissa pyritään sisäilmastoluokan S3 mukaiseen hyvään sisäilman laatuun (Sisäilmastoluokitus 2008).

Työmaan puhtaudenhallinta on kaikkien työmaalla toimivien yhteinen asia ja sen toteutumista tulee valvoa jokaisessa rakentamisen vaiheessa. Työmaan puhtauden tasoa voidaan valvoa silmämääräisesti sekä erilaisilla mittauksilla (Vaho, 2011: 36).

3.4 Ekologisesti kestävä rakentaminen

Talon ekologiseen kestävyysvaikutukseen vaikuttaa moni tekijä: energiatehokkuus, tekninen ja esteettinen pitkäikäisyys, tilojen toimivuus, tehokkuus ja muunneltavuus, materiaalivalinnat, vedenkulutus, jätteidensynnyn vähentäminen ja kierrätys sekä luonnon monimuotoisuuden turvaaminen ja uusiutuvien energiamuotojen suosiminen ja liittäminen osaksi arkkitehtuuria. Talon ekologisella kestävyydellä on myös sosiaalinen ja taloudellinen ulottuvuus.

On ekotehokkainta valita uudisrakennuksen rakennuspaikka jo olemassa olevasta yhdyskuntarakenteesta. Näin vähennetään esimerkiksi turhaa liikennettä ja hiilidioksidipäästöjä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että kaikki uudisrakentaminen pitäisi sijoittaa kaupunkiin vaan myös maaseudulle voidaan rakentaa tiiviimpiä yhteiskuntia. Myös rakennuspaikan pienilmastolla on vaikutusta rakennuksen energian kulutukseen; pienilmaston vaikutus talon jäähdytys- ja lämmityskuluihin voi olla jopa 30 % (<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>).

Ekologisesti kestävä talon rakenteet ja osat on valmistettu uusiutuvista ja kierrätettävistä luonnonmateriaaleista. Suomessa puu on sopiva rakennusmateriaali. Rakennusmateriaalit tulisi valita lähialueelta, koska pitkät kuljetusmatkat lisäävät materiaalien ympäristökuormitusta. Materiaalivalinnoilla ja rakenneratkaisuilla voidaan vaikuttaa talon käyttöikänsä, joka puolestaan vaikuttaa talon ekologisuuteen (<http://www.safa.fi>).

Suomessa ei ole määritelty kriteeristöä ekorakentamiselle, joten siksi on tärkeää varmistaa suunnittelijoiden ammattitaito ekologisessa mielessä ja aito kiinnostus ekologiseen ja kestäväan rakentamiseen (<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>).

3.4.1 Talon elinkaari

Nykyään kiinnitetään talon ostohinnan lisäksi huomiota myös talon elinkaarenaikaisiin kustannuksiin. Talon elinkaari koostuu rakennusmateriaalien hankinnasta, valmistuksesta, rakentamisesta, kuljetuksista, käytöstä, huollosta ja korjauksista, talon purkamisesta ja uudelleenkäytöstä. Käytön aikana voidaan tehdä korjauksia, joilla ylläpidetään tai parannetaan rakennuksen laatutasoa.

Nykyisen rakennuskannan koko elinkaaren energiankulutuksesta rakennus- ja tuotantovaiheen osuus on 10–20 % ja käyttövaiheen 80–90 %. Tulevaisuudessa talojen ollessa entistä energiatehokkaampia, kasvaa rakentamiseen kuluneen energian suhteellinen osuus. Käytön aikaisesta kulutuksesta lämmitys kuluttaa 50 %, sähkö 30 % ja lämpimän käyttöveden lämmittäminen 20 % kokonaiskulutuksesta. Käyttövaiheen kustannusten osuuden ollessa näin suuri, on täysin perusteltua kiinnittää entistä enemmän huomiota elinkaarenaikaisiin kustannuksiin (<http://www.safa.fi>).

3.4.2 Elinkaarimittarit

Green Building Council julkaisi 17.1.2013 rakennusten elinkaarimittarit. Mittarit on kehitetty Värkki-projektissa, jonka rahoittajana toimi Sitra ja toteuttajana Green Building Council Finland. Mittareilla voidaan ohjata rakennuksen energiankulutusta, ilmastovaiikutuksia, taloutta ja käyttäjien hyvinvointia sisäympäristön olosuhteiden kautta. Mittarit kehitettiin, koska rakennus- ja kiinteistöalalta on puuttunut yhtenäinen tapa arvioida rakennusten ympäristötehokkuutta ja kestävä kehityksen toimintatavan toteutumista (<http://talotekniikka-lehti.fi>).

Elinkaarimittareita voidaan soveltaa erilaisissa kiinteistö- ja rakentamisalan tilanteissa. Mittareiden avulla rakennusliike voi tehdä suunnitteluvaiheessa vertailuja esimerkiksi eri rakennusvaihtoehtojen päästövaikutuksista. Kun tavoitetaso päästöille on asetettu, voidaan päättää, toteutetaanko tavoiteltu hiilijalanjäljen pienentäminen rakennusvaiheessa, käyttövaiheessa vai vasta purkamisen ja materiaalien kierrättämisen yhteydessä. Tilaaja voi puolestaan hyödyntää mittareita esimerkiksi tekemällä vertailuja erilaisten rakenne- ja energiaratkaisujen vaikutuksista E-lukuun. Mittareiden avulla voidaan laskea myös rakennuksen kustannuksia koko sen suunnitellun käyttöiän ajalta (www.sitra.fi).

Rakennusten elinkaarimittarit voidaan esittää hanke- tai käyttövaiheen Kiinteistöpassissa.



Kuvio 2. Kiinteistöpassit (Green Building Council Finland, Rakennusten elinkaarimittarit, 2013).

VAIHE	MITTARI	MITTARIN TARVE JA TAVOITTEET	MITÄ JA MITEN MITATAAN
HANKE	E-luku	Laskennallinen energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian tarve.	Primäärienergiaa. Rakmk D3 2012.
	Elinkaaren hiilijalanjälki	Mahdollistaa vähähiilisten ratkaisujen suunnittelun, arvioinnin ja vertailun, jotta elinkaaren hiilipäästöjä voidaan hallita.	Kasvihuonekaasupäästöjä. Elinkaari rakennustuotteista käytön kautta purkamiseen, EN 15978-standardi.
	Elinkaari-kustannus	Mahdollistaa elinkaarikustannusten optimoinnin suunnittelussa, jotta pääoma ja käyttökulut ovat tasapainossa.	Rakentamis- ja käyttökustannuksia nettonykyarvona. Sis. energian hinnan kehityksen. EN 15643-4-standardi.
	Sisäilma-luokka	Asettaa tavoitteita ominaisuuksille, joilla varmistetaan käyttäjien hyvinvointi rakennuksessa.	Mm. ilmanlaatu, lämpötila, valaistus. Sisäilmastoluokitus 2008 mukaisesti.
KÄYTTÖ	Energian-kulutus	Mittaa kiinteistön ja sen käytön todellista energiankulutusta, kaikki energiamuodot.	Kiinteistössä käytettyä energiaa. Tulos voidaan sääkorjata. Rakmk D5 2012.
	Käytön hiilijalanjälki	Mittaa kiinteistön tai salkun päästötasoa vuositason ja toimenpiteiden vaikutusta.	Kiinteistöjen hiilipäästöjä. Voidaan sääkorjata. GHG Protocolin mukainen.
	Pohjateho	Auttaa tunnistamaan ja poistamaan tarpeetonta kulutusta kiinteistössä.	Mittaa järjestelmien sähkön kulutusta alimman käytön tai tyhjäkäytön aikana.
	Sisä-ympäristöön tyytyväiset	Auttaa tunnistamaan orastavia ongelmia käyttäjien tai rakennuksen terveydelle.	Mittaa sisäympäristön eri osa-alueisiin tyytyväisten käyttäjien osuutta.

Kuvio 3. Hanke- ja käyttövaiheen elinkaarimittarit (Green Building Council Finland, Rakennusten elinkaarimittarit, 2013).

Hankevaiheessa voidaan vaikuttaa rakennuksen koko elinkaaren ympäristö- ja kustannustehokkuuteen.

HANKEVAIHEEN MITTARIT

MITTARI	YKSIKKÖ	MITTARIN TARVE JA TAVOITTEET	MITÄ JA MITEN MITATAAN
E-LUKU	–	Laskennallinen energiamuotojen kertoimilla painotettu ostoenergian tarve.	Rakmk D3 2012.
ELINKAAREN HIILIJALANJÄLKI	kg CO ₂ e	Mahdollistaa vähähiilisten ratkaisujen suunnittelun, arvioinnin ja vertailun, jotta elinkaaren hiilipäästöjä voidaan hallita.	Kasvihuonekaasupäästöjä. Elinkaari rakennustuotteista käytön kautta purkamiseen, EN 15978-standardi.
ELINKAARIKUSTANNUS	€	Mahdollistaa elinkaarikustannusten optimoinnin suunnittelussa, jotta pääoma ja käyttökulut ovat tasapainossa.	Rakentamis- ja käyttökustannuksia nettonykyarvona. Sisältää energian hinnan kehityksen. EN 15643-4-standardi.
SISÄILMALUOKKA	S1, S2, tai S3	Asettaa tavoitteita ominaisuuksille, joilla varmistetaan käyttäjien hyvinvointi rakennuksessa.	Mm. lämpöolosuhteet, ilmanlaatu, lämpötila, valaistus. Sisäilmastoluokitus 2008 mukaisesti.

Kuvio 4. Hankevaiheen mittarit (Green Building Council Finland, Rakennusten elinkaarimittarit, 2013).

Käyttövaiheessa voidaan vaikuttaa lähinnä käytön aikaisiin päästöihin.

KÄYTTÖVAIHEEN MITTARIT

MITTARI	YKSIKKÖ	MITTARIN TARVE JA TAVOITTEET	MITÄ JA MITEN MITATAAN
ENERGIANKULUTUS	kWh	Mittaa kiinteistön ja sen käytön todellista energiankulutusta, kaikki energiamuodot.	Kiinteistössä käytettyä energiaa. Tulos voidaan sääkorjata. Rakmk D5 2012.
KÄYTÖN HIILIJALANJÄLKI	kg CO ₂ e	Mittaa kiinteistön tai salkun päästötasoa vuositasolla ja toimenpiteiden vaikutusta.	Kiinteistöjen hiilipäästöjä. Tulos voidaan sääkorjata. GHG Protocolin mukainen.
POHJATEHO	kW	Auttaa tunnistamaan ja poistamaan tarpeetonta kulutusta kiinteistössä.	Mittaa järjestelmien sähkön kulutusta alimman käytön tai tyhjäkäytön aikana.
SISÄYMPÄRISTÖÖN TYYTYVÄISET	%	Auttaa tunnistamaan orastavia ongelmia käyttäjien tai rakennuksen terveydelle.	Mittaa sisäympäristön eri osa-alueisiin tyytyväisten käyttäjien osuutta.

Kuvio 5. Käyttövaiheen mittarit (Green Building Council Finland, Rakennusten elinkaarimittarit, 2013).

3.4.3 Energiatehokas talo

Rakentamismääräykset uudistuivat heinäkuussa 2012 ja sen myötä uudisrakentamisessa on siirrytty kokonaisenergiatarkasteluun. Kokonaisenergiatarkastelussa huomioidaan rakennuksen tyyppi, käytetty energia ja käytetyn energiamuodon kerroin. Uudistuksen tavoitteena on, että uusien rakennusten energiatehokkuus parantuisi 20 %:lla nykyiseen verrattuna. Tavoitteena on myös, että uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen lisääntyisi (<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>).

Rakennusten energiatehokkuutta tarkastellaan E-luvun avulla. Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa käytetty energia sekä se, miten tämä energia on tuotettu. Rakennuksen E-luku saadaan laskemalla yhteen kaikki rakennuksessa tapahtuva ostoenergia (lämmitys, ilmanvaihto, lämpimän käyttöveden tuottaminen, valaistus, laitteet) painotettuna energiamuodon kertoimella ja jaetaan tämä luku talon bruttoalalla. Bruttoalaan kuuluvat kaikki rakennuksen lämmitettävät tilat. Ostoenergialla tarkoitetaan kaikkea rakennuksen käyttöön hankittua energiaa ja polttoaineita. E-luku ilmoitetaan kilowattitunteina neliötä kohden. Mitä pienempi rakennuksen E-luku on, sitä energiatehokkaampi se on (<http://www.safa.fi>).

Energiamuotojen kertoimet ovat:

- Sähkö 1,7
- Kaukolämpö 0,7
- Kaukojäähdytys 0,4
- Fossiiliset polttoaineet 1,0
- Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5

(<http://www.vttextpertservices.fi>).

E-luvuille on asetettu rakennustyyppikohtaiset ylärajat. E-lukua laskettaessa huomioidaan ostoenergian tuotantomuoto. Korkein kerroin on fossiilisilla polttoaineilla ja alhaisin uusiutuvilla energiamuodoilla. Näin pyritään suosimaan uusiutuvia energiamuotoja ja kaukolämpöä. Rakennusluvan saamiseksi rakennuksen E-luvun pitää olla riittävän alhainen. Alla olevassa kuviossa 6 on ilmoitettu E-luku, jota rakennus ei saa ylittää.

Pientalo	Pinta-alan mukaan
Rivitalo	150 kWh/m ²
Asuinkerrostalo	130 kWh/m ²
Toimistorakennus	170 kWh/m ²
Liikerakennus	240 kWh/m ²
Majoitusliikerakennus	240 kWh/m ²
Opetusrakennus ja päiväkot	170 kWh/m ²
Liikuntahalli (pois lukien uima- ja jäähalli)	170 kWh/m ²
Sairaala	450 kWh/m ²
Muut rakennukset ja määräraikaiset rakennukset	E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

Kuvio 6. Rakennusluvan edellytyksenä olevat E-luvut, joita ei saa ylittää (<http://www.ymparisto.fi>).

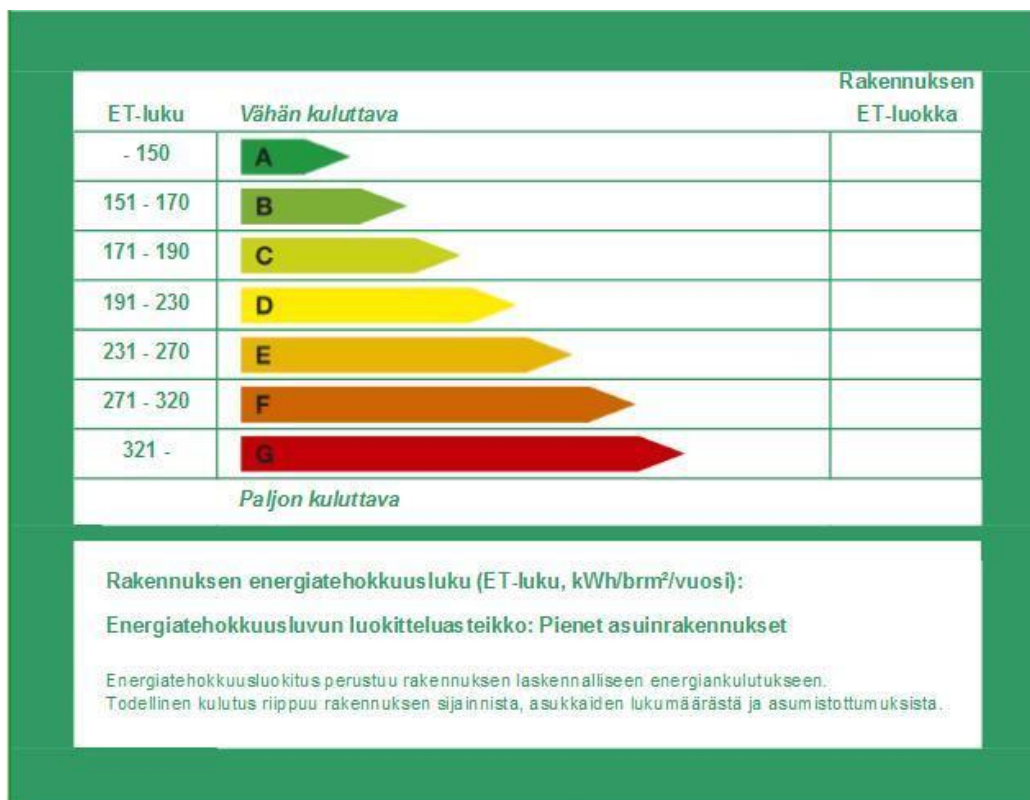
Energiatehokkaan talon tärkeimpiä ominaisuuksia ovat talon koko, ulkovaipan, ikkunoiden ja ovien ilmatiiveys ja lämmöneristyskyky, valittu lämmitystekniikka sekä energiantuotantomuoto (<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>).

Energiatehokasta taloa rakennettaessa tulisi kiinnittää huomiota talon pinta-alaan. Energiatehokkuuden kasvusta saatu hyöty menetetään jos talon pinta-ala on tarpeettoman suuri. Talo on sitä energiatehokkaampi, mitä pienempi ulkovaipan suhde sisä-

pinta-alaan on. Talo tulisi siis mitoittaa sen todellisen käyttötarpeen mukaan, koska hukkaneliöiden lämmittäminen lisää energiankulutusta. Talon pinta-alaan lisäksi tulisi kiinnittää huomiota tilojen sijoitteluun. Oleskelutilat tulisi sijoittaa auringon puolelle, jotta saadaan käytettyä hyväksi passiivista aurinkoenergiaa. Tässä ikkunoiden sijoittelulla on myös tärkeä rooli. Vähemmän lämpöenergiaa tarvitsevat huoneet, kuten vaate- ja makuuhuoneet, voidaan sijoittaa talon pohjoispuolelle. Talon koon ja tilasuunnittelun lisäksi huomion arvoinen asia on talon muoto, suorakaiteen muotoinen talo on energia-
tehokkain. Tällaisessa talossa on siis vain neljä nurkkaa (<http://www.nollaenergiatalo.fi>).

Energiatehokkuutta voidaan parantaa myös suunnittelemalla tilat muunneltaviksi ja monikäyttöisiksi. Talon tulisi olla muunneltavissa, laajennettavissa ja supistettavissa perheen tarpeiden mukaan. Samoin esimerkiksi ikääntyminen tai mahdollinen vammautuminen olisi otettava jo suunnittelussa huomioon. Asumistottumuksilla on myös ratkaiseva vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Tuhlailevasti energiaa käyttävien asukkaiden kulutus voi olla jopa kaksinkertainen verrattuna säästävien asukkaiden kulutukseen (<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>).

Talon energiatehokkuutta voi tarkastella energiatodistuksen avulla. Energiatodistus pohjautuu rakennuksen E-lukuun. Energiatodistuksen avulla talosta saa käyttäjistä riippumatonta energiatehokkuustietoa, koska siihen ei vaikuta asukkaiden käyttö- ja kulutustottumukset. Energiatehokkuusluokkia on seitsemän, A-G, joista A-luokka on tehokkain.



Kuvio 7. Energiatehokkuusluokat energiatodistuksessa (<http://www.motiva.fi>).

Nykypäivän energiatehokkaita rakentamismuotoja ovat matala- ja passiivienergiarakentaminen, nolla- ja plusenergiarakentaminen sekä hiilivapaa rakentaminen.

3.4.3.1 Matala- ja passiivienergiatalot

Aikaisemmin matalaenergiataloksi kutsuttiin rakennusta, jonka lämmitysenergian tarve on puolet verrattuna sellaiseen taloon, joka täyttää voimassa olevien rakentamismääräysten vaatimukset. Vuoden 2010 alusta voimaan tulleiden rakentamismääräysten myötä eristysvaatimukset tiukentuivat ja samalla määritelmää muutettiin. Uusien ohjeiden mukaan matalaenergiatalon laskennallisten lämpöhäviöiden tulee olla enintään 85 % rakennukselle määritetystä vertailulämpöhäviöstä. Matalaenergiatalo kuluttaa Etelä-Suomessa alle 60 kWh/brm² vuodessa ja Pohjois-Suomessa alle 90 kWh/brm² vuodessa (<http://www.motiva.fi>).

Matalaenergiataloissa päästään alhaiseen energiankulutukseen vaipan (runko, ikkunat ja ovet) hyvän eristyskyvyn ja ilmanpitävyyden sekä ilmanvaihdon tehokkaan lämmöntalteenoton avulla. Matalaenergiatalon rakennuskustannukset ovat tavallista pientaloja

suuremmat, noin 2-3 prosenttia, mutta hintaero saadaan kiinni muutamassa vuodessa pienemmissä käyttökustannuksissa (<http://www.safa.fi>).

Passiivitalo on matalaenergiataloa vielä energiatehokkaampi. Passiivenergiatalon määritelmä vaihtelee riippuen siitä missä päin Eurooppa rakennus sijaitsee. Yleisen määritelmän mukaan passiivenergiatalo ei tarvitse lainkaan lämmitys- tai jäähdytysenergiaa, mutta esimerkiksi Suomen pohjoisissa osissa lämmitykseen tarvitaan energiaa. Passiivitalo pysyy lämpimänä kodin valaistuksesta, laitteista ja ihmisistä vapautuvan hukkalämmön avulla. VTT:n määritelmän mukaan passiivitaloissa sallitaan lämmitysenergiaa kulutettavan Etelä-Suomessa noin 20 kWh/bm² ja Pohjois-Suomessa noin 30 kWh/bm² vuodessa. Passiivitalon energiatehokkuus perustuu hyvään eristykseen, ilmanpitävyyteen ja tehokkaaseen ilmanvaihtoon liitettyyn lämmön talteenottoon (<http://www.motiva.fi>).

Matalaenergia- ja passiivitalojen ilmanvaihto perustuu koneelliseen ilmanvaihtoon ja erittäin tehokkaaseen lämmön talteenottoon (LTO).

3.4.3.2 Nollaenergia- ja plusenergiatalo sekä hiilivapaa talo

Nollaenergiatalo on erittäin energiatehokas talo, se tuottaa uusiutuvaa energiaa saman verran kuin kuluttaa uusiutumattomaa energiaa. Energiaa tuotetaan aurinkosähköllä ja polttokennoilla. Energian tuottaminen näillä keinoin on epätasaista, joten välillä talon tallettaa energiaa valtakunnan verkkoon ja välillä lainaa sitä sieltä. Kuitenkin niin, että energialiikenteen välinen erotus on nolla. Nollaenergiatalo on mahdollista toteuttaa myös Suomen oloissa ja tästä on esimerkkinä Teknillisen korkeakoulun opiskelijoiden suunnittelema ja rakentama koetalo. Monissa maissa nollaenergiarakentaminen on jo varsin yleistä, esimerkiksi Japanissa valmistui vuonna 2010 10 000 nollaenergiataloa (<http://www.safa.fi>).

Plusenergiatalo tuottaa energiaa yli oman kulutuksensa. Tämä saadaan aikaan minimoimalla energiantarve, pienentämällä lämpöhäviöitä, hankkimalla energiatehokkaita laitteita sekä hyödyntämällä passiivista aurinkoenergiaa. Plusenergiatalo tuottaa energiaa samalla tavalla kuin nollaenergiatalo: aurinkosähköllä ja polttokennoilla. Ylimääräinen energia myydään valtakunnalliseen verkkoon (<http://www.rakennuslehti.fi>).

Hiilivapaa talo on talo, joka ei aiheuta lainkaan hiilidioksidipäästöjä. Hiilivapaat talot ovat energiatehokkaita ja niiden käyttämä energia tuotetaan uusiutuvien energiamuodoin. Ideaalitulanteessa hiilivapaa talo olisi myös rakennettu ilman hiilidioksidipäästöjä (<http://www.safa.fi>).

3.4.4 Ilmatiiviys

Ilmatiiviillä rakentamisella saadaan lisättyä talon asumismukavuutta; ilmatiivis rakennus on energiatehokas, sisäilma on laadukasta, huoneenlämpö on tasainen ja miellyttävä ympäri vuoden ja talo on pitkäikäinen ja paloturvallinen. Sisäilman laatu on parempi kuin vuotavassa rakennuksessa, koska sisäilmaan ei pääse hallitsemattomasti ulkoilman epäpuhtauksia. Tiiviissä talossa on myös teoriassa tarkasteltuna vähemmän kosteus- ja homevaurioita, sillä ulkoilman kosteus ei pääse tunkeutumaan rakenteisiin. Luonnollisestikin talo on energiatehokkaampi, koska lämpöä "ei mene harakoille" kun hallitsematon ilmanvuoto on estetty.

Rakennuksen ilmatiiviyttä arvioidaan ilmavuotoluvun avulla. Ilmavuotolukuna käytettiin ennen vuotta 2012 n_{50} -arvoa [1/h]. N_{50} -luku kertoo, kuinka monta kertaa rakennuksen ilmatilavuuden verran ilmaa vuotaa rakenteiden läpi 50 Pascalin alipaineessa. Vuodesta 2012 lähtien ilmavuotolukuna on käytetty q_{50} -arvoa [m^3/hm^2]. Erona on, että uusi ilmavuotoluku lasketaan vaipan pinta-alaa eikä tilavuutta kohden. Rakennusmääräyskokoelma määrittelee uuden pientalon vertailuarvoksi (q_{50}) 2,0 [m^3/hm^2] (D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, 2011). Vuonna 2012 voimaan tulleiden rakennusmääräysten mukaan vaipan ilmanvuotoluku saa olla enintään 4 $m^3/h/m^2$. Aiemmin ilmatiiviydelle ei ollut enimmäisarvoa. Tämä tarkoittaa sitä, että nykyään ilmatiiviys on todistettava mittauksilla, jotta rakennus saa määräyksiä paremman ilmanvuotoluvun. Passiivitaloissa on mitattu arvoja välillä 0,1-0,6. Tyypillisen vanhemman pientalon ilmavuotoluku on 4-8. Normaalin uuden pientalon ilmavuotoluku on 1-3, mutta myös uusissa taloissa on mitattu arvoja 4-8 (<http://www.rakennustieto.fi>).

Alla olevassa kuviossa 8 on kuvattu pientalon ilmavuotoluvun ja tiiviyden vaikutusta energiankulutukseen. Rakennuksen ilmatiiviydellä on siis selkeä vaikutus talon energiankulutukseen.

Ilmanvuotoluku Tiiviys		Energiansäästö
< 0,6	Passiivi	> 25 %
< 1	Kiitettävä (Rakennusmääräysten suositusarvo)	> 21 %
1 – 2	Erittäin hyvä	14 – 21 %
2 – 3	Hyvä	7 – 14 %
3 – 4	Tyydyttävä	0 – 7 %
4	Rakennusmääräysten vaatimustaso	0 %
> 4	Huono	Energian tarve kasvaa

Kuvio 8. Ilmanvuotoluvun vaikutus pientalon lämmitystarpeeseen (<http://www.vertia.fi>).

Ilmastiiviin talon rakentaminen vaatii huolellista suunnittelua, oikeita materiaalivalintoja, ammattitaitoista rakentamista ja valvontaa. Suunnittelijoiden ja työmaan yhteistyö on välttämätöntä. Suunnittelussa tärkeimpänä on rakenteiden liittymien ja läpivientien toteutuskelpoisuus. Läpivientien määrää pitäisi rajoittaa ja välttää riskialttiita liitosratkaisuja. Erityisen tärkeää on varmistaa sellaisten liitoskohtien ilmanpitävyys, jotka jäävät piiloon, koska jälkikäteen tällaisten virheiden korjaus on hyvin vaikeaa (RT 80–10974, 2009). Nykyään ilmatiivistyksessä käytetyt materiaalit ovat korkealaatuisia ja kestäviä, joten materiaaleja tärkeämmäksi on nousemassa talon suunnittelu, työmaatoteutus ja valvonta (<http://www.isover.fi>).

3.4.5 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkoitus on kuljettaa huonetilasta pois ilmaa pilaavat epäpuhtaudet, huolehtia riittävän puhtaan korvausilman saannista, varmistaa rakenteiden oikea kosteustekninen toiminta ja pitää lämpöolot sopivina. Pääsääntöisesti ilman epäpuhtaudet ovat peräisin ihmisten aineenvaihdunnasta, huonetilojen toiminnoista, rakennus- ja sisustusmateriaaleista, ulkoilmasta ja joissakin tapauksissa maaperän radonista (Asumisterveysopas, 2009: 56).

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset

tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle (D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, 2012: 9). Energiämääräysten kiristyessä on ilmanvaihdon tarkoituksenmukaiseen suunnitteluun kiinnitettävä erityistä huomiota.

Illanvaihto voidaan järjestää rakennukseen joko painovoimaisesti tai koneellisesti. Jos ilmanvaihtoon yhdistetään myös ilman käsittelyä, kuten kostutusta tai jäähdytystä, on kyseessä ilmastointi.

Illanvaihdon toimivuudessa keskeisenä asiana on ilmanvaihtojärjestelmän puhtaudesta ja hygieniasta huolehtiminen; pelkkä toimivan ilmanvaihdon rakentaminen ei siis riitä. Puhdistuksen ja ilmavirtojen tasapainottamisen tavoitteena on ylläpitää järjestelmän paloturvallisuutta ja hygieniää. Sillä on myös suuri merkitys rakennuksen energiataloudessa, sillä on tutkittu, että ilmanvaihdon ja ilmastoinnin osuus rakennuksen lämmitys- ja jäähdytyskulutuksesta on 40–80 % (Railio, 2008).

Vaikka ilmanvaihdon tarkoitus on parantaa sisäilman laatua, voi ilmanvaihto kuitenkin aiheuttaa myös terveyshaittoja: puhaltimet, kanavistot tai venttiilit voivat aiheuttaa häiritsevää melua. Liian suuri tuloilmavirta tai huono korvausilman sisäänotto voivat aiheuttaa vedon tunnetta. Epätasapainoinen ilmanvaihtojärjestelmä voi myös aiheuttaa terveydelle haitallisten epäpuhtauksien kulkeutumista asuntojen ja rakennuksen muiden tilojen välillä (Asumisterveysopas, 2009: 56).

3.4.6 Terveen talon materiaalit

Yksi hyvälaatuisen ja miellyttävän sisäilman päätekijöistä on terveelliset rakennus- ja sisustusmateriaalit ja niiden oikea käyttö. Pintarakenteiden ja materiaalien suunnittelussa tulisi huomioida pienemmät päästöt, puhdistettavuus ja kestävyys. Yllämainittujen asioiden lisäksi tulisi kiinnittää huomiota siihen, kuinka paljon energiaa ja luonnonvaroja materiaalien valmistukseen on käytetty ja sitä kautta kuinka paljon ne kuormittavat ympäristöä. Valintoja tehtäessä olisi tarkasteltava myös rakenteen tai materiaalin mahdollisimman pitkää käyttöikää, korjattavuutta ja kierrätettävyyttä. Suuri merkitys on myös sillä, miten hyvin eri materiaalit toimivat yhdessä (<http://www.vihrearakentaminen.fi>).

Rakennusmateriaaleille ja -tuotteille lasketaan hiilijalanjälki. Hiilijalanjälki koostuu tuotteen valmistamisen ja kuljetuksien päästöistä ja ilmoitetaan hiilidioksidipäästöinä tuotet-

tua materiaalikiloa kohden. Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljissä on huomattavia eroja. Osa materiaaleista varastoi hiiltä ja tällöin niiden hiilijalanjälki on negatiivinen (<http://www.safa.fi>).

Alla on listattuna yleisesti käytettyjen materiaalien hiilidioksidipäästöjä:

- puu -1,41 CO₂ kg/kg
- puukuitu, puhallettava -0,91 CO₂ kg/kg
- puukuitulevy -0,58 CO₂ kg/kg
- vaneri -0,68 CO₂ kg/kg
- kalkkiahiekkatiili 0,14 CO₂ kg/kg
- betonielementti 0,12 CO₂ kg/kg
- punatiili 0,22 CO₂ kg/kg
- kivivilla 1,41 CO₂ kg/kg
- lasivilla 1,47 CO₂ kg/kg
- rakenneteräs 0,2 CO₂ kg/kg
- sinkkilevy 2,36 CO₂ kg/kg
- polyuretaani 4,40 CO₂ kg/kg
- alumiini 11,92 CO₂ kg/kg

Kuten yllä olevista luvuista voidaan huomata, puun hiilijalanjälki on negatiivinen eli se varastoi hiiltä rakenteisiinsa. Rakentamisen yhteydessä tämä hiili varastoituu taloihin ja näin käyttämällä puuta rakennusmateriaalina voidaan hillitä ilmastonmuutosta. Suomessa puu on luonteva materiaali myös hyvän saatavuuden kannalta.

Tutkimusten mukaan Suomessa puun osuus rakentamisessa on tällä hetkellä noin 40 %, mutta tuotteiden valmistuksen ja rakentamisen aikaisen ympäristörasituksen osuus on vain 5 %. Vastaavasti betonin osuus rakentamisessa on noin 43 % ja sen ympäristörasitus on noin 80 %. Nykyisen metsien käyttöasteen perusteella puu on Suomessa 100 % uusiutuva luonnonvara ja jos hakkuuylijäämä käytettäisiin rakentamiseen, riittäisi se jopa 70 000 keskikokoisen hirsitalon ulkoseinärakenteisiin (Hirsiteollisuus ry, 2009).

Materiaalien terveellisyyttä tarkastellaan ekologisuuden lisäksi huoneilmaan pääsevien kemikaalien kannalta. Nämä kemikaalit voivat olla peräisin käytetyistä raaka-aineista, valmistusprosessissa sattuneista virheistä, materiaalien vanhenemisesta tai ne voivat olla seurausta materiaalien virheellisestä käytöstä (Sisäilmayhdistys ry 2008). Kuten

aiemmin kerrottiin, Sisäilmastoluokitus 2008:ssa on määritelty päästöluokat rakennus- ja sisustusmateriaaleille. Päästöluokat ovat M1, M2 ja M3 joista M1 on vähäpäästöisin. Jos tavoitteena on sisäilmastoluokitus S1 tai S2, on sisätiloissa käytettävä M1-luokituksen läpäisseitä tai siihen rinnastettavia materiaaleja. Luokissa S1 ja S2 voidaan lisäksi vapaasti käyttää pinnoittamattomia tiili-, lasi-, luonnonkivi- ja metallipintoja, ke-raamisia laattoja ja käsittelemättömästä puusta valmistettuja tuotteita. (RT 07-10946, 2009: 10)

Jotta rakennusmateriaalien epäpuhtauksia pystyttäisiin torjumaan mahdollisimman hyvin, tulisivat materiaalit suojata lialta ja kosteudelta työmaalla ja asennuksen jälkeen. Materiaalien epäpuhtauksien pääsyä huoneilmaan voidaan myös vähentää pitämällä ilmanvaihto täydellä teholla ensimmäisen käyttövuoden ajan.

Suunnittelijoiden tulisi materiaalivalinnoissa kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin:

- Käytetään valitun puhtausluokan materiaaleja
- Suositaan sileitä ja kovia pintoja
- Laatoitetaan kosteat ja märät tilat
- Käytetään kosteissa tiloissa kosteudenkestäviä tasoitteita ja tiivistysaineita
- Käytetään tehdaslakattua parkettia
- Käytetään vesiohenteisia lakkoja ja maaleja
- Vältetään emissiotestaamattomia tuotteita
- Ei käytetä kokolattiamattoja ja muita vaikeasti puhdistettavia pintoja
- Vältetään suojaamattomia pehmeitä akustiikkalevyjä
- Vältetään kalusteiden käsittelemättömiä pintoja ja käytetään kalusterungoissa E1-luokiteltua tai parempaa lastulevyä

(RT 07-10564, 1995).

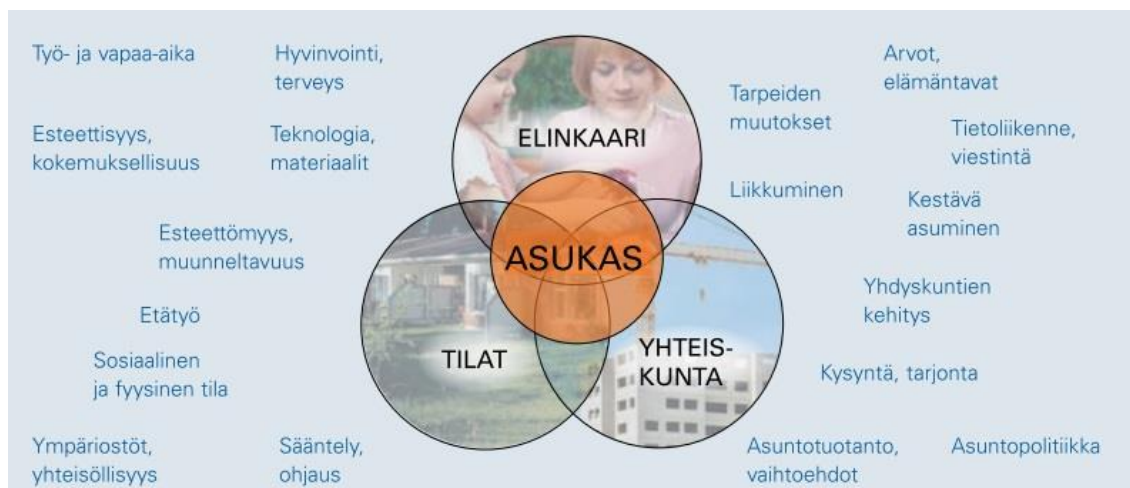
Käytetyt materiaalit ja materiaalien ominaisuudet vaikuttavat myös rakenteiden vaurioitumisherkkyyteen. Rakenteen vaurioitumisriski kasvaa, jos kosteudelle alttiissa rakennekohtassa on käytetty vaurioitumisherkkiä materiaaleja (Karnaattu, Pesonen, 2012: 17).

Mahdollisimman luonnonmukaiset, perinteiset ja jo pitkään markkinoilla olleet materiaalit ja tuotteet ovat pääsääntöisesti turvallisia ja terveellisiä asukkaiden ja ympäristön kannalta.

3.5 Asumisviihtyvyys

Terveen talon rakentaminen ei ole pelkästään teknisten asioiden huomioon ottamista vaan on muistettava myös asumisviihtyvyys. Asuinympäristön kokeminen viihtyisäksi vaikuttaa suoraan ihmisten hyvinvointiin. Viihtyvyydelle ja asumisterveydelle keskeisiä tekijöitä ovat asunnon sijainti, hyvät liikenneyhteydet, asunnon muunneltavuus ja monikäyttöisyys, teknologiaratkaisut ja niiden helppokäyttöisyys sekä liikuntamahdollisuudet (Asumisen tulevaisuus ASU-LIVE, 2011).

Viihtyvyyden mittaaminen on vaikeaa, koska se on käsitteenä abstrakti. Kuitenkin useaa viihtyvyyteen vaikuttavaa tekijää, kuten lämpötilaa ja melutasoa, voidaan mitata ja sen kautta arvioida asumisviihtyvyyttä. Voidaan ajatella, että jos asuintiloissa ei ilmene ongelmia niin viihtyvyys on korkealla.



Kuvio 9. Asumisviihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä (Asumisen tulevaisuus, ASU-LIVE 2011-2015, 2011).

Asumisviihtyvyyteen liittyy olennaisesti tilojen muunneltavuus. Kun tavoitteena on rakentaa pitkäikäinen talo, täytyy jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon tilojen muutostarpeet, koska asukkaat ikääntyvät, perhekoot muuttuvat ja asukkaat vaihtuvat. Muunneltavuutta voidaan toteuttaa monella eri tasolla. Yksinkertaisimmillaan se voi olla kalustemuutos ja vaativimmillaan esimerkiksi lisäsiiven rakentaminen taloon. Muunneltavuus voidaan toteuttaa myös tiloja jakamalla. Tällöin rakennus jaetaan pysyviin ja muuttuviin osiin (<http://www.ekotoimivakoti.fi>). Muunneltavat pientalot tulisi suunnitella pohjaratkaisun ja tontille sijoittelun kannalta niin, että talon laajentaminen on mahdollista joko samassa tasossa tai kerroksittain. Talon muunneltavuus on erityisesti teknisten järjestelmien kannalta usein vaativa ominaisuus.

Muunneltavuutta tarvitaan esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- perheeseen muutokset
- ikääntyminen
- vammautuminen
- työnteko kotona.

4 Terveyshaittaa aiheuttavia tekijöitä talossa

Sisäilmaongelmia aiheutuu monesta eri tekijästä:

- Suunnittelu
- Rakennustavat
- Rakennusten kunnossapito
- Rakennusten käyttö.

Sisäilmaongelmien välttäminen:

- Hyvä uudisrakentamisen laatu
- Hyvä korjausrakentamisen laatu
- Viranomaisohjaus
- Uudet määräykset ja toimintatavat.

Rakennuksen sisäilmasto-ongelmista syytetään yleensä kosteus- ja homevaurioita, mutta syynä ongelmiin voivat olla myös puutteellinen ilmanvaihto tai käyttötarkoitukseen sopimattomat rakennus- ja sisustusmateriaalit. Suunnittelun ja rakentamisen virheiden lisäksi ongelmia aiheuttaa käyttövaiheen puutteellinen huolto ja kunnossapito.

4.1 Kosteusvaurioalttiit rakenteet

Kosteusvaurioiden vaikutus sisäilmastoon on merkittävä. Yleisimmin kosteutta kertyy ulkoseiniin, perustuksiin, yläpohjiin ja niiden tuuletustiloihin sekä pesutiloihin. Kosteustekninen riskirakenne on rakenneosia, joka vaurioituu helposti joko veden vuotamisen, kapillaarisen veden kulkeutumisen, vesihöyryn liikkeen tai muun kosteuden vaikutuksesta. Rakenteiden kosteusvaurioon liittyy poikkeuksetta homevaurio (Seppänen, O., Seppänen, M., 2004: 25). Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty eri rakennusosien homeutumisen riskiä lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan.

Taulukko 1. Rakennusosien homehtumisriski lämpötilojen ja suhteellisen kosteuden mukaan (RT 05-10710 1999, 6).

Rakennusosa	Homehtumisriski			
	suhteellinen kosteus < 70 %	70...80 %	80...90 %	> 90 % ja kapillaarialue
Rakennuksen ulkovaipan sisäosat, väliseinät ja väli- pohjat	vähäinen, vaikka kosteusrasitus on jatkuva	vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina	*vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina	rakennusosa on pääsääntöisesti korjattava, ellei kosteuspitoisuus esiinny vain lyhyinä jaksoina, esi- merkiksi märkätilojen sisäpinoilla
Rakennuksen ulkovaipan ulko- osat	vähäinen, vaikka kosteusrasitus on jatkuva	vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina tai pidempiaikaisesti vuoden kylmimpänä aikana	*vähäinen, jos kosteusrasitus esiintyy lyhyinä jaksoina tai kylminä vuodenaikoina	*rakennusosa on pääsääntöisesti korjattava, jos kosteuspitoisuus esiintyy pitkinä jaksoina, ellei rakenteen lämpötila ole samanaikaisesti alle 0 °C.

*Edellyttää laskennallista analyysiä.

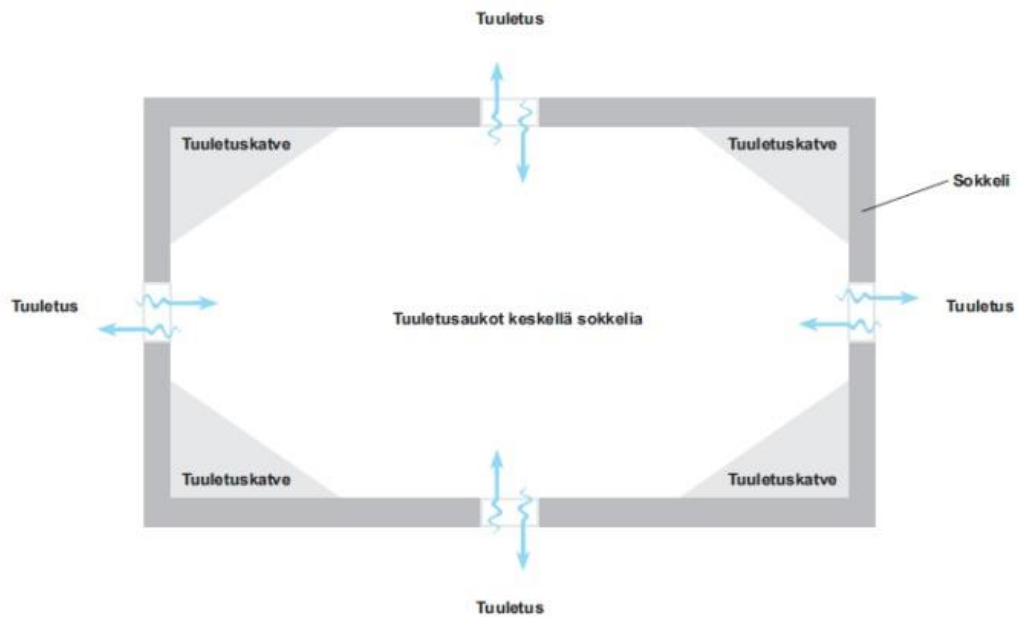
2000-luvun pientalojen tyypillisistä kosteusvaurioalttiista rakenteista ei ole vielä yhtä kattavasti tietoa kuin vanhemmista, paljon tutkituista rakenteista. On kuitenkin havaittu, että tyypillisimmät vauriot uusissa pientaloissa johtuvat suunnitteluvirheistä ja puutteellisesta kosteudenhallinnasta rakennustyön aikana. Kosteus- ja homevaurioita aiheutuu myös puutteellisesta rakentamisen laadun hallinnasta tai rakennusosien virheellisestä käytöstä ja huollosta. Kiristyvät energiamääräykset ja ilmastomuutos lisäävät myös kosteusvaurioiden riskiä. Yksi selkeä 2000-luvun talojen kosteusvaurioaltis riskirakenne on uudelleen yleistynyt ryömintätalilainen alapohjaratkaisu, jonka tuulettumisessa voi olla ongelmia (Pirinen, 2010: 15–16).

Seuraavissa alaluvuissa 4.1.1.1–4.1.1.3 on lueteltu yleisimpiä kosteusvaurioitumiselle alttiita rakenteita.

4.1.1.1 Alapohjarakenteet

Tuulettuva eli ns. ryömintätalilainen alapohja luokitellaan nykyään kosteustekniseksi riskirakenteeksi. Tuulettuvassa alapohjassa talon alla olevan maanpinnan ja alapohjan välissä on ulkoilmalla tuulettuva ilmatila. Tämä alapohjaratkaisu on alttiimpi kosteusvaurioille kuin muut alapohjaratkaisut, koska kosteudella on useampia mahdollisuuksia päästä rakenteisiin kuin muissa alapohjatyypeissä. Kosteus voi päästä rakenteeseen maaperästä, ilmasta tai vuotavista putkista. Nämä voivat aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita rakenteisiin ja aiheuttaa terveyshaittoja ja -ongelmia talossa asuville ihmisille.

Tuulettuva alapohjaratkaisu on uudelleen yleistynyt 2000-luvulla. Tarkastuksissa on havaittu, että uudiskohteissa, varsinkin valmistalopaketeissa, on ongelmia tämän alapohjarakenteen kanssa. Alapohjassa on todettu mikrobivaurioita jo muutaman kuukauden kuluttua asennuksesta (Raksystems Anticimex, 2010). Kuviossa 10 on havainnollistettu tuulettuvan alapohjan toimintaperiaatetta.



Kuvio 10. Ryömintätalallinen alapohjarakenne, tuulettuvuusperiaate (Pirinen, Kosteus- ja home-talkoot, 2012, s. 89).

Puurakenteisessa tuulettuvassa alapohjassa on havaittu seuraavia ongelmia:

- Ryömintätilaan on jäänyt jätteitä, joko rakennusjätettä tai muuta jätettä, joka homeutuessaan tai lahotessaan tuottaa ilmaan itiöitä ja aineenvaihduntatuotteita. Näitä voi kulkeutua talon sisäilmaan korvausilman mukana.
- Kapillaarikatkon puuttumisen vuoksi kapillaarista kosteutta voi nousta ryömintätilaan.
- Salaojituksen ongelmat, kuten tukkeutuminen, tai virheellinen rakentaminen, aiheuttavat pohjaveden nousun ryömintätilaan.
- Sokkelin vierustan virheellisesti tehdyt kaadot aiheuttavat sadeveden valumisen ryömintätilaan ulkopuolelta.
- Ryömintätilan huonon tuulettumisen aiheuttaa yleensä tuuletusaukkojen vähäisyys, niiden liian pieni yhteispinta-ala tai väärä sijoittelu tai aukkojen tukkeutuminen.
- Putkistovuoto alapohjassa aiheuttaa alapohjan kastumisen.

- Alapohjassa tai läpivienneissä on rakoja, joista pääsee virtaamaan ilmaa sisälle (Aaltonen, 2012: 31–33).

On tutkittu, että puurakenteinen ryömintätilainen alapohja on kaikkein riskialtein rakenne kosteusvaurioille jos rakenteen lämmöneristystä lisätään (Vinha, 2009: 17).

Betonirakenteisessa tuulettuvassa alapohjassa on havaittu edellä mainittujen lisäksi seuraavia ongelmia:

- Perusmuurin muottilaudat on jätetty paikoilleen.
- Suunnittelu-, tai rakennusvirheiden tai putkivuotojen takia märkätiloista pääsee kosteutta lattiarakenteisiin ja niiden alle. Yleisimmät virheet on tapahtunut vedeneristyksen asennustyössä ja läpivientien eristyksessä ja näiden takia kosteutta pääsee rakenteisiin. Kun kyseessä on betonirakenne, voi kosteus aiheuttaa raudoitteiden ruostumista

(Aaltonen, 2012: 31–33).

4.1.1.2 Ulkoseinärakenteet

Ulkoseinärakenne on kosteusteknisesti riskialtis jos höyrynsulku on puutteellinen tai seinärakenne on muuten väärin toteutettu. Jos seinän sisäpuolelta puuttuu höyrynsulku tai höyrynsulku on puutteellinen, pääsee sisäilman kosteus siirtymään diffuusiolla rakenteen kylmiin osiin, yleisimmin lämmöneristeen ulkopintaan. Tämä mahdollistaa kosteus- ja homevaurion syntymisen (Karnaattu, Pesonen, 2012: 32). Ulkoseinä voi kosteusvaurioitua myös johtuen riittämättömästä julkisivun tuulettumisesta, vesipellitysten vuodoista tai viistosateesta. Tyypillisimpänä kosteusvaurion aiheuttajana voidaan pitää veden valumista rakenteisiin. (Kärki, Heikkinen, 2011: 30). Rakenteen kosteustekninen toimivuus muuttuu myös jos lämmöneristemääriä lisätään.

2000-luvulla rakennettujen pientalojen yleisin ulkoseinärakenne on puurunkoinen ja se on varustettu höyrynsulun sisäpuolisella vaakakoolauksella ja lämmöneristyksellä.

Tämän ulkoseinärakenteen on todettu toimivan kosteusteknisesti hyvin. Kosteusvaurioitumisriski on tässä rakenteessa suurin rakennusaikana, ja korostuu talvirakentamisessa. Talvella sisäilman suhteellinen kosteus on korkea ja näin rakenteeseen muodostuu kosteuden kondensoitumisriski höyrynsulkumuovin sisäpintaan (Mertanen, 2012: 15).

4.1.1.3 Yläpohjarakenteet

Kaiken ikäisissä pientaloissa esiintyy runsaasti vesikattovaurioita. Yläpohjien vauriot johtuvat pääasiassa vesikaton ja aluskatteen vuodoista ja kosteuden kondensoitumisesta yläpohjaan. Riittämätön tuuletus lisää kosteuden tiivistymisriskiä kylmille pinnoille. Ongelmia aiheuttaa myös yläpohjan puutteelliset höyrynsulut. Tämä aiheuttaa vesihöyryn ja lämmön kulkeutumisen sisätilasta yläpohjaan. Kosteus voi kylmänä vuodenaikana tiivistyä rakenteiden kylmille pinnoille ja valua sieltä lämmöneristeisiin (Karnaattu, Pesonen, 2012: 34).

Kattojen kosteusvauriot tulevat tyypillisesti esille silloin kun sääolot vaihtelevat runsaasti vuorokauden aikana, Suomessa siis kevättalvella tai syksyllä. Kun sääolot vaihtelevat, tiivistyy vesikatteen alapintaan kosteutta (Kärki, Heikkinen, 2011: 33).

4.2 Rakennusvirheet

Yleisin syy suomalaisten pientalojen kosteus- ja homevaurioihin on rakennusvirheet. Vanhassa talokannassa on paljon tunnistettuja riskirakenteita, mutta myös 2000-luvun taloissa on havaittu riskirakenteita, jotka altistavat rakennuksen kosteusvaurioitumiselle. Näiden rakenteiden virheet korostuvat rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan pettäessä (Kärki, Heikkinen, 2011: 35). Espoon rakennusvalvonnan mukaan joka kolmannessa uudiskohteessa on huomautettavaa (<http://kuningaskuluttaja.yle.fi>). Rakennusvirheet voivat johtua esimerkiksi hyvästä rakentamistavasta poikkeamisesta, vääristä työtavoista, useista alihankkijoista ja puutteellisesta tiedonvälityksestä, puutteellisista suunnitelmista tai suunnitelmien noudattamatta jättämisestä. Oma osuutensa on toki myös rakennusvalvonnalla ja työnjohdolla. Jos rakentamisvaiheessa on tehty virheitä, tulee ongelmat yleensä esiin parin ensimmäisen vuoden aikana.

Kiinteistöneuvos Mikko Peltokorven mukaan suurin syy uusien talojen virheille on kokonaisuusien hallinnan puute. Aiemmin rakennustyömaalla työskenteli rakennusmestari ja hänen oma työporukkansa, jotka tunsivat toisensa ja työtapansa ja heillä oli ammattitilpeyttä. Nykyään on yleistä, että rakennushanke on pilkottu ja ketjutettu pieniin osiin ja työmaalla toimii suuri määrä alihankkijoita ja pahimmassa tapauksessa kenelläkään ei ole kunnollista kuvaa kokonaisuudesta ja sen toimivuudesta. Yksittäiset osat, rakenteet ja työvaiheet voivat olla täysin moitteetta tehtyjä, mutta kokonaisuus ei ole toimiva. Tämän vuoksi kokonaislaadun valvonta on tärkeää ja välttämätöntä, jotta vir-

heiltä välttyttäisiin (<http://www.taloussanomat.fi>). Myös Espoon rakennusvalvontaviranomaiset ovat sitä mieltä, että suurin syy rakennusvirheisiin on aliurakoitsijoiden ketjutus. Huomatuista virheistä ei välttämättä tulla mainitsemaan mestarille ja pahimmassa tapauksessa virheet jäävät piiloon rakenteisiin (<http://kuningaskuluttaja.yle.fi>).

Aikaisemmin rakennusmateriaaleja ja rakenneratkaisuja ei ollut läheskään niin paljoa tarjolla kun nykypäivänä, mikä helpotti työmaata. Nykyään materiaalikirjo on laajentunut valtavasti ja se omalta osaltaan lisää myös virheiden määrää.

Yksi merkittävä ongelma uudisrakentamisessa on kiire. Rakennusaikataulut ovat liian tiukkoja ja kiireessä virheiden määrä lisääntyy. Kaikille työvaiheille tulisi olla varattuna riittävästi aikaa, jotta ne voidaan tehdä huolellisesti. Rakenteiden tulee antaa kuivua riittävästi ennen pinnoittamista tai pintamateriaalien asentamista.

Uusissa asunnoissa esiintyviä vikoja ovat muun muassa huolimaton viimeistely, välipohjaongelmat, puutteellinen ääneneristys, vuotavat tai puuttuvat tiivisteet, vuotavat ja jäätyvät putket, toimimaton ilmastointi ja veto ikkunoista (<http://www.taloussanomat.fi>).

4.2.1 Puutteellinen kosteudenhallinta

Jokaisella rakennustyömaalla tulisi olla kosteudenhallintasuunnitelma. Varsinkin pientalotyömailla suunnitelmat ovat usein puutteellisia. Rakennusaikainen rakenteiden kastuminen ja rakennekosteus voivat aiheuttaa kosteusvaurion jo ennen kuin rakennus on valmis tai edesauttaa vaurion syntymistä ensimmäisten käyttövuosien aikana. Kosteudenhallinta korostuu etenkin talvirakentamisessa kun sisäilman suhteellinen kosteus on korkea.

Suurin osa rakentamisvaiheessa syntyneistä kosteusvaurioista havaitaan vasta rakennuksen käytön aikana. Rakenteiden kostumiseen rakennusvaiheessa on useita syitä:

- vesi- ja lumisade
- märkätyövaiheet
- maaperän kosteus
- pesuvedet
- vesivuodot ja -vahingot
- rakennusaineiden sisältämä kosteus

- välivarastoinnin aiheuttama materiaalien kosteuden lisääntyminen
- ilman sisältämä kosteus

(Seppänen, Säteri ym, 1997: 70).

Ongelmat rakennusaikaisen kosteudenhallinnassa aiheutuvat pääasiassa seuraavista asioista:

- Puutteellinen sääsuojaus
- Työolosuhteet eivät ole asianmukaiset
- Puutteellinen materiaalien ja tarvikkeiden käsittely ja varastointi
- Rakenteiden riittämätön kuivaus

(Seppänen, Säteri ym, 1997: 70).

Rakennustarvikkeita säilytetään usein huolimattomasti. Tyypillisesti jo työmaalla kosteudelle alttiiksi joutuvat rakennusten eristeet. Muita yleisesti kosteuden takia pilaantuvia tarvikkeita ovat elementit, ikkunat, ovet, ilmastointiputket sekä puutavara. Materiaalien ja tarvikkeiden kastuminen ja sen myötä pilaantuminen, aiheuttaa merkittävää hävikkiä työmaalle (Seppänen, Säteri ym, 1997: 70–72).

Tärkeä osa työmaan kosteudenhallintaa on betonirakenteiden kuivuminen ja alapohjarakenteen pinnoittaminen. Usein pinnoitettavuutta ei mitata riittävän tarkasti rakennuskosteusmittausten avulla ja rakenne pinnoitetaan liian aikaisin, jolloin betoni on vielä kosteaa (Mertanen, 2012: 8).

4.2.2 Ilmavuodot

Kaikissa rakennuksissa esiintyy jossain määrin ylimääräisiä ilmavuotoja. Hallitsemattomat ilmavuodot talon vaipassa aiheuttavat kuitenkin monenlaisia haittoja. Ne aiheuttavat energiahävikkiä, niiden kautta ulkoilmasta pääsee epäpuhtauksia sisäilmaan ja vuotokohdista voi myös siirtyä kosteutta rakenteisiin. Nämä vaikuttavat negatiivisesti asumisviihtyvyyteen (vedon tunne), terveyteen (homeet, sisäilman laatu) ja asumiskustannuksiin (energiähävikki) sekä myös talon käyttöikään. Ilmavuodot lisäävät pientalon energiankulutusta noin 5-15 kWh/m² vuodessa. Ylimääräisten ilmavuotojen takia rakennuksen koneellista ilmanvaihtoa on mahdoton hallita (<http://www.vttexpertservices.fi>).

Hallitsemattomat ilmapuodot johtuvat pääsääntöisesti rakennusaikaisista virheistä. Tyypillisimmät virheet tehdään rakenteiden liittymissä ja läpivientien tiivistyksissä. Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksen mukaan pientalojen ilmapuotokohdat ja-kautuvat seuraavasti:

- 37 % ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohta
- 31 % ikkunat, ovet ja näiden liitoskohdat
- 12 % ulkoseinän ja välipohjan liitos
- 8 % ilmansulun läpiviennit

(Vinha, Korpi ym, 2009).

Tämän perusteella voidaan todeta, että rakennusten ilmapuotoja aiheutuu pääasiassa kahdesta syystä: rakennevuotojen ja teknisten järjestelmien aiheuttamia epätiiviyksien takia.

4.3 Lämmöneristyspaksuuden lisääminen

Uusien energiamääräysten myötä uusien talojen tulee olla entistä tiiviimpiä, mikä tarkoittaa lämmöneristyksen määrän lisäämistä. Paksummat eristeet voivat lisätä kosteus- ja homeaurioriskiä kun talon ulkopinnat viilenevät ja sen myötä kosteus kondensoituu ja edesauttaa homeelle suotuisten kasvuolojen lisääntymistä. Lisäksi riskinä on home-myrkkyjen kulkeutuminen sisätilaan, jos rakenne ei ole ilmatiivis. Myös esimerkiksi läpivientien tekemisessä pitää olla erityisen huolellinen, jotta vesihöyry tai puodot eivät jää eristeisiin muhimaan.

Kun lämmöneristepaksuuksia lisätään, muuttaa se usein myös vaipparakenteita. Tästä seuraa muutoksia toteutustapoihin ja tuotantotekniikkaan. Kun tuotanto- ja työtavat muuttuvat ja kokemusperäinen tieto uusista rakenteista puuttuu, on riskinä suunnittelu- ja asennusvirheet (Vinha, 2009).

Lämmöneristyksen lisääminen heikentää auringosta tulevan lämmön varastoitumista rakenteisiin tai lämmön poistumista rakennuksesta. Nämä lisäävät joko rakennuksen lämmitys- tai jäähdystystarvetta (Matalaenergiarakenteiden toimivuus, 2008: 5).

Tutkimukset ovat jo osoittaneet, että nykyisissä rakenneratkaisuissa riskit kosteusongelmille ovat kasvaneet ja jatkavat kasvuaan mikäli rakennusten lämmöneristystä lisätään (<http://www.rakennuslehti.fi>). Tyypillisesti virheet kohdistuvat rakenteiden liitoskoh-

tiin, esimerkiksi alapohja- ja ulkoseinärakenteen liitoksiin, ulkoseinä- ja yläpohjarakenteen liittymiin sekä hormeihin ja läpivienteihin. Näissä liitoskohdissa rakenteiden ilmatiiheyden merkitys korostuu (Mertanen, 2012: 6).

4.4 Ilmanvaihto-ongelmat

Pientaloissa esiintyy yleisesti ilmanvaihto-ongelmia, joista tyypillisin on riittämätön ilmanvaihto. Talot on rakennettu tiiviiksi eikä raittiin ilman kulkuaukkoja ole riittävästi. Riittämätön ilmanvaihto aiheuttaa sen, että huoneilmaan kertyy epäpuhtauksia ja allergeenejä, jotka ovat peräisin materiaaleista, ihmisistä ja ulkoilmasta. Sisäilman liiallinen kosteus johtuu myös usein riittämättömästä ilmanvaihdosta.

Ilmanvaihdon riittämättömyyden lisäksi ongelmia voi aiheuttaa ilmanvaihtojärjestelmien säätämättömyys ja epäpuhtaudet. Ilmanvaihtokanavan epäpuhtaudet pienentävät ilmavirtausta ja voivat siten aiheuttaa sisäilmaongelmia. Melko yleinen ongelma on, että ilmanvaihtolaitetta ei pidetä jatkuvasti toiminnassa. Sisäilman laatua ei pitäisi huonontaa energiaa säästämällä (<http://www.heli.fi>).

Energiamääräysten kiristyessä on ilmanvaihdon tarkoituksenmukaiseen suunnitteluun kiinnitettävä erityistä huomiota.

5 Terveen talon mittareita ja mittaustapoja

Kun rakennuksessa epäillään sisäilmaongelmia, on ensimmäisenä tarkastettava rakennuksen ja sen laitteiden kunto ja toiminta.

Tarkastuksessa selvitetään:

- rakenteiden kosteustekninen kunto (sisä- ja ulkopuolelta)
- ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden toiminta ja kunto
- poistoilma- ja korvausilmavirtojen riittävyys
- lämpöolot
- epäpuhtauslähteet (esimerkiksi haju, pöly)
(<http://www.tyoturva.fi>).

Kaikkia asioita ei voi kuitenkaan mitata mittarein vaan niitä voidaan kartoittaa ainoastaan erilaisilla kyselytutkimuksilla.

5.1 Mittaustapoja

Seuraaviin lukuihin 5.1.1–5.1.8 on koottu erilaisia tapoja mitata talon terveellisyyttä.

5.1.1 Kuntoarvio

Kuntoarviolla arvioidaan kiinteistön keskeisien osa-alueiden kunto ja laaditaan 10 vuoden suunnitelma kiinteistön kunnossapitämiseksi (PTS). Arvioon kuuluu rakennus-, LVI- ja sähkötekniikka.

Kuntoarviossa huomioidaan ensisijaisesti terveellisyys, turvallisuus ja korjauskustannuksiltaan suurimmat rakenneosien vauriot. Kuntoarvio koostuu neljästä osa-alueesta:

- esiselvitykset
- asukaskyselyt
- tarkastus
- raportointi

(<http://www.kiat.fi>).

5.1.2 Kuntotutkimus

Kuntotutkimuksen avulla talon omistajalle tai käyttäjälle saadaan tarkkaa tietoa talon rakenteiden teknisestä kunnosta, vaurioiden laajuudesta ja vaurioiden aiheuttajista. Samalla saadaan selville jäljellä oleva käyttöikä (rakenne, rakennusosa, laite). Tutkimuksen tarkoituksena on siis määrittellä mahdollinen korjaustarve ja sen ajoitus. Pääsääntöisesti kuntotutkimuksessa joudutaan avaamaan rakenteita tai tekemään porauksia. Tarvittaessa rakenneavauksissa otetaan materiaalinäytteitä esimerkiksi mikrobivaurioitumisen selvittämiseksi (<http://www.kiat.fi>).

Kuntotutkimuksen yhteydessä voidaan tehdä kosteusmittauksia. Pääsääntöisesti kosteusmittauksen edellytyksenä on, että rakenteessa on kosteusvaurioitumisen merkkejä. Kosteusmittauksia voidaan tehdä pintakosteusmittauksilla tai mittaamalla suhteellista kosteutta. Pintakosteusmittauksessa rakenteita ei rikota ja sen avulla saadaan tietoa ainoastaan rakenteiden pintakosteudesta. Suhteellista kosteutta mitattaessa rakenteesseen tehdään poraamalla reikiä tai otetaan näytepaloja, jolloin saadaan tietoa rakenteen sisäisestä kosteudesta (<http://www.kiat.fi>).

5.1.3 Energiatodistus

Energiatodistus on hyvä työkalu arvioitaessa rakennusten energiatehokkuutta. Luokitusasteikko (A-G) antaa selkeän kokonaiskuvan talon energiatehokkuudesta ja sen avulla tavallisen kuluttajan on helppo tehdä vertailuja eri talojen välillä. Luokka A on energiatehokkain ja G eniten energiaa kuluttava. Uusille rakennuksille energiatodistus laaditaan rakennuslupavaiheessa ja se varmennetaan vielä ennen käyttöönottoa, koska rakentamisen aikana on voinut tapahtua muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin nähden. Energiatodistus on tullut pakolliseksi 1.1.2008 jälkeen rakennetuille taloille. Ennen vuotta 2008 valmistuneille taloille energiatodistus on vapaaehtoinen (<http://www.motiva.fi>).

5.1.4 Ilmatiivyyden mittaus

Ilmatiivyyden mittaaminen on tärkeä osa rakentamisen laadunvarmistusta. Ilmatiiveysmittaus ei ole pakollisia, mutta se kannattaa ehdottomasti teettää, koska se on erin-

omainen keino mitata rakentamisen laatua. Vuodot rakenteissa aiheuttavat energiahävikin lisäksi viihtyvyy- ja kosteushaittoja.

Mittaukseen otetaan mukaan kaikki rakennuksen lämmitetyt ja jäähdytetyt tilat sekä tilat, jotka ovat selkeästi ilmanpitävän vaipan sisäpuolella. Myös tilat, joissa on koneellinen ilmanvaihto, otetaan mittaukseen mukaan. Mittauksen ajaksi kaikki ikkunat ja ulko-ovet suljetaan ja ilmanvaihtoaukot sekä takat ja hormit suljetaan. Erityislaitteiston avulla aikaansaadaan paine-ero sisä- ja ulkotilojen välille. Sisä- ja ulkoilman välinen paine-ero on mittauksessa 50 Pascalia (RT 80–10974).

Parhaaksi tavaksi on osoittautunut ilmatiiviuden mittaaminen kahdesti: ensimmäinen mittaus suoritetaan kun höyrynsulku on paikoillaan ja läpiviennit tehty, mutta pinnat vielä viimeistelemättä ja toinen mittaus tehdään ennen käyttöönottoa kun talo on valmis. Ensimmäisessä mittauksessa selvitetään vuotokohtat ja toisessa mittauksessa varmistetaan, että vuodot on korjattu. Tyypillisimpiä vuotokohtia löytyy ikkunoista ja ovista, virheitä tehdään niin valmistus- kuin asennusvaiheissa (<http://www.vttxpertservices.fi>).

Ilmavuodot lisäävät pientalon energiankulutusta noin 5-15 kWh / m² vuodessa. Viihtyvyyshaitat ilmenevät pääosin rakennuksen alaosissa, jossa ilma virtaa sisäänpäin ja aiheuttaa vedon tunnetta. Myös kosteushaittoja voi esiintyä, jos lämmin ja kostea huoneilma pääsee virtaamaan rakenteisiin (<http://www.vttxpertservices.fi>).

5.1.5 Lämpökamerakuvaus

Ilmatiiviysmittausten lisäksi on hyvä etsiä vaipan mahdollisia vuotokohtia lämpökuvauksen avulla. Lämpökamerakuvaus tarkoittaa rakennuksen vaipan lämpötekniinen kunto, lämmöneristekerroksen toimivuus ja rakenteellinen tiiviyys eli ilmanpitävyys. Lämpökuvauksella on siis hyödyllinen rakentamisvaiheen laadunvarmistusmenetelmä. Lämpökamerakuvaus on, että sitä varten rakenteita tai pintoja ei tarvitse rikkoa. Kun vuotokohta on paikannettu, se on helpompi avata ja korjata verrattuna koko rakenteeseen. Lämpökamerakuvausta voidaan hyödyntää talojen kuntotutkimuksissa ja korjaustarpeen määrittämisessä sekä uudisrakentamisen laadunvalvontamittauksissa (<http://www.kiat.fi>).

Lämpökamerakuvaus suoritetaan yleisesti kaksivaiheisena: normaalitilassa ja 50 Pascalin alipaineessa. Painesuhteiden muutos tuo esiin mahdolliset kylmäsillat, jotka jäähtyvät alipaineessa vähemmän kuin ilmavuotokohtat (<http://www.rakennuslehti.fi>). Lämpökamerakuvaukselle paras vuodenaika on talvi, jolloin sisä- ja ulkoilman lämpötila on suurimmillaan ja sisään virtaava kylmä ilma erottuu selvästi kuvissa.

5.1.6 Sisäilmatutkimus

Sisäilman laatua tarkkaillaan ensisijaisesti aistinvaraisesti ja rakenteita rikkomatta. Tutkimuksessa arvioidaan sisäilman laatua heikentävien rakenteiden ja talotekniikan merkitystä sisäilmaan.

Jos päädytään suorittamaan ilman laadun mittaus ilmanäytteiden avulla, on tärkeää, että mitataan rakennuksesta ja rakennusmateriaaleista peräisin olevia epäpuhtauksia. Tästä syystä mittaukset on syytä suorittaa, kun talon asukkaat eivät ole paikalla, koska muutoin mittaustulokseen vaikuttavat liikaa ihmiset tai ihmisten toiminnasta peräisin olevat epäpuhtaudet (Tuomi, 2012).

Mittaustilanteessa tulee vallita normaalit olosuhteet: asunnon ilmanvaihdon ja lämmityksen on oltava toiminnassa ja esimerkiksi ulkoilman korvausilmaventtiileiden on oltava avoinna kyseisen vuodenajan käyttötilanteen mukaisesti. Kuitenkin ikkunatuuletusta tulee välttää vähintään neljä tuntia ennen näytteenottoa. Ilmanäyte kerätään asumisvyöhykkeeltä, pääsääntöisesti 1,1 metrin korkeudelta (Tuomi, 2012).

Mikrobiologiselle tutkimukselle suositeltu mittausvuodenaika on talvi. Talvella ulkoilman mikrobipitoisuus on pienimmillään ja sisäilmassa esiintyvien mikrobien voidaan olettaa olevan peräisin rakennuksen sisältä ja rakenteista. Kaikista rakennuksista löytyy pieniä määriä bakteereja ja homesieniä ja tämän vuoksi onkin tärkeää määrittää kosteusvauriokohteen mikrobien lajit ja määrä.

Kemiallisten aineiden enimmäispitoisuuksille ei ole olemassa viranomaisohjeita. Sisäilmaohjeessa esitetyt pitoisuudet perustuvat terveydenhoitolain (469/65) nojalla julkaistuihin suosituksiin, käytännön valvontatyössä hankittuun kokemukseen ja terveysuojeluviranomaisten päätöksiin. Nämä esitetyt pitoisuudet ovat ohjeellisia (Tuomi, Tapani, Asumisterveysohjeen mukaiset kemialliset analyysit 2012). Myöskään mikrobeille ei ole olemassa tarkkoja terveysperusteisia raja-arvoja ja tämän vuoksi sisäilmanäytteiden otto tehdään yleensä viimeisenä jos epäillään sisäilmaongelmia. Raja-

arvojen puuttuessa on tulosten tulkinta vaikeaa eikä johtopäätökset ole välttämättä luotettavia (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Taulukko 2. Asumisterveysohjeessa mainitut kemialliset epäpuhtaudet (Tuomi, Tapani, Asumisterveysohjeen mukaiset kemialliset analyysit, 2012).

Yhdisteet	Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, suunnittelun ohjearvot uusille rakennuksille (2003)	Asumisterveysohje, sisäilman enimmäispitoisuudet tai tavanomaiset tasot
Ammoniakki ja amiinit	20 µg/m ³	10-20 µg/m ³ (tavanomainen) >40 µg/m ³ (kohonnut)
Formaldehydi	50 µg/m ³	100 µg/m ³ (enimmäisarvo) 35 µg/m ³ (hajukynnys) 5-10 µg/m ³ (välittömiä oireita herkimmille)
Hiilidioksidi	-	2700 mg/m ³ (enimmäisarvo) <2 160 mg/m ³ (tyyydyttävä taso)
Hiilimonoksidi	8 mg/m ³	8 mg/m ³ (enimmäisarvo)
Styreeni	1 µg/m ³	40 µg/m ³ (enimmäisarvo) 75 µg/m ³ (hajukynnys) >500 (haitallinen) <1 µg/m ³ (tavanomainen)
TVOC	-	200-300 (tavanomainen) ¹ >600 µg/m ³ (kohonnut)
Tupakansavu	-	<0,05 µg/m ³ (alle menet. määr. rajan)

¹Sisäilmaoppaassa mainittuja pitoisuuksia

5.1.7 Melun mittaus

Sisätiloissa melutaso vaihtelee ajallisesti ja alueellisesti. Rakennusten käyttötarkoitukset, melutasot ja meluhaitat vaihtelevat niin paljon, että yleisiä ja yksinkertaisia, kaikkiin tilanteisiin soveltuvia mittausohjeita on mahdotonta määrittellä. Melun on todettu huonontavan enenevässä määrin elinympäristön laatua ja viihtyisyyttä, joten siihen on rakentamisessa ja rakennussuunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota.

Rakentamisen ja rakennussuunnittelun kannalta tärkeitä asioita ovat askel- ja ilmaääneneristävyyttutkimukset. Ilmaäänin on ilman välityksellä kulkevaa ääntä ja hyvällä ilmaääneneristävyydellä vaimennetaan esimerkiksi television ja puhumisen ääniä. Askeläänellä tarkoitetaan kävelemisestä syntyvää ääntä. Askeläänin ei välttämättä kuulu voimakkaana sen syntypaikalla, mutta voi edetä runkorakenteissa pitkiäkin matkoja (<http://www.rakennaoinkein.fi>).

Taulukossa 3 on esitetty Asumisterveysohjeen mukaisia melutasojen ohjearvoja asunnoille ja muille oleskelutiloille. Melun ohjearvot on ilmoitettu A-taajuuspainotettuina, mikä tarkoittaa, että äänestä huomioidaan kuulon kannalta tärkeät äänitaajuudet.

Taulukko 3. Päivä- ja yöajan melutasojen ohjearvot asunnoissa ja muissa oleskelutiloissa (Asumisterveysohje, 2003).

TAULUKKO 2 PÄIVÄ- JA YÖAJAN MELUTASOJEN OHJEARVOT ASUNNOISSA JA MUISSA OLESKELUTILOISSA		
Huoneisto ja huonetila	$L_{Aeq,07-22\text{ h}}$	$L_{Aeq,22-07\text{ h}}$
Asuinhuoneisto		
- asuinhuoneet, paitsi keittiö	35 dB	30 dB ²⁾
- asunnon muut tilat ¹⁾ ja keittiö	40 dB	40 dB
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat		
- potilashuoneet, majoitushuoneet	35 dB	30 dB
- päiväkodit, lapsien ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	35 dB	30 dB ³⁾
Kokoontumis- ja opetushuoneistot		
- luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä.	35 dB ⁴⁾	-
- muut kokoontumistilat ⁴⁾	40 dB ^{4,6)}	-
Työhuoneistot (yleisön kannalta)		
- yleisön vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB ^{4,7)}	-

1) Asunnon muita tiloja ovat mm. kylpyhuone, sauna, vaatehuone ja apokeittiö. Jos tällainen tila tai keittiö muodostaa yhteistilan asuinhuoneen kanssa, ohjearvona on asuinhuoneen arvo.

2) Asuntojen makuuhuoneisiin yöaikaan kuuluvalla musiikkimelulle ja matalataajuiselle melulle on annettu jäljempänä kohdassa 5.3 ja 5.4 erilliset ohjearvot.

3) Yöarvoa sovelletaan vain huoneisiin, joissa nukutaan yöaikaan.

4) Ohjearvo aikana, jona yleisö oleskelee huoneessa. Äänitasot saavat olla korkeampia aikoina, jolloin huoneessa ei ole yleisöä. Kuulovammaisten ja kielenopetuksen luokkahuoneille suositellaan ohjearvoksi 30 dB.

5) Muita kokoontumistiloja ovat esimerkiksi kokoontumistilojen lämpööt ja ravintolasalit.

6) Tilloissa, joissa harjoitettu toiminta ei edellytä yleisön saavan puheesta tai muista äänistä selvää, voidaan käyttää 5 dB suurempaa ohjearvoa.

7) Jos esimerkiksi yleisön ja palvelun intimitettisuoja edellyttää kuuluvuuden rajoittamista samassa huoneessa olevasta palvelupisteestä toiseen, puhetta voidaan peittää ohjearvoa voimakkaammalla, säädettävällä kohinalla tai taustamusikilla.

5.1.8 Käyttäjäkyselyt

Hyvän sisäilman laatua ei voida varmistaa kuin kyselyillä. Sisäympäristöä arvioitaessa on tärkeää huomioida se, miten käyttäjät kokevat ympäristön. Sisäilmayhdistyksen mukaan käyttäjäkyselyt, ns. viihtyvyysskyselyt, ovat hyödyllisiä työkaluja sillä mitattu ja ko-

ettu sisäympäristö eivät aina vastaa toisiaan. Sisäilmastokyselyitä voidaan käyttää kaikenlaisiin sisäilmaston ongelmiin. Käyttäjäkyselyillä kartoitetaan esimerkiksi havaintoja kosteus- ja homevaurioista ja niiden syistä sekä kokemuksia sisäilmaston yleisestä laadusta, kuten lämpöoloista ja hajuista. Päivittäin tehdyt käyttäjähavainnot ovat huomattavasti luotettavampia kuin tarkimmatkaan mittaukset (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Sisäilmastokyselyn avulla saadaan selville mm:

- sisäilman laatu
- missä osissa rakennusta mitäkin ongelmia esiintyy
- oireilu
- mahdolliseen oireiluun vaikuttavat tekijät

(<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Käyttäjäkyselyiden tulkinta on aina terveysalan ammattilaisten tehtävä.

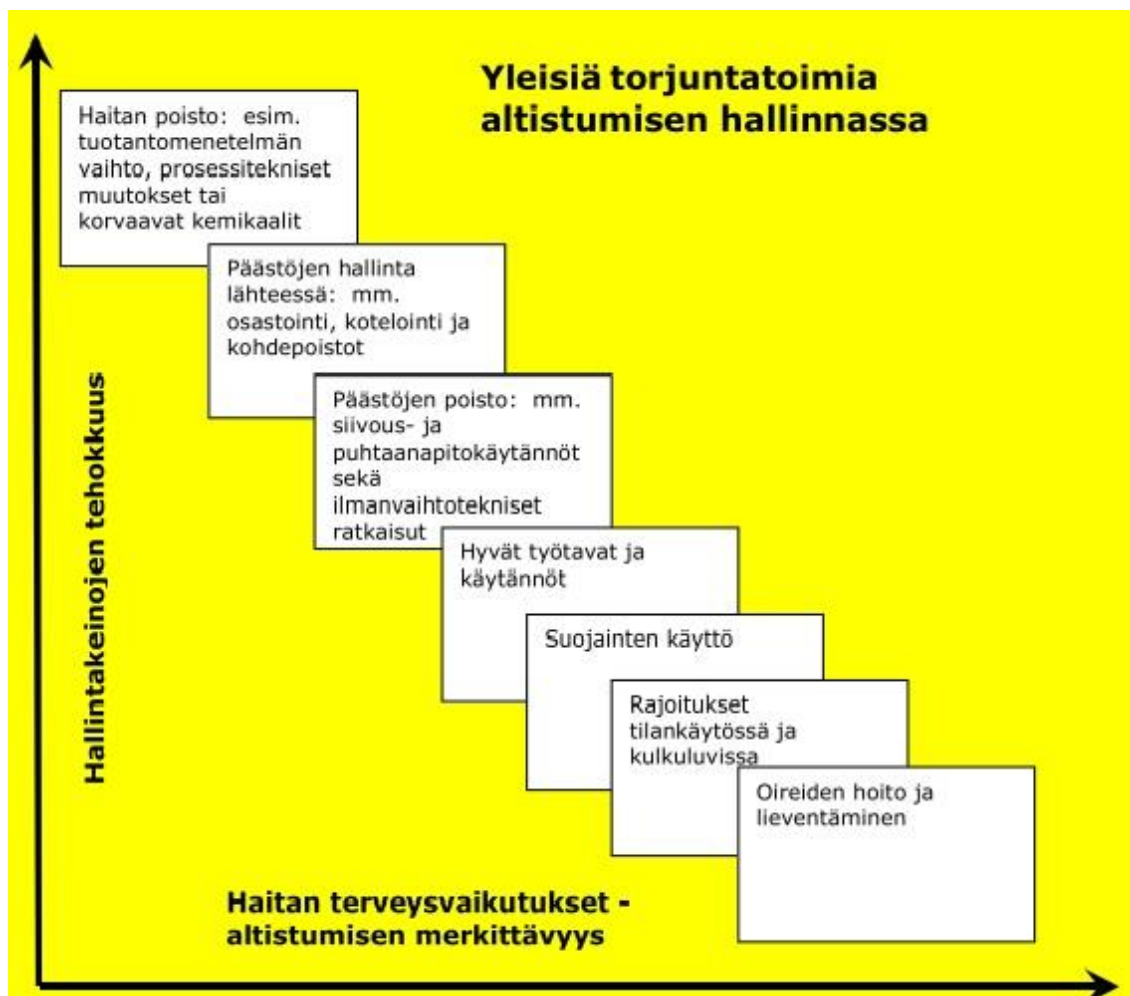
6 Terveys ja hyvinvointi

6.1 Huonosta sisäilmastosta johtuvat oireet

Huono sisäilmasto vaikuttaa monella tavalla ihmisten terveyteen. Huonon sisäilman vaikutukset näkyvät nopeasti ihmisten hyvinvoinnissa, muun muassa lisääntyneinä sairauksina ja sairauspoissaoloina. Suurin osa sisäilmaston ongelmista ei ole varsinaisia sairauksia vaan henkilön kokemia haittoja. Tällaisia haittoja ovat esimerkiksi epämiellyttävät hajut, tunkkainen sisäilma, vedon tunne ja melu. Sisäilmasta johtuvat terveyshaitat ovat seurausta mikrobeille, kuten homeelle, ja niiden sisäilmaan tuottamille aineenvaihduntatuotteille ja toksineille altistumisesta (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Huonon sisäilman aiheuttamia oireita ovat muun muassa silmien kutina, kirvely ja tai ärsytys, nenän tukkoisuus ja vuoto sekä päänsärky ja väsymys. Ihminen voi kuitenkin jopa sairastua huonon sisäilman takia. Tavallisin sisäilmastoon yhdistetty sairaus on astma. Epäpuhtaudet sisäilmassa voivat pahentaa astmaoireita ja kosteus- ja homevaurioitiloissa voi ilmetä uusia astmoja (<http://www.terve.fi>).

Huonon sisäilman lisäksi terveys- ja viihtyvyyshaittaa aiheuttavat melu, liian korkea lämpötila, vedon tunne ja liian alhainen lämpötila sekä liian kuiva ilma. Suomalaisissa rakennuksissa vetoa ei esiinny siinä määrin, että se aiheuttaisi terveyshaittaa. Selkeä viihtyvyyshaitta se kuitenkin on. Melun aiheuttamat terveyshaitat ovat pääasiassa toiminnallisia, kuten päänsärky, stressaantuminen ja univaikeudet, mutta erittäin voimakas melu voi aiheuttaa myös kuulovaurioita. Asumisterveysohje määrittelee, että teknisten laitteiden melutason tulee jäädä alle 30–45 dB (Korolainen, 2012: 10).



Kuvio 12. Yleisiä torjuntatoimia altistumisen hallinnassa (Tuomi, Tapani, Asumisterveysohjeen mukaiset kemialliset analyysit, s, 20, 2012).

6.2 Mikrobin aiheuttamat oireet

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että homealtistuminen aiheuttaa terveyshaittaa ja pahentaa jo todettuja allergioita ja astmaa. Homeille herkistyminen on yhtä yleistä lapsilla ja aikuisilla. On tutkittu, että moniin kosteusvauriomikrobeihin liitettyihin sairauksiin vaaditaan myös geneettinen alttius. Kaikki mikrobeille altistuneet ihmiset eivät siis sairastu yhtä helposti (demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/ktl:12447).

6.2.1 Yleisoireet

Tyypillisimpiä yleisoireita ovat pahoinvointi, päänsärky, väsymys, nivelkipu sekä kuumailu ja vilunväristykset. Kuume ja nivelkipu pois lukien, näitä oireita voi esiintyä myös jos talossa on puutteellinen ilmanvaihto ja korkea hiilidioksidipitoisuus. Kosteusvaurioi-

tuneessa talossa kuumeilu voi olla merkki alkavasta homepölykeuhkosta tai se voi liittyä niin sanottuun ODTs-oireyhtymään. ODTs-oireyhtymällä (*organic dust toxic syndrome*) tarkoitetaan orgaaniselle pölylle altistumisesta johtuvaa oireistoa, johon kuuluu hengenahdistusta, nuhaa, yskää ja kuumetta (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

6.2.2 Ärsytysoireet

Ärsytysoireet ovat tavallisia kun kyseessä on kosteusvaurioitunut rakennus. Kuitenkaan mikään yksittäinen oire ei ole ainoastaan kosteusvauriolle tyypillinen. On todettu, että jopa puolet ihmisistä saa silmien ja hengitysteiden ärsytysoireita jos ovat muutamia viikkoja altistuneena voimakkaasti kosteusvaurioituneen rakennuksen mikrobeille (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

Silmien, hengitysteiden ja limakalvojen ärsytysoireita voivat aiheuttaa myös liian korkea sisälämpötila, liian alhainen suhteellinen kosteus, orgaaniset kaasut, hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja bioaerosolit. Ärsytysoireet eivät jätä pysyvää terveyshaittaa ja ne tyyppillisesti häviävätkin päivien tai viikkojen kuluessa altistumisen loppumisesta (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

6.2.3 Allergiat ja astma

On tutkittu, että kun altistumisaika kosteusvaurioituneen rakennuksen homeille on pitkä, tässä tapauksessa kuukausia tai vuosia, voi muutamalle prosentille altistuneista kehittyä IgE-välitteinen homeallergia. IgE-välitteisessä allergiassa oireet tulevat esille välittömästi kun herkistynyt ihminen altistuu allergiaa aiheuttavalle tekijälle. Homeiden lisäksi tätä allergiaa voi aiheuttaa siitepölyt, eläinten epiteelit, pölypunkit, huonepöly ja eräät kemikaalit (<http://www.sisailmayhdistys.fi>). On todettu, että Suomen väestöstä noin 5-6 %:lla on IgE-välitteinen yliherkkyys (<http://demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/kti:12449>).

6.2.4 Infektiot

Toistuviksi infektioiksi luokitellaan tässä tapauksessa hengitystieinfektiot, joita ovat normaali flunssa, nuhakuume, keuhkoputkentulehdus ja poskiontelotulehdus. Kun kyseessä on kosteusvaurioitunut rakennus, on taudinkuva pitkittynyt. Jos infektiotilanne

on hankala, voi siitä parantuminen viedä jopa kuukausia. Jos kosteusvaurio korjataan tai muutetaan pois vaurioituneesta talosta, ei toistuvia infektioita enää yleensä esiinny (<http://www.sisailmayhdistys.fi>).

6.3 Hyvän sisäilmaston hyödyt

Hyvä sisäilmasto on vahvasti kytköksissä viihtyvyyteen ja terveyteen. Laadukas sisäilmasto vähentää merkittävästi sairauspoissaoloja työpaikoilla ja kouluissa. Sisäilmastolla on myös selkeä vaikutus työn tehokkuuteen ja työn laatuun. Eniten työtehoon vaikuttaa lämpötila työpaikalla tai työpisteessä. Suurin osa kokee sopivaksi työskentelylämpötilaksi 22–25 °C (Hakkarainen, 2010).

Hyvän sisäilmaston hyötyjä voidaan arvioida huonon sisäilmaston aiheuttamien kustannusten avulla. Terveysvaikutusten kustannuksia voidaan arvioida joko väestöpohjaisesti sairauksista tai sairauspoissaoloista. Lähtökohtana voi olla myös jokin selvä sisäilmastotekijä, kuten esimerkiksi radon (Seppänen, Säteri ym, 1997: 15).

Kun arvioidaan sisäilmaston terveysvaikutusten taloudellisia vaikutuksia, voidaan ne jakaa seuraaviin kustannuseriin:

1. Kuolemantapaukset
2. Krooniset sairaudet
3. Akuutit sairaudet ja poissaolot
4. Välitön työtehon aleneminen tai työajan menetys
5. Lääkekustannukset ja terveydenhuoltopalveluiden käyttö

(Seppänen, Säteri ym, 1997: 15).

7 Terveellinen rakentaminen tulevaisuudessa

7.1 Haasteet

7.1.1 EU

EU edellyttää, että uudisrakentamisessa siirrytään lähes nollaenergiatalojen rakentamiseen vuoden 2021 alusta. Uusittu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi määrittelee, että vuoden 2019 alusta kaikkien uusien julkisten rakennusten tulee olla lähes nollaenergiataloja. Vuoden 2021 alusta tämä tulee koskemaan kaikkia uusia rakennuksia. Korjausrakentamisen energiatehokkuutta ei ole toistaiseksi säädetty vastaavalla direktiivillä, mutta muutaman vuoden sisällä sekin tulee ajankohtaiseksi, koska rakennusten energiatehokkuusdirektiivi tulee sitä vaatimaan. Nollaenergiarakentamisessa tärkeintä on energiankulutuksen vähentäminen ja sen jälkeen paikallisesti uusiutuvan energian tuottaminen, esimerkiksi aurinkokennojen avulla (<http://www.nakokulma.fi.ramboll.fi>).

Aikaisempien normimuutosten yhteydessä on rakentamisratkaisuihin tehty pahoja virheitä, joiden seurauksia joudutaan edelleen korjaamaan. Tälläkään kertaa ei muuttuvien normien vaikutuksia rakenteiden toimintaan ehditä testata etukäteen riittäväillä tutkimuksilla (<http://pk2012.multiedition.fi/pk2012/summary?id=68>).

7.1.2 Ilmastonmuutos ja energiasäätöjärjestelmien muutos

Ilmastonmuutos on yksi aikamme suurimmista haasteista. Ilmastonmuutosta ei voida pysäyttää, mutta sitä voidaan hidastaa. Sillä tulee olemaan taloudellisia, sosiaalisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia, ympäristöongelmia unohtamatta. Ilmastonmuutos vaikuttaa rakentamisessa alueiden käytön suunnitteluun, rakennusten sijoitteluun, rakentamiseen ja elinkaarenaikaiseen ylläpitoon asti. Ilmastonmuutos lisää rakentamisen vaatimuksia ja rakennuksen ylläpidon tarvetta ja se vaikuttaa rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen (Holopainen, Reijula, 2012: 10).

Suomessa hiilidioksidipäästöt jakautuivat Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2008 seuraavasti: teollisuus puolet, rakentaminen ja rakennusten käyttö kolmannes ja liikenne viidennes. Suurin hiilipäästöjen vähennyspotentiaali on luonnollisestikin siellä, mistä päästöjä syntyy eniten. Asumisen energiankulutusta ja päästöjä voidaan vähentää mo-

nin tavoin. Kodin valinta tai rakentaminen voi olla ihmisen elämän suurin ympäristöteko (<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>).

Tulevaisuudessa energiajärjestelmät tulevat muuttumaan, koska fossiilisten polttoaineiden käyttöä on pakko rajoittaa ilmastonmuutoksen ja energiapulan vuoksi. Energiaa voidaan tulevaisuudessa hankkia hyödyntämällä uusiutuvia energianlähteitä kuten aurinkoenergiaa, tuulivoimaa ja maalämpöä. Alaluvuissa 7.1.2.1–7.1.2.3 on kerrottu näistä uusiutuvista energiamuodoista.

7.1.2.1 Aurinkoenergia

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää kahdella tavalla: passiivisesti ja aktiivisesti. Aktiivista hyödyntämistä on sähkön tuottaminen aurinkopaneeleilla ja käyttöveden lämmittäminen aurinkokeräimillä. Aurinkosähkön käyttökohteita ovat kotitaloussähkön tarpeen pienennys sekä toimistorakennuksissa ilmastointi- ja jäähdytyslaitteiden voiman lähteenä. Passiivisen aurinkoenergian hyödyntämisessä ei käytetä erillisiä laitteita vaan auringon energia suunnataan ikkunoiden avulla talon sisälle. Sisä rakenteet varastoivat auringon lämpöä ja luovuttavat sitä huonetilaan kun aurinko ei paista. Passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen säästää lämmitystarvetta noin kymmenen prosenttia (<http://www.safa.fi>).

Suomessa Auringon energiaa on mahdollista käyttää lämmön ja sähkön tuotannossa paljon nykyistä enemmän. Suomen sääolot ovat suotuisat aurinkoenergian hyödyntämiseen, Etelä-Suomen rannikolla säteilyä saadaan yhtä paljon kuin Pohjois-Saksassa, jossa aurinkoenergian käyttö on hyvin suosittua (<http://www.aurinkoenergiaa.fi>).

7.1.2.2 Maalämpö

Maa- ja kallioperän pintaosiin on varastoitunut lämpöenergiaa, joka on pääosin peräisin Auringosta. Syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on pääosin radioaktiivisten aineiden hajoamisesta peräisin olevaa geotermistä energiaa. Lämpöenergia siirretään rakennusten käyttöön maalämpöpumppujen avulla. Lämpöenergiaa voidaan käyttää ympärivuotisesti rakennusten ja niiden käyttöveden lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen. Maalämpö on käyttökustannuksiltaan muita lämpöpumppujärjestelmiä edullisempi (Ju-

vonon, 2009). Maalämpö on uusiutuvaa ja ilmaista energiaa, joten sitä tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa yhä tehokkaammin.

7.1.2.3 Tuulivoima

Tuulivoima on tuulen eli ilman virtauksen liike-energian muuntamista tuuliturbiineilla sähköksi. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa ja se on ympäristön kannalta hyvä tapa tuottaa energiaa, koska tuulivoiman tuotannossa ei synny päästöjä ilmaan, veteen eikä maaperään. Tuulivoimalan suurin ympäristövaikutus on sen vaikutus maisemaan. Niistä syntyy myös jonkin verran melua.

Suomen tuuliolosuhteet soveltuvat hyvin tuulivoimantuotantoon, mutta tuulivoiman osuus sähkön kokonaishankinnasta on vielä huomattavan pieni. Tuulivoiman käyttöä on mahdollista kuitenkin lisätä huomattavasti nykyisestä. Pientuulivoimaloita, jotka ovat teholtaan vähäisempiä kuin teollisuuteen käytetyt turbiinit, voidaan hyödyntää maataloudessa, kotitalouksissa ja vapaa-ajan asunnoissa. Näin voidaan lisätä omavaraisuutta ja pienentää sähkölaskua (<http://www.tuulivoimayhdistys.fi>).

7.1.3 Maaperä

Kaupungissa ja taajamissa on 1980-luvulta lähtien kunnostettu pilaantuneita maa-alueita rakennusmaiksi ja tulevaisuudessa tämä tulee varmasti jatkumaan, jos maa-alue on houkuttelevalla ja keskeisellä alueella. Keskeisillä paikoilla sijaitsevilla tonteilla on usein ollut esimerkiksi teollisuusrakennuksia, joissa on riskinä, että haitallisia aineita on päässyt maaperään. Pilaantuneita alueita voidaan käyttää rakentamiseen, kunhan alue on ensin puhdistettu (Pyrylä, Kuja-Setälä, 2001).

Pilaantuneen maaperän kunnostaminen voi nostaa rakennuskustannuksia huomattavasti. Lisäksi talonrakennuskustannukset voivat nousta, jos varmentavina toimenpiteinä asennetaan esimerkiksi koneellinen ilmanvaihto. Kuitenkin esimerkiksi keskusta-alueella tonttimaa on arvokasta ja rakentaminen tehokasta, joten suurelleen maaperän kunnostuskustannukset eivät rajoita maankäytön suunnittelua. (Pyrylä, Kuja-Setälä, 2001).

7.1.4 Tulevaisuuden osaamistarpeet

Väestön ikääntymisen myötä rakennusalalla on jo nyt työntekijäpula, varsinkin erilaisissa asiantuntijatehtävissä. Rakennus- ja kiinteistöala on Suomessa taloudellisesti merkittävässä asemassa, joten tulevaisuudessa tulisi taata riittävästi aloituspaikkoja rakennus- ja kiinteistöalan koulutuksiin. Jos opiskelupaikkojen määrää tullaan tulevaisuudessakin vähentämään, ollaan nuorien osaajien puuttuessa vaikeassa tilanteessa (Hyypä, 2012).

Tulevaisuudessa rakennusalalla korostuu energia- ja ympäristötietoisuus sekä elinkaarirajattelu. Rakentamismääräysten muutokset vuonna 2012 ja pyrkimys tulevaisuudessa nollaenergiarakentamiseen edellyttävät, että erilaiset normit ja säädökset tulee hallita entistä paremmin. Tulevaisuuden insinöörikoulutuksessa on painotettava energiatehokkuutta, joka pitää sisällään työmaa-aikaisen energiatehokkuuden ja materiaalitehokkuuden. Matala- ja nollaenergiarakentamiseen siirtyminen vaatii rakennus- ja kiinteistöalalla työskenteleviltä uudenlaista osaamista niin uudis- kuin korjausrakentamispuolella (Hyypä, 2012). Erityisosaamista tarvitaan tulevaisuudessa myös kosteus- ja homevauriokorjauksissa. Tulevaisuuden opiskelu- ja työelämän tarpeista on kirjoitettu kattavasti Metropolia ammattikorkeakoulun julkaisemassa Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä-teoksessa (Hyypä, 2012).

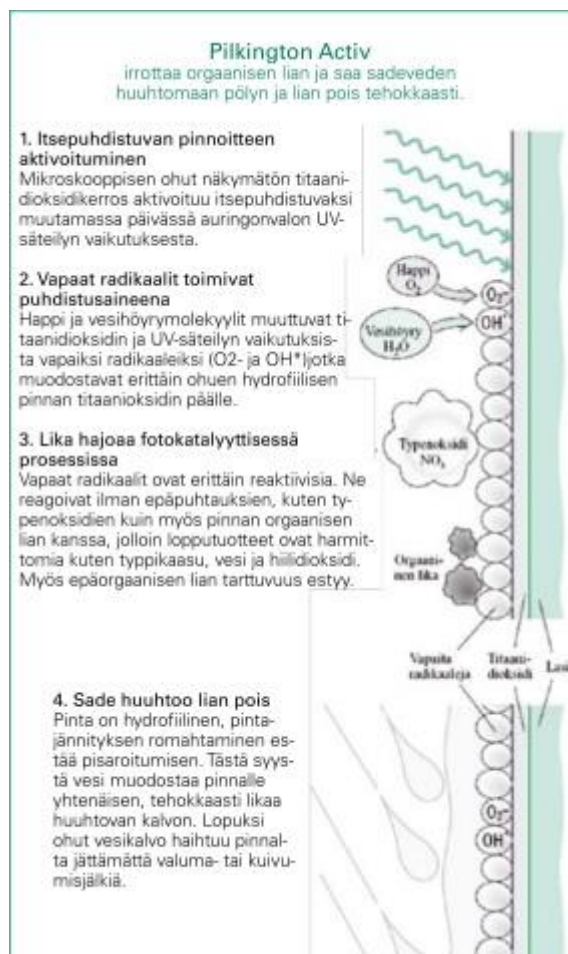
7.2 Mahdollisuudet

7.2.1 Uudet materiaalit ja rakenteet

Tulevaisuudessa taloissa tulee yleistymään erilaisten älymateriaalien käyttö. Älykkäiden materiaalien tarkoitus on esimerkiksi mitata ja antaa tietoa, hälyttää ja toimia säteily- ja tunkeutumissuojana. Materiaali voi mitata sisäilman laatua, hiukkaspitoisuutta tai rakenteen kosteutta ja antaa näistä tietoa talon käyttäjille. Materiaali hälyttää muutoksista esimerkiksi vaihtamalla väriä. Tulevaisuudessa pientaloissa voidaan tarvita suojaa elektronisia hyökkäyksiä vastaan, jotka voivat esimerkiksi haavoittaa talotekniikkajärjestelmiä. Tulevaisuudessa tällaisia hyökkäyksiä voidaan mahdollisesti torjua esimerkiksi suojaavalla tapetilla, joka maadoittaa huoneiden sähköverkot (<http://www.kiinteistolehti.fi>).

Markkinoille on myös tullut pintamateriaaleja, jotka ovat itsepuhdistuvia, helposti puhdistettavia, likaa hylkiviä ja antimikrobisia. Näissä materiaaleissa hyödynnetään nanoteknologiaa, mikä tarkoittaa sitä, että yhä pienempiä aineen osia (atomeja ja molekyylejä) pystytään käsittelemään. Nanoteknologiaan perustuvia likaa hylkiviä pinnoitteita käytetään tällä hetkellä lasi-, kaakeli-, muovi-, puu- ja terästuotteille. Itsepuhdistuvat pinnat hajottavat likaa ja mikrobeja. Tämän perusteena on joko fotokatalyyysi, titaanioksidin tai hopeapartikkelit. Itsepuhdistuvat pinnat joko superhydrofiilisiä eli erittäin vesihakuisia tai superhydrofobisia eli erittäin vesipakoisia. Toimivuuteen vaikuttaa moni tekijä, kuten likatyypin ja lian määrä, UV-valon määrä, veden määrä, ilman kosteus, pinnan profiili, kaltevuus sekä mekaaninen ja kemiallinen kestävyys. Paremmalla pintojen puhdistettavuudella saadaan taloudellista hyötyä kun työn määrä, käytettävien kemikaalien määrä ja energiankulutus vähenee (Puhtaus & Palvelusektori, 2008).

Alla olevassa kuviossa 13 on esimerkkinä itsepuhdistuvasta pinnasta Pilkingtonin itsepuhdistuvan ikkunalasin toimintaperiaate.



Kuvio 13. Itsepuhdistuva ikkunalasi (Pilkington).

Jotta tällaisten älymateriaalien käyttö yleistyisi tulevaisuudessa, tulee materiaalien hintatason pysyä kohtuullisena verrattuna tavallisiin materiaaleihin.

7.2.2 Älytalot

Älytalot ja älykäs asuminen tulevat lisääntymään tulevaisuudessa talotekniikan ja automaation kehittymisen myötä. Älykkään talon tarkoituksena on tarjota asukkaille viihtyvyyttä, turvallisuutta, terveellisyttä ja helppokäyttöisyyttä kuin myös kehittää energia- tehokkuutta (Hyypä, 2012).

Älytalolla tarkoitetaan rakennuksen automatisointia esimerkiksi valaistuksen, lämmityksen ja ilmanvaihdon osalta. Älytalot mukautuvat ihmisen toimintaan ja pyrkivät vastamaan ihmisen tarpeisiin automaation avulla. Näitä automaatiotoimintoja hallinnoidaan erilaisten käyttöliittymien avulla. Älytalon yksi keskeinen ajatus on hyötyenergian tarpeettoman kulutuksen vähentäminen. Energiansäästö älytaloissa perustuu ihmisen tarpeet huomioon ottavaan toimintojen säätelyyn. Eniten energiasäästöä saadaan kun lämmitys- ja ilmastointijärjestelmiä käytetään tarkoituksenmukaisesti. Älytaloissa voidaan esimerkiksi lämpötila ohjelmoida eri tilanteisiin sopivaksi; yöaika, työpäivä (Hirsimäki, Älytalon suunnitteluasiakirjat, 2010).

Asumiseen liittyvä älykkyys ei muodostu pelkästään teknisistä laitteista vaan siihen kuuluu myös rakennusten ja rakenteiden muunneltavuus, rakenteiden aktiivisuus, turvallisuus, terveellisyys, viihtyvyys ja taloudellisuus (Hyypä, 2012).

7.2.3 Uudet rakentamistavat

Ryhmärakentaminen, jossa yhdistyy omatoimirakentaminen ja urakointi, on kasvattanut suosiotaan Suomessa ja tulee varmasti tulevaisuudessakin olemaan suosittu tapa rakentaa. Saksassa ryhmärakentaminen on jo yleinen tapa rakennustapa.

Ryhmärakentamisen perusajatus on, että ryhmä ihmisiä rakentaa yhdessä talon tai taloja. Rakennuttajana hankkeessa voi toimia joko ryhmän jäsenet tai ryhmän yhdessä palkkaama rakennuttajakonsultti. Jokainen rakentaja pääsee itse vaikuttamaan talonsa ratkaisuihin ja näin kertarakentaja saa mahdollisuuden hankkia hyvin rakennetun talon

ja tontin suhteellisen vaivattomasti ja kilpailukykyiseen hintaan (<http://www.uuttahelsinki.fi>).

Suomessa ryhmärakentamishankkeita on valmistunut eri puolille Helsinkiä, muun muassa Viikkiin (20 asuntoa) ja Suutarilaan (20 omakotitaloa). Ryhmärakentamishankkeet ovat pääosin pien-, pari- tai rivitaloja (<http://www.uuttahelsinki.fi>).

8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin alan kirjallisuuden pohjalta, millainen on terve talo ja millaiset seikat suunnittelussa ja rakentamisessa huomioon ottamalla voidaan päästä terveen talon tavoitteeseen. Työssä tarkasteltiin myös, millaisia erilaisia tapoja on mitata ja arvioida talon terveellisyyttä. Opinnäytetyön aihetta käsiteltiin tekniikan ja terveyden näkökulmista. Nykytilanteen lisäksi opinnäytetyössä kartoitettiin joitakin suurimpia rakennusalan tulevaisuuden haasteita ja mahdollisuuksia terveelliselle rakentamiselle.

Terve talo on käsitteenä hyvin laaja. Rakennus ei ole olemassa itseisarvona, vaan se on aina tehty käyttäjiä varten ja siksi rakennuksen tulisi täyttää myös terveellisyyden vaatimukset. Näin ollen talon terveellisyyteen liittyy rakenteellisen ja talotekniikan toimivuuden ja terveellisyyden lisäksi käyttäjien asumisviihtyvyys, hyvinvointi ja terveys.

Terveen talon tärkeimpiä ominaisuuksia on hyvä sisäilmasto. Kun rakennukseen saadaan luotua laadukas sisäilmasto, voidaan aikaansaada terveellinen ja viihtyisä rakennus. Hyvä sisäilmasto koostuu monista eri tekijöistä, joita ovat esimerkiksi sopiva lämpötila ja huoneilman kosteus, vedottomuus, meluttomuus ja hyvä sisäilman laatu. Ihmiset kokevat sisäilmaston hyvin yksilöllisesti.

Terveellisen sisäilmaston luominen vaatii useita käytännön toimia suunnittelussa ja rakentamisessa sekä rakennuksen käyttövaiheessa. Näitä ovat huolellinen työmaan kosteuden- ja puhtaudenhallinta, hyvä rakentamisen laatu, päästöluokiteltujen materiaalien ja kalusteiden käyttö ja toimiva ilmanvaihto. Näiden lisäksi taloa ja sen laitteita tulee huoltaa ja korjata asianmukaisesti. Erityisen tärkeää terveen talon rakentamisessa on tehokas rakennustyön valvonta ja sujuva yhteistyö hankkeen eri toimijoiden kesken.

Terve talo on paitsi sisäilmastoltaan laadukas, myös energiatehokas ja ekologisesti kestävä. Energiatehokkuus ja ekologisuus saavutetaan kun talosta rakennetaan riittävän ilmatiivis, suositaan uusiutuvia energiamuotoja ja käytetään rakennus- ja sisustusmateriaaleina uusiutuvia ja kierrätettäviä luonnonmateriaaleja. Suomessa tulisi suosia puun käyttöä.

Huono sisäilmasto vaikuttaa monella tavalla ihmisten terveyteen. Huono sisäilma aiheuttaa esimerkiksi erilaisia ärsytysoireita, päänsärkyä ja väsymystä sekä pahimmillaan

jopa astmaa. Huonon sisäilman lisäksi terveys- ja viihtyvyyshaittaa voi aiheutua melusta, liian korkeasta tai alhaisesta lämpötilasta ja vedon tunteesta. Huonon sisäilmaston vaikutukset näkyvät nopeasti ihmisten hyvinvoinnissa esimerkiksi sairauspoissaoloina työpaikoilla ja kouluissa.

Talon terveellisyyttä voidaan arvioida monin eri tavoin. Talon rakenteiden ja laitteiden yleistä kuntoa voidaan arvioida kuntoarvion ja tarkemman kuntotutkimuksen, johon liittyy esimerkiksi kosteusmittaus, avulla. Talon energiatehokkuutta ja ilmatiiviyttä voidaan mitata ilmatiiviyksmittauksilla ja lämpökamerakuvauksen avulla. Energiatehokkuutta mittaa myös rakennuksen energiatodistus. Sisäilman laatua voidaan arvioida aistinvaraisesti sekä erilaisilla sisäilmamittauksilla. Talossa voidaan suorittaa melun mittaus. Erilaiset käyttäjäkyselyt ovat myös hyvä keino kartoittaa rakennuksen terveellisyyttä ja viihtyisyyttä, sillä kaikkia asumiseen vaikuttavia tekijöitä ei voida mitata numeerisesti mittareilla.

Tulevaisuudessa rakentamis- ja kiinteistöalalla tapahtuu paljon muutoksia, joilla pyritään vaikuttamaan talojen terveellisyteen, energiatehokkuuteen ja ekologisuuteen ja samalla vastaamaan ihmisten haluun saada yksilöllinen, viihtyisä ja muunneltava koti. Lähivuosien aikana Suomessa siirrytään lähes nollaenergiarakentamiseen ja sen myötä tuotanto- ja rakentamistavat tulevat muuttumaan. Markkinoille tulee koko ajan lisää uusia materiaaleja ja rakenteita sekä erilaisia älykkään asumisen komponentteja. Ilmastomuutoksen hidastamiseksi tullaan jatkossa hyödyntämään uusiutuvia energianlähteitä fossiilisten polttoaineiden sijaan. Nämä suuret muutokset tulevat vaatimaan uutta osaamista suunnittelijoilta ja työntekijöiltä.

Terveessä talossa on viihtyisämpi ja terveellisempi asua, sen käyttökustannukset ovat pienemmät, sen käyttöikä on pidempi ja jälleenmyyntiarvo korkeampi.

Lähteet

Aaltonen, Mikko, Tuulettuvat alapohjat. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. 2012.

Asumisen tulevaisuus (ASU-LIVE 2011-2015). ASU-LIVE-tutkimusohjelma. Helsinki. 2011. Saatavilla: www.aka.fi/asu. [Viitattu 2.4.2013].

Asumisterveysohje, Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki. 2003.

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Helsinki. 2012.

D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, Rakennusten energiatehokkuus, Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriö. 2011.

Hakkarainen, Juha, Laadukkaan sisäilmaston varmistaminen toimitilarakennuksessa. Tekniikan kandidaatintyö. Kiinteistöalouden tutkinto-ohjelma. 2010.

Hirsimäki, Olli, Älytalon suunnitteluasiakirjat. Insinööriyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. 2010.

Hirsitalot ry, Hirsitalon ympäristövaikutukset suotuisia. Lehdistötiedote. 24.3.2009. Saatavilla: <http://www.hirsikoti.fi>. [Viitattu 31.3.2013]

Holopainen, Rauno, Reijula, Kari, Kosteusvaurioiden vähentäminen rakennuksissa, Talotekniikkajärjestelmät rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajina. Työterveyslaitos. Helsinki. 2012.

Hyypä, Hannu, Rakennus- ja kiinteistöalan tulevaisuuden näkymiä. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennus- ja kiinteistöala. 2012.

Juvonen, Janne, Lämpökaivo, Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki. 2009.

Kanniainen, Otto, Terve talo-koordinaattorin työkalu. Opinnäytetyö. 2012.

Karnaattu, Risto, Pesonen, Reijo, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat. Selvittäminen terveydensuojelulain mukaisilla asunnontarkastuksilla. Opinnäytetyö. Itä-Suomen yliopisto. 2012.

Korolainen, Heikki, Sisäilmasto-ongelmat. Insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu. 2012

Koskela, Anne, Isännöitsijän ja asukkaan sisäilmasto-opas. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. 2007.

Kosteus- ja hometalkoot. Tunnista ja tutki riskirakenne: pientalojen riskirakenteet, vauriot ja vauriomekanismit, kuntotutkimusmenetelmät. Opetusmateriaali. Ympäristöministeriö. Helsinki. 2012

Kärki, Jukka-Pekka, Heikkinen, Pertti, Riskirakenteet ja niiden tunnistaminen sekä tutkimusmenetelmät. Ympäristö ja Terveys-lehti 6-7:2011. 2011.

Luotonen, Pekka, Terve talo – onko sellaista? RIA 3/2010. 2010.

Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tutkimustuloksia ja suosituksia uusiin lämmöneristys- ja energiankulutusmääräyksiin ja – ohjeisiin. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. 31.10.2008.

Mertanen, Jussi, Kosteusvaurioalttiit rakenteet ja tyypilliset rakennusvirheet 2000-luvulla rakennetuissa suomalaisissa pientaloissa. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. 2012.

Pirinen, Juhani, Kosteus- ja hometalkoot. Toimenpide-ohjelma – versio syyskuu 2010. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Puhtaus & Palvelusektori, Itsepuhdistuvat pintamateriaalit muuttavat puhdistusajattelua. 5-2008.

Pyrylä, Reetta, Kylä-Setälä, Anna-Maija, Pilaantuneet maa-alueet kaavoitusprosessissa. Esiselvitys. Helsinki. 2001.

Railio, Jorma, Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus ja hygienia. LVI-talotekniikkateollisuus ry 6/2008. 2008.

Raksystems Anticimex, Suomalaisissa omakotitaloissa luultua enemmän vaurioita. Lehdistötiedote. 22.1.2010.

RIL 204-2006. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki. 2006.

RIL 250-2011, Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki. 2011.

RT 07-10564 Rakennuksen sisäilmasto. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 1995.

RT 07-10946 Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 2009.

RT 80-10974, LVI 01-10450. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 2009.

RT 91-10970 Puhtaudenhallinnan huomioonottaminen rakennussuunnittelussa. RT-ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö. 2009.

Seppänen, Olli, Seppänen, Matti, Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. SIY Sisäilmatieto Oy. Jyväskylä. 2004.

Seppänen, Olli, Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Suomen LVI-liitto ry. Helsinki. 1996.

Seppänen Olli, Säteri Jorma, Lehtinen Teppo, Nevalainen, Aino, Tavoitteena terve talo. Sisäilmayhdistys ry. Teknologian kehittämiskeskus. 1997.

Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmayhdistyksen luokitus. www-dokumentti. Saatavana <http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/kehityshankkeet/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf> /10/_[Viitattu 20.2.2013].

Sisäilmaopas 7, Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Sisäilmayhdistys ry. 2004.

Tuomi, Tapani, Asumisterveysohjeen mukaiset kemialliset analyysit. Esitelmä Työterveysshuollon asiantuntijoille 10.2.2012. Työterveyslaitos. 28.3.2012.

Vaho, Elisa, Puhtaudenhallinta uudisrakennushankkeessa. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. 2011.

Vinha, Juha, Lisäeristämisen vaikutukset puurakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa. Tampereen teknillinen yliopisto. 10.3.2009.

Vinha, Juha, Korpi, Minna, Kalamees, Targo, Jokisalo, Juha, Eskola, Lari, Palonen, Jari, Kurnitski, Jarek, Aho, Hanna, Salminen, Mikko, Salminen, Kati, Keto, Matias, Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tutkimusraportti 140. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. 2009.

Ympäristö ja Terveys-lehti 2009, Asumisterveysopas 2009. 2009.

<http://www.aurinkoenergiaa.fi/>. Internet-sivusto. [Viitattu 8.4.2013].

<http://demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/ktl:12447>. Internet-sivusto. [Viitattu 3.3.2013].

<http://demo.seco.tkk.fi/tervesuomi/item/ktl:12449>. Internet-sivusto. [Viitattu 3.3.2013].

<http://www.ekokumppanit.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 18.4.2013].

<http://www.ekotoimivakoti.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.4.2013].

<http://www.haistahome.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://heli.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://www.ilmastointimega.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 3.3.2013].

<http://www.isover.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 29.3.2013].

<http://www.kiat.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.3.2013].

<http://www.kiinteistolehti.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 8.4.2013].

<http://kuningaskuluttaja.yle.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 4.2.2013].

<http://www.motiva.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://www.nakokulma.ramboll.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 1.2.2013].

<http://www.nollaenergiatalo.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 19.3.2013].

<http://pk2012.multiedition.fi/pk2012/summary?id=68>. Internet-sivusto. [Viitattu 4.2.2013].

<http://www.rakennuslehti.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 1.2.2013].

<http://www.rakennaoykein.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.4.2013].

<http://www.rakentajanekolaskuri.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013].

<http://www.safa.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013.]

<http://www.sisailmayhdistys.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://www.sitra.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 7.3.2013].

<http://talotekniikka-lehti.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 8.3.2013].

<http://www.tekniikkatalous.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 18.2.2013].

<http://www.taloussanomat.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 4.2.2013].

<http://www.terve.fi/>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013].

<http://www.ttl.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 1.2.2013].

<http://www.tuulivoimayhdistys.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 8.4.2013].

<http://www.tyoturva.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

<http://www.uuttahelsinki.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.4.2013].

<http://www.vertia.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 1.4.2013].

<http://www.vihrearakentaminen.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 22.2.2013].

<http://www.vttexpertservices.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.3.2013].

<http://www.ymparisto.fi>. Internet-sivusto. [Viitattu 21.2.2013].

