

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

SISÄILMAONGELMIEN HALLINTA TERVE TALO - RAKENTAMISELLA

Managing Indoor Air Problems with Healthy House Construction

Työn tarkastaja: Tutkijaopettaja, TkT Mika Luoranen

Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija, DI Mihail Vinokurov

Lappeenrannassa 3.6.2016

Otto Mutanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Otto Mutanen

SISÄILMAONGELMIEN HALLINTA TERVE TALO -RAKENTAMISELLA

Kandidaatintyö

2016

49 sivua, 3 taulukkoa ja 6 kuvaa

Tarkastaja: Tutkijaopettaja, TkT Mika Luoranen
Ohjaaja: Nuorempi tutkija, DI Mihail Vinokurov

Hakusanat: terve talo, sisäilma
Keywords: healthy house, indoor air

Kandidaatintyön tarkoituksena oli perehtyä Tekesin Terve talo -konseptiin ja tutustua sisäilmaongelmiin. Työn tavoitteina oli kartoittaa sisäilmaongelmien lähteitä ja tutustua Terve talo -rakentamiseen ja tunnistaa ongelmakohtia, jotka johtavat usein kosteus- ja homeongelmiin sekä sisäilmaongelmiin. Näitä haasteita ja ongelmakohtia vertailtiin Terve talo -kriteereihin ja pohdittiin, miten rakentamisen laatua ja ylläpitoa voidaan parantaa, että tulevaisuudessa välttyttäisiin sisäilmaongelmilta. Työ oli kirjallisuustyö, joka perustui kirjallisiin lähteisiin. Työssä käsiteltiin vain uudisrakentamista toimitilarakentamisen Terve talo -kriteerien avulla.

Terve talo -rakentaminen on laadukkaampaa kuin määräykset sanovat. Konseptin mukaan rakennettaessa rakennetaan kosteusteknisesti toimivaa ja terveellistä rakennusta, jossa on hyvä sisäilma. Terve talo -rakennus rakennetaan Terve talo -kriteerien avulla, joita seurataan koko rakennushankkeen ajan.

Sisäilmaongelmia aiheuttavat monet eri asiat, kuten hiukkasmaiset ja kaasumaiset epäpuhtaudet. Suuria ongelmia aiheuttavat myös kosteus- ja homeongelmista johtuvat kosteusvauriomikrobit. Epäpuhtaudet aiheuttavat ihmisille terveydellisiä haittoja, kuten silmien ja hengitysteiden ärsyyntymistä. Kosteus- ja homeongelmat voivat johtua monesta syystä. Ongelmia voi aiheuttaa mm. riittämätön suunnittelu, riittämätön kosteudenhallinta työmaalla tai käytön aikaiset virheet.

Työn tuloksena voidaan todeta, että kriteereiden avulla voidaan vähentää ja mahdollisesti kokonaan välttyä sisäilmaongelmilta. Rakentaminen vaatii kuitenkin monen asian huomiointia optimointia. Rakennuksen ylläpidon ja huollon tulee myös olla laadukasta ja ennakkoivaa.

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO	3
1 JOHDANTO	4
2 TERVE TALO JA SISÄILMASTO	6
2.1 Rakennus	7
2.2 Terve talo.....	7
2.3 Sisäilmasto.....	10
2.4 Sisäilmastoluokitukset.....	11
2.4.1 Sisäilmaluokat.....	12
2.4.2 Rakentamisen ja ilmanvaihdon puhtausluokat.....	12
2.4.3 Rakennusmateriaalien ja ilmanvaihtojärjestelmän päästöluokat	13
2.5 Sisäilmaongelmien vaikutukset ja lähteet	14
2.5.1 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja kuidut	15
2.5.2 Kaasumaiset epäpuhtaudet.....	16
2.5.3 Biologiset epäpuhtaudet.....	17
2.5.4 Fysikaaliset tekijät	18
2.5.5 Kosteus- ja homeongelmat.....	19
2.5.6 Ilmanvaihto-ongelmat	21
2.5.7 Siivouksesta johtuvat ongelmat	22
3 RAKENNUKSEN ELINKAARI JA ENERGIAMÄÄRÄYKSET	22
3.1 Rakennuksen elinkaari ja huoltokirja	23
3.2 Energiamääräykset	24
4 TERVE TALO -RAKENTAMISEN VAIHEET JA HAASTEET	25
4.1 Terve talo -prosessi	25
4.2 Suunnitteluvaihe.....	27
4.3 Rakentaminen.....	31
4.4 Käyttövaihe	34
4.5 Terve talo -konseptin ja rakentamisen kehittäminen.....	36
5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	38
6 YHTEENVETO	43

LÄHTEET46

LYHENNELUETTELO

Homeongelma: homeen esiintymisestä aiheutuva ongelma, joka aiheuttaa haittaa kuten terveydellistä haittaa.

Kosteusongelma: kosteuden esiintymisestä tai kosteusvauriosta syntynyt ongelma, joka aiheuttaa haittaa kuten homeongelmia.

Lähes nollaenergiatalo: energiatehokas talo, jossa tuotetaan vuositason lähes saman verran energiaa kuin se käyttää huonetilojen ja käyttöveden lämmittämiseen sekä valaistukseen ja laitteisiin. Energiatehokkuus toteutetaan esimerkiksi eristyksellä tai uusiutuvalla energialla.

Merkittävä home- ja kosteusvaurio: vähäistä laajempi rakenteellinen vika, jonka seurauksena rakenteista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja mikrobiologisille epäpuhtauksille altistuminen on todennäköistä.

Rakennuksen elinkaari: käsittää rakennuksen tai rakenteen vaiheet aina raaka-aineiden hankinnasta ja tuottamisesta tuotteen uusiokäyttöön, kierrätykseen ja jätteiden loppusijoittamiseen asti.

Vesihöyryn diffuusio: kaasuseoksen molekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan ilman paine-eron tai höyryn osapaine-eron, suuremmasta paineesta pienempään, rakenteen pintojen välillä.

Vesihöyryn konvektio: kaasuseoksen sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Paine-ero voi johtua esim. lämpötilaerosta tai tuulen vaikutuksesta.

1 JOHDANTO

Rakennusten kosteus- ja sisäilmaongelmat ovat olleet esillä Suomessa jo pitkään, ja ne on arvioitu yhdeksi Suomen isoimmista ympäristöterveysongelmista. Kiinnostus sisäilma-asioihin on kasvanut ja tutkimus lisääntynyt. Suomessa on erilaisia kiinteistöjä 1,45 miljoonaa, ja suuri osa Suomen kansallisvarallisuudesta on sidottu kiinteistöihin: asuntoihin 28 % ja muihin rakennuksiin 17 %. (Eduskunta 2012, 7, 11–13.)

Arvion mukaan merkittävästi vaurioituneissa asumiseen käytetyissä rakennuksissa asuu 324 000–597 000 ihmistä sekä samanlaisissa koulu- ja päiväkotirakennuksissa viettää aikaansa 172 000–259 200 ihmistä. Kosteus- ja homeongelmien määrän uskotaan kuitenkin tulevaisuudessa vielä kasvavan. Vaurioituneista rakennuksista aiheutuu suuria kustannuksia yhteiskunnalle, jotka johtuvat mm. terveydellisistä vaikutuksista, kuten työn tuottavuuden laskemisesta sekä sairauksien ja oireiden tutkimisesta. (Eduskunta 2012, 7, 11–13.) Näiden asioiden takia rakennusten sisäilma-asioihin ja rakentamisen laatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota tulevaisuudessa.

Ihmiset viettävät jopa 90 % elämästään sisätiloissa erilaisissa rakennuksissa. Tämä tarkoittaa, että ihmiset hengittävät sisäilmaa 15–20 m³ joka päivä. Voidaan siis todeta, että sisäilman laadulla on suuri merkitys ihmisten terveyteen ja sen sisältämät epäpuhtaudet aiheuttavat terveydellisiä riskejä ihmisten hyvinvoinnille. (Sandberg 2014a, 56.)

Eri puolella maailmaa alkoi 1980-luvulla esiintymään rakennusten aiheuttamaa oireilua, sairas rakennus -oireyhtymää. Tutkimusten ja selvitysten jälkeen selvisi, että oireiden taustalla oli rakennusten sisäilma. Työpaikkojen ja toimistojen käyttäjillä oireilu saattoi johtua myös osittain psyykkisistä tekijöistä. (Korhonen ja Lintunen 2003,75–78.)

Sairas rakennus -oireyhtymän oireet muistuttavat allergia- ja flunssaoireita, kuten silmien ärsytystä sekä äänen käheyttä ja ihon kutinaa. Sairaana rakennuksen käyttäjistä suurin osa huomaa kärsivänsä näistä oireista, eivätkä viihdy rakennuksessa. Oireet ovat samanlaisia kuin tavallisella flunssalla, joten rakennusta voidaan pitää sairaana, kun oireita esiintyy epä-

tavallisen paljon. Oireyhtymälle tyypillisesti oireet ilmenevät oleskeltaessa yksittäisessä rakennuksessa tai tilassa, missä vierailaan päivittäin tai viikoittain. Muissa rakennuksissa tai tiloissa oireet helpottavat. Oireita todettiin esiintyvän enemmän suurissa rakennuksissa, joissa oli koneellinen ilmanvaihto esim. kouluissa ja toimistoissa. (Korhonen ja Lintunen 2003,75–78; Siikanen 2014, 227–228.)

Vuonna 1996 Tekes käynnisti Terve talo -selvityksen, jonka tarkoitus oli selvittää terveen rakennuksen rakentamiseen liittyviä ongelmia. Selvityksen kohteena olivat erityisesti sisäilmastoon, talotekniikkaan sekä rakennustekniikkaan liittyvät asiat. (Seppänen 1997, 5.) Teknologian kehittämiskeskus aloitti vuonna 1998 Terve talo -ohjelman akuuttien sisäilmaongelmien takia, jonka kesto oli viisi vuotta. Ohjelma loi paljon uutta tutkimustietoa ja osaamista. Ohjelman arvo oli 22,8 miljoonaa euroa, ja siinä oli mukana 123 erilaista hanketta. Ohjelman tavoitteissa otettiin huomioon ihmisten terveys, kansantalous sekä liiketoiminnallinen kehittyminen. (Rantama et al. 2003, 7.)

Tärkeimmät tavoitteet olivat kehittää sisäilma- ja rakennusfysikaalista osaamista ja edistää sisäilma- ja terveyskriteerien kehittämistä ja käyttöönottamista rakennuksille, sekä niissä käytettävillä tuotteilla ja palveluilla. Muita tavoitteita oli sisäilma- ja terveysongelmien tutkimus- ja korjausmenetelmien kehittäminen sekä kansainvälisesti kilpailukykyisten tuotteiden ja palveluiden kehittäminen. (Rantama et al. 2003, 7–8.)

Sisäilma-asioihin liittyvät tutkimukset ovat Suomessa jatkuneet Terve talo -ohjelman jälkeen ja uusia tutkimuksia tehdään edelleen. Tutkimuksia ovat tehneet mm. eduskunta ja Työterveyslaitos. Työterveyslaitoksella on käynnissä Sisäilmaongelmien ennaltaehkäisy elinkaarimallia käytettäessä ja energiatehokkuutta tavoiteltaessa, eli SEEK -hanke, vuosina 2014–2016 (Työterveyslaitos 2016). Eduskunta teki vuonna 2012 selvityksen rakennusten kosteus- ja homeongelmista. Eduskunta selvittää myös, kuinka rakentamisen ohjausta sekä ylläpitoa tulee kehittää, jotta homeongelmien syntymistä voitaisiin ehkäistä (Eduskunta 2012).

Tässä kandidaatintyössä tutustutaan Terve talo -konseptiin sekä sisäilmaongelmiin. Työn kaksi tärkeintä tavoitetta ovat,

- kartoittaa sisäilmaongelmien lähteitä ja perehtyä Terve talo- rakentamiseen sekä tunnistaa rakentamisen erilaisia ongelmakohtia
- vertailla ongelmakohtia Terve talo -kriteereihin ja pohtia, miten rakentamisen laatua ja ylläpitoa voidaan parantaa, jotta sisäilmaongelmien syntyminen vältetään.

Työssä esitetään haasteita, jotka kohdistuvat Suomessa uudisrakentamiseen sekä rakennusten ylläpitoon. Korjausrakentamiseen liittyviä asioita tai haasteita ei käsitellä. Ylläpidon haasteet koskettavat osittain myös vanhoja rakennuksia. Terve talo -rakentamista käsitellään toimitilarakentamisen kriteereiden avulla.

Tämä kandidaatintyö on kirjallisuustyö, joka perustuu erilaisiin kirjallisiin lähteisiin kuten kirjoihin, tutkimuksiin ja ohjeistuksiin. Terve talo -rakentamista lähestytään RT- eli rakennustietokorttien avulla, joissa kerrotaan Terve talo -kriteereistä. Terve talo -selvityksen ja -ohjelman raporteista sekä rakennustietokorteista löytyy lisätietoa Terve talo -konseptista. Nämä löytyvät tämän työn lähdeluettelosta.

Työn alkuosassa tutustutaan Terve talo -konseptiin, suunnittelun erilaisiin luokituksiin sekä sisäilmaston epäpuhtauksiin. Samalla pyritään löytämään asioita, jotka yleensä johtavat kosteus- ja homeongelmiin. Luku kolme käsittelee rakennusten elinkaarta sekä energiamääräyksiä. Tutkielman loppuosassa syitä, jotka johtavat yleensä kosteus- ja homeongelmiin verrataan toimitilarakentamisen Terve talo -kriteereihin. Vertailun ja analyttisen pohdinnan avulla pyritään vastaamaan, voidaanko Terve talo -kriteereillä rakentaa rakennus, jolla voidaan ehkäistä sisäilmaongelmia ja hallita niiden syntymistä.

2 TERVE TALO JA SISÄILMASTO

Tässä luvussa tutustutaan Tekesin Terve talo -konseptiin sekä asioihin, jotka saattavat aiheuttaa haittaa sisäilmastolle ja rakennuksen käyttäjille. Alussa selvitetään millainen rakennuksen tulisi lain mukaan olla. Luvussa käsitellään myös erilaisia suunnitteluluokituksia.

2.1 Rakennus

Rakennuksella tarkoitetaan työntekoon, asumiseen, varastointiin tai muuhun rinnastettavaan käyttötarkoitukseen rakennettua, kiinteää ja paikallaan olevaa rakennelmaa. Rakennuksen tulee soveltua käyttötarkoitukseensa sekä olla huollettava ja muunneltava. Maankäyttö- ja rakennuslaissa määrätään, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava terveelliseksi ja turvalliseksi. Suunnittelussa ja rakentamisessa tulee ottaa huomioon mm. sisäilma, kosteus- sekä lämpöolosuhteet. (L 5.2.1999/132.)

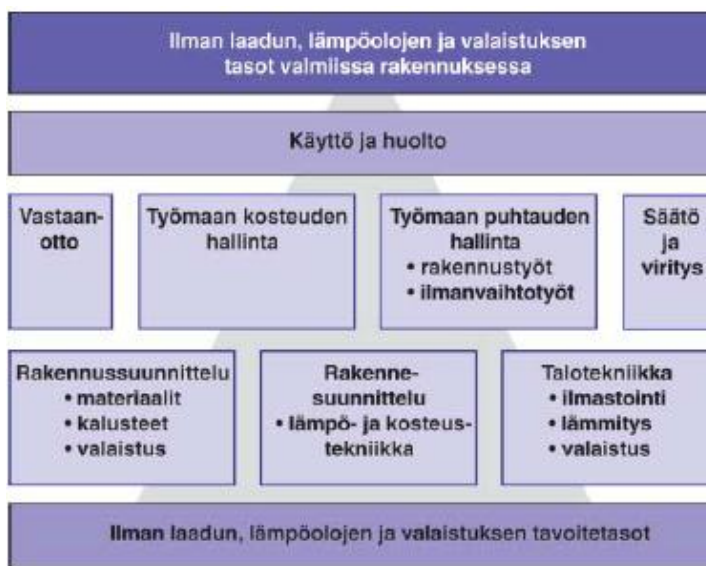
Rakennus ei saa aiheuttaa terveydellistä haittaa tai sen vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, rakenteiden kosteuden tai muun syyn vuoksi. Rakennus on rakennettava tuotteilla, jotka eivät aiheuta rakennuksen käyttöiän aikana ongelmia sisäilmaan, talousveteen tai sen ympäristöön. Kaikessa rakentamisessa tulee lain mukaan noudattaa hyvää rakennustapaa. (L 5.2.1999/132.) On olemassa muita lakeja ja asetuksia, jotka koskevat sisäilmastoa ja sen terveellisyyttä, esimerkiksi työturvallisuuslaki 738/2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma määrää tavat ja vaatimukset, miten rakennus tulee rakentaa ja suunnitella.

2.2 Terve talo

Terve talo -rakentamisessa otetaan huomioon asioita, jotka vaikuttavat ihmisten terveyteen tai viihtyvyyteen. Rakentamisessa huomioidaan ennen kaikkea asiat, jotka vaikuttavat sisäilmaston laatuun ja kosteusteknisiin asioihin. Näin saavutetaan vähintään hyvä sisäilmasto sekä puhdas ja teknisesti toimiva rakennus. Terve talo -kriteereitä voidaan käyttää uudisrakentamiseen, mutta soveltaa myös korjausrakentamiseen. Kriteereitä voidaan soveltaa myös koko rakennukselle tai tilakohtaisesti. (RT 07-10805 2003, 2–3.)

Terve talo -teknologiaohjelman käynnistyttyä Terve talo määriteltiin rakennukseksi, joka on suunniteltu ja rakennettu tarjoamaan käyttäjilleen terveelliset ja turvalliset sekä käyttötarkoitustaan vastaavat tilat. Terve talo on viihtyisä, laadukas sekä kestävä ja sen sisäilmasto parantaa työtehokkuutta. (Rantama et al. 2003, 7.)

Terve talo -kriteereillä kuvataan tärkeimmät asiat ja vaatimukset, jotka suunnittelussa ja rakentamisessa täytyy ottaa huomioon. Kriteerien avulla saavutetaan suurella todennäköisyydellä hyvä ja terveellinen rakennus lämpöolojen, ilmanlaadun, valaistuksen sekä akustisten tekijöiden osalta. Kriteereitä on tarkoitus käyttää rakentamisen eri vaiheissa, aina suunnittelusta käyttöönottoon asti, jotta saavutetaan hyvä lopputulos. Hyvän lopputuloksen takaamiseksi on huomiota kiinnitettävä moneen eri tekijään rakentamisen eri vaiheissa. (Rantama et al. 2003, 15.) Kuvasta 1 nähdään, miten Terve talo -rakennuksen peruspilarit muodostuvat.



Kuva 1. Terveen talon peruspilarit (RT 07-10805 2003, 1.)

Kriteereissä kuvataan yksityiskohtaisesti tärkeimmät suunnitteluun rakentamiseen liittyvät vaatimukset, jotta halutut tavoitteet saavutetaan (RT 07-10805 2003, 3). Tavoitetaso voidaan yleensä valita kahden tason väliltä, joista korkeamman tason toteutumista seurataan ja varmennetaan työmaalla valvojan tai ulkopuolisen asiantuntijan toimesta. Alempi taso edustaa vain parempaa ja huolellisempaa suunnittelua. (Rantama et al. 2003, 16.) Toimitilarakentamisen tasot on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Toimitilarakentamisen tavoitetasot (RT 07-10805 2003, 2.)

Terve talo -kriteerit on määritelty erikseen toimitilarakentamisella ja asuntorakentamiselle. Asuntorakentamisen kriteerinä pidetään tavoitetasoa S2 (RT 07-10832 2004, 2). Kuvasta 2 nähdään, että Terve talo -kriteerit ylittävät rakennusmääräykset, jolloin rakentamisen laatu on vaadittua parempaa.

Kuvasta 2 nähdään myös, että kosteudenhallinta on tärkeässä osassa Terve talo -rakentamisesta. Kosteuden ja puhtauden hallinta on samalla tasolla molemmissa sisäilmaston tavoitetasossa. Lämpö- ja kosteustekniseen suunnitteluun ei vaikuta sisäilmasto, vaan lähtökohtana on rakenteiden ja tilojen vaativuus. Kriteerien avulla kosteusteknisiin riskeihin kiinnitetään huomiota koko prosessin ajan, jotta saavutetaan kuiva rakennus. Kriteerien mukaan työmaalle pitää tehdä kosteudenhallintasuunnitelma, mistä käy ilmi mm. kosteusteknisesti kriittiset ja riskialttiit rakenteet. Kosteudenhallintasuunnitelma sisältää myös suunnitelmat kosteusmittauksista sekä kosteudenhallinnan organisoinnista ja valvonnasta. (RT 07-10805 2003, 3.)

Nykyisin uusien rakennusten rakennuslupahakemukseen täytyy sisältyä kosteudenhallintasuunnitelma. (A 1.6.2015/216.) Kosteudenhallintasuunnitelma on osa hyvää ja laadukasta

rakentamisprosessia. Suunnitelmaan dokumentoidaan hankkeen ja rakennuksen kosteustekniset vaatimukset ja tavoitteet, jolloin tavoitteita voidaan tarkastaa ja noudattaa rakentamisen aikana. Suunnitelmia voidaan hyödyntää myös rakennuksen käyttöaikana. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 19–20.)

Markkinoilla on VTT:n sertifioima Terve talo -hirsitalo, jonka suunnittelussa ja rakentamisessa on otettu huomioon toteutuksen hallinta, hyvä sisäilmasto sekä rakenteiden vähäpäästöisyys ja kosteustekninen turvallisuus. (Honkarakenne Oyj 2016.) Tilastoja Terve talo -rakentamisesta ei ole olemassa. Tietoja ei ole kerätty, kuinka paljon Terve talo -rakennuksia on rakennettu tai konseptin kriteereitä hyödynnetty erilaisissa hankkeissa.

2.3 Sisäilmasto

Sisäilmastoksi kutsutaan huoneessa ja rakennuksessa vaikuttavien olosuhteiden kokonaisuutta, jotka vaikuttavat ihmisten terveyteen ja viihtyvyyteen. Olosuhteet muodostuvat fyysikaalisista, kemiallisista ja mikrobiologisista tekijöistä. Sisäilmasto on osa sisäympäristöä, joka kattaa myös akustiset olosuhteet, valaistusolosuhteet sekä tilasuunnittelun. (Sandberg 2014a, 37.) Hyvää sisäilmastoa voidaan pitää rakennuksen elinkaarimittarina, hankevaiheessa elinkaarimittari on sisäilmaluokka ja käyttövaiheessa tyytyväisten osuus sisäilmaan. (Sandberg 2014b, 473.)

Sisäilmaston fysikaalisiin tekijöihin kuuluvat mm. lämpötila ja kosteus sekä valaistusolosuhteet, ääniolosuhteet ja ilmanvaihto. Muita fysikaalisia tekijöitä on esim. veto, pöly ja säteily. Tärkeimmät tekijät ovat lämpötila, kosteus sekä veto. (Asumisterveysopas 2009, 24–25.)

Sisäilman kemiallisilla tekijöillä tarkoitetaan kemiallisia aineita ja yhdisteitä, jotka voivat aiheuttaa terveydellisiä haittoja. Kemialliset epäpuhtaudet voivat olla peräisin monesta eri lähteestä esim. ihmisistä tai rakenteista. Muita lähteitä voivat olla myös vaurioituneet rakenteet, ihmisen toiminta tai epäpuhtauslähteet rakennuksen ulkopuolella. Ulkopuolelta tulevat

epäpuhtaudet voivat olla peräisin esim. läheltä olevalta tehtaalta tai liikenteestä. (Asumisterveysopas 2009, 128.)

Mikrobiologiset tekijät, muodostuvat biologisista lähteistä, jotka ovat usein haitallisia ihmisten terveydelle. Biologisia tekijöitä ovat bakteerit ja virukset, kosteusvauriomikrobit sekä allergeenit. (Sandberg 2014a, 66–67.)

2.4 Sisäilmastoluokitukset

Erilaiset luokitukset ovat tarkoitettu suunnittelun avuksi ja tavoitetasojen sekä vaatimusten asettamiseksi. Ne eivät ole viranomaisohjeita vaan suosituksia. Luokitukset koskevat sisäilmastoa, rakennustöiden puhtautta sekä rakennusmateriaalien päästöjä. Luokituksia käytetään ennen kaikkea uudisrakentamisessa, mutta niitä voidaan hyödyntää myös korjausrakentamisessa. (Sisäilmastoluokitus 2008, 5.) Kuvassa 3 nähdään miten sisäilmaston tavoitearvot muodostuvat.



Kuva 3. Sisäilmaston tavoitearvojen muodostuminen (Sisäilmaluokitus 2008, 5.)

Kuvasta 3 nähdään, että sisäilmasto muodostuu monesta tekijästä, joista jokaiselle valitaan tavoitearvot. Rakennuttaja, tilaaja ja mahdolliset konsultit asettavat yleistavoitteet ja tavoite-

tearvot sisäilmastolle, rakennustöiden puhtaudelle ja rakennusmateriaalien päästöille hanke-suunnitteluvaiheessa. Kaikkia suunnittelijoita tulee tiedottaa tavoitearvoista. (Sisäilmastoluokitus 2008, 15.) Suunnitelmat suunnitellaan ja toteutetaan tavoitearvojen mukaisesti.

2.4.1 Sisäilmaluokat

Sisäilmastoluokat ovat luokat S1, S2 ja S3, joista paras on S1 ja huonoin S3. Luokka S3 vastaa Suomen rakentamismääräyskokoelman tasoa, jolla rakennukset tulee vähintään suunnitella. Paras sisäilmaluokka S1 on yksilöllinen sisäilmasto, missä ihmiset viihtyvät parhaiten. Tällöin sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tilassa esiinny hajuja. Tilassa ei ole epäpuhtauslähteitä tai vaurioita, jotka saattavat heikentää ilmanlaatua. S1 luokan tilassa käyttäjä voi itse säätää lämpötilaa ja valaistusta, tilassa on myös hyvät ääniolosuhteet. Tilan lämpötila pysyy hyvin hallinnassa eikä vetoa esiinny. (Sisäilmastoluokitus 2008, 8.)

Hyvä sisäilmasto on S2 tason mukaan suunniteltu. S2 luokan tilassa ilmanlaatu on hyvä, tilassa ei esiinny epämiellyttäviä hajuja eikä sen laatua heikennä epäpuhtauslähteet tai vauriot rakenteissa. Tilassa ei esiinny vetoa, mutta lämpötila voi nousta epämiellyttävän korkealle kesäpäivinä. Tilan ääni- ja valaistusolosuhteet ovat hyvät ja suunniteltu siten, että ne täyttävät käyttäjien vaatimukset. (Sisäilmastoluokitus 2008, 8.)

2.4.2 Rakentamisen ja ilmanvaihdon puhtausluokat

Ennen rakennustöiden suunnittelua ja ohjausta on valittava ilmanvaihtojärjestelmän ja rakentamisen puhtausluokka. Puhtausluokka voidaan valita siten, että valitaan kaikki luokan mukaiset vaatimukset täytettäväksi, tai asettamalla vain tietyille kohdille halutut vaatimukset. Esimerkiksi erityistiloille voidaan esittää vaatimuksia tapauskohtaisesti. (Sisäilmastoluokitus 2008, 15, 20.)

Rakennustöiden puhtausluokituksen avulla on tarkoitus varmistaa, että rakennuksen tilat ovat puhtaat silloin, kun se luovutetaan asiakkaalle tai käyttäjälle. Rakennus tulee olla niin

puhdas luovutushetkellä, että se voidaan ottaa heti käyttöön. Puhtausluokituksen avulla varmistetaan myös se, että rakennuksen käyttövaiheen aikana ei sisäilmaan kulkeudu mitään epäpuhtauksia, jotka olisivat peräisin rakennusvaiheesta. (Sisäilmastoluokitus 2008, 20.)

Puhtausluokkia on kaksi, jotka ovat P1 ja P2. Luokka P2 vastaa normaaleja, hyvän rakentamisen mukaisia käytäntöjä ja säännöksiä. Luokka P1 ylittää hyvän rakentamisen normit ja on laadukkaampaa. Puhtausluokka P1 valitaan, kun tavoitteena on S1 tai S2 sisäilmaluokka. Rakennustöiden puhtausluokka P1 ottaa kantaa esim. rakennustöiden puhtauteen, rakennustarvikkeiden kuljetukseen, varastointiin ja suojaukseen sekä rakennussiivoukseen. (Sisäilmastoluokitus 2008, 20.)

Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokkia on kaksi, P1 ja P2, joista P2 on määräysten mukainen puhtausluokka. Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokan tarkoitus on varmistaa, että järjestelmä on puhdas rakennusta luovutettaessa sekä taata uuden järjestelmän läpi virtaavan ilman hyvä laatu. Puhtausluokitus muodostuu järjestelmässä käytettyjen tuotteiden puhtausvaatimuksista ja vaikuttaa mm. suodattimien vaatimuksiin. (Sisäilmastoluokitus 2008, 28.)

2.4.3 Rakennusmateriaalien ja ilmanvaihtojärjestelmän päästöluokat

Rakennuksen rakenteista sekä sisustusmateriaaleista vapautuu sisäilmaan erilaisia yhdisteitä ja kemikaaleja. Ne voivat olla peräisin myös materiaalien vääränlaisesta käytöstä, materiaalien vanhenemisesta tai valmistusprosessin virheistä. (Sisäilmastoluokitus 2008, 32.)

Rakennusmateriaalien päästöluokitus esittää vaatimukset esim. työtiloissa käytettäville rakennusmateriaaleille hyvän sisäilman kannalta. Tavoitteena on käyttää mahdollisimman paljon vähäpäästöisiä tuotteita, jolloin ilmanvaihtoa ei tarvitse suurentaa. Vähäpäästöiset materiaalit eivät kuitenkaan takaa hyvää sisäilmaa, joten ilmanvaihdon tulee kuitenkin olla riittävä. (Sisäilmastoluokitus 2008, 32.)

Rakennusmateriaalien päästöluokat ovat M1, M2 ja M3. Luokka M3 on huonoin ja eniten epäpuhtauspäästöjä synnyttävä. Vähiten rakennusmateriaaleista peräisin olevia päästöjä,

esiintyy luokan M1 materiaaleista. Kokonaispäästöihin vaikuttaa myös käytetyn materiaalin määrä. Sisäilmaluokkiin S2 ja S1 pyrittäessä, on syytä rajoittaa luokkien M2 ja M3 rakennusmateriaalien käyttöä. (Sisäilmastoluokitus 2008, 32.)

Ilmanvaihtotuotteille on vain yksi puhtausluokka M. Ilmanvaihtotuotteet joko ovat puhtausluokiteltuja tai eivät ole. Puhtausluokiteltu ilmanvaihtotuote ei saa heikentää tuloilman laatua ja sen pitää olla helposti puhdistettavissa. (Sisäilmastoluokitus 2008, 34.)

2.5 Sisäilmaongelmien vaikutukset ja lähteet

Suomessa menetetään vuodessa 13 000 tervettä elinvuotta huonon sisäilmaston takia, Euroopan unionin tasolla vastaava luku on jopa kaksi miljoonaa elinvuotta. Näiden suomalaisten elinvuosien kustannukset ovat vuosittain noin miljardi euroa. Suomessa pienhiukkaset aiheuttavat vuosittain noin 1300 ennen aikaista kuolemaa ja radon 200–300 keuhkosityöpää. Huono sisäilma aiheuttaa myös työtalon laskua, työpoissaoloja sekä lievempiä oireita. Rakennusten kosteus- ja homeongelmien aiheuttama vuosikustannus on noin 450 miljoonaa euroa. (Sandberg 2014a, 56–57.)

Vaurioituneista rakenteista vapautuu huoneilmaan epäpuhtauksia, joille altistuessaan ihmisen terveys saattaa heikentyä. Epäpuhtaudet kulkeutuvat mm. silmiin ja hengitysteihin, jolloin oireita voi alkaa esiintyä. (Eduskunta 2012, 89; Siikanen 2014, 211, 215.) Kosteus- ja homevaurioilla on yhteys hengitysteiden oireisiin ja niiden pahenemiseen, kuten yskään ja astmaan. Tutkimusten mukaan kosteusvaurioituneissa rakennuksissa oltaessa riski keuhkoputkentulehdukseen on 1,44-kertainen ja hengitysteiden tulehduksille 1,45-kertainen. (Fisk et al. 2010, 1–4.) Sisäilman kaikkien epäpuhtauksien tarkkoja vaikutuksia ihmisten terveyteen ei vielä tunneta. Esimerkiksi kosteusvaurioituneesta rakennuksesta aiheutuvien terveyshaittojen aiheuttajaa, jotka johtuvat erilaisista kaasuista ja mikrobeista ei tarkasti tunneta. (Sandberg 2014a, 67.)

Sisäilman epäpuhtauspitoisuudet vaihtelevat ajan mukaan ja pitoisuuksiin vaikuttaa monet tekijät. Monien epäpuhtauksien lähteitä ovat rakennusmateriaalit ja sisustukseen käytetyt

materiaalit, mutta niiden päästöjä voidaan vähentää M1 luokan materiaalien avulla. Materiaaleihin voi myös absorboitua erilaisia yhdisteitä, jotka vapautuvat myöhemmin ja heikentävät sisäilman laatua. (Sandberg 2014a, 56–57.)

2.5.1 Hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja kuidut

Hiukkaset luokitellaan kokonsa mukaan. Hiukkasia joiden halkaisija on alle 10 µm, kutsutaan hengitettäväksi hiukkasiksi. Hiukkaset luokitellaan karkeisiin hiukkasiin, alle 2,5 µm:n pienhiukkasiin ja alle 0,1 µm:n ultrapieniin hiukkasiin. Hiukkasia päätyy sisäilmaan esim. ihosta, vaatteista ja lemmikkieläimistä. Niiden terveysvaikutus perustuu niiden kykyyn tunkeutua hengityselimiin ja lopulta jopa verenkiertoon asti. Hiukkanen on sitä vaarallisempi, mitä pienempi se on, koska sitä syvemmälle se pääsee tunkeutumaan elimistöön. (Sandberg 2014a, 59–62.) Sisäilmassa saa enintään olla 50 µg/m³ alle 10 µm:n hiukkasia. (RakMK D2 2012, 7.)

Sisäilmassa olevat kuidut voivat olla esimerkiksi asbestia tai mineraalivillakuituja. Asbestia on käytetty 1960- ja 1970-luvuilla mm. paloeristykseen ja putkistojen lämpöeristeenä. Asbestipölyä muodostuu, kun asbestimateriaali rikkoutuu. Asbesti on todella vaarallista terveydelle ja siksi, sen käytöstä on luovuttu kokonaan. Asbestikuitu kulkeutuu hengityselimiin, eikä poistu enää ulos niistä. Työpaikan sisäilman asbestipitoisuuden raja-arvo on 0,01 kuitua/cm³. (Sandberg 2014, 63.)

Mineraalivillaa on erilaisia esim. vuorivillaa ja lasivillaa, niitä käytetään rakentamisessa eri paikoissa eristeinä. Kuidut ärsyttävät ihoa ja hengitysteitä sekä silmiä. Mineraalivillakuitujen ei ole kuitenkaan osoitettu aiheuttavan pysyviä haittoja hengityselimille. (Sandberg 2014a, 63.)

2.5.2 Kaasumaiset epäpuhtaudet

Kaasumaisia epäpuhtauksia ovat erilaiset kaasut, esimerkiksi hiilidioksidi, formaldehydi ja ammoniakki. Hiilidioksidia tulee sisäilmaan pääasiassa ihmisten hengityksestä. Ilman hiilidioksidipitoisuus on yleensä indikaattori, joka kertoo tilassa olevasta ihmisperäisestä epäpuhtauskuormasta. (Sandberg 2014a, 63–66, 76.)

Formaldehydiä käytetään mm. liimojen valmistamiseen ja sitä esiintyy esim. laminaateissa ja lastulevyissä. Formaldehydiä voi vapautua materiaaleista, ja sen vapautumiseen vaikuttaa sisäilman lämpötila ja kosteus. (Sandberg 2014a, 65–66.) Ammoniakkia voi vapautua rakennusmateriaaleista, maaleista ja puhdistusaineista. Sisäilmassa ammoniakki voi olla peräisin kosteuden aiheuttamasta reaktiosta, joka hajottaa materiaalien proteiineja. (Asumisterveysopas 2009, 130.)

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, eli VOC-yhdisteet, tarkoittavat orgaanisia epäpuhtauksia, jotka voivat olla esimerkiksi peräisin rakennuksen erilaisista materiaaleista. Sisäilmassa olevien erilaisten orgaanisten yhdisteiden määrä voi olla useita kymmeniä, mutta ne ovat pieninä pitoisuuksina. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden aiheuttamia vaikutuksia ei vielä täysin tunneta. (Sandberg 2014a, 66.)

Radon on jalokaasu, joka syntyy, kun radium hajoaa. Radiumia esiintyy kiviperäisessä maaperässä. Radon ja osa sen hajoamistuotteista ovat radioaktiivisia, jotka kulkeutuvat sisäilmaa hengitettäessä keuhkoihin. Sisäilmaan radonia tulee maaperästä, rakennusmateriaaleista haihtumalla ja talousvedestä. Pientaloissa suurin radon lähde on maaperä ja kerrostaloissa betonirakenteet, jotka aiheuttavat noin 70 Bq/m³ radonpitoisuuden. Radonia virtaa asuntoon maaperän kautta sisä- ja ulkolämpötilaerojen tai ilmanvaihdon aiheuttaman paine-eron takia. (Asumisterveysopas 2009, 78–79.) Taulukossa 1 on Sisäilmayhdistys ry:n julkaisemia raja-arvoja sisäilman eri epäpuhtauspitoisuuksille. Radonin raja-arvo on annettu vuosikeskiarvona.

Taulukko 1. Sisäilmayhdistys ry:n raja-arvot sisäilman eri epäpuhtauksille sisäilmaluokan mukaan (Sisäilmayhdistys ry 2016.)

Epäpuhtaus	S1	S2	S3
Ammoniakki [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30	30	40
Formaldehydi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30	50	100
VOC/TVOC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	200	300	600
Hiilidioksidi [ppm]	700	900	1200
Hiilimonoksidi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	2	3	8
Otsoni [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	20	50	80
Radon [Bq/m^3]	100	100	200

Taulukosta 1 nähdään, että epäpuhtauksien pitoisuudet ovat pienimpiä luokassa S1 ja suurimpia luokassa S3. Tämä tarkoittaa, että sisäilman laatu on parempaa ja ihmisten terveydelle vähemmän haitallista. Sisäilmayhdistyksen raja-arvot ovat arvoja, joita saa esiintyä luokitusten mukaisissa tiloissa (Sisäilmastoyhdistys ry 2016). Määräysten raja-arvot ovat hieman matalampia kuin luokan S3 raja-arvot. Esimerkiksi ammoniakkia saa sisäilmassa olla suunnitelmien mukaan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rakentamismääräysten mukaan sisäilmaston epäpuhtauksien suunnittelu-arvot ovat voimassa kuusi kuukautta rakennuksen käyttöönoton jälkeen. Tämän ajan ilmanvaihtojärjestelmä on pidetty käyttöajan teholla. (RakMK D2 2011, 7.)

2.5.3 Biologiset epäpuhtaudet

Allergeenit, kosteusvauriomikrobit sekä bakteerit ja virukset ovat sisäilman biologisia epäpuhtauksia. Ihmisen vasta-ainejärjestelmä reagoi puolustavasti ärsykkeisiin, joita allergeenit aiheuttavat. Allergiaoireet ilmenevät yleensä silmissä, hengitysteissä tai iholla. Elinympäristö vaikuttaa allergeeneihin. Tavallisimpia sisäilmassa olevia allergeeneja ovat, valkuaisaineita sisältävät pölyt esim. lemmikin ihosta lähtevät hiukkaset. Erittäin yleinen allergeenin aiheuttaja on kasvien siitepöly. (Sandberg 2014a, 66–67.)

Sisäilman bakteerit ovat usein peräisin ihmisestä, ihosta ja hengityselimistä erottuvien hiukkasten mukana erottuu ilmaan myös bakteereita. Vain harvoin bakteerit ovat peräisin rakennuksesta. Bakteeripitoisuus on usein sisäilman hygieniaindikaattori, koska ilman bakteeripi-

toisuus ei varsinaisesti kuvaa sen terveydellistä vaarallisuutta. Vaarallisuus riippuu yksittäisten bakteerien vaarallisuudesta. Sisäilman virukset ovat myös ihmisperäisiä, mutta ne eivät elä kauaa huoneilmassa. (Sandberg 2014a, 67–68.)

2.5.4 Fysikaaliset tekijät

Ilman fysikaaliset tekijät vaikuttavat ihmisten viihtyvyyteen ja tuottavuuteen sisätiloissa. Lämpötila ja kosteus vaikuttavat myös joidenkin rakennusmateriaalien kemiallisiin päästöihin. (Asumisterveysopas 2009, 24; Sandberg 2014a, 37,41.)

Tilan sopiva lämpötila on erittäin tärkeä viihtyisyyden kannalta (Sandberg 2014a, 37). Lämpöaistimukseen vaikuttaa monet asiat ja se on yksilöllinen. Ihmiset kokevat olosuhteet, kuten ilmavirranliikkeen ja lämpötilan, sekä kosteuden ja lämpösäteilyn eri tavoin (Asumisterveysopas 2009, 25). Kesällä lämpötilat nousevat liian korkeiksi, koska ikkunoiden pinta-alat ovat kasvaneet (Sandberg 2014a, 37). Tällöin säteilyä tulee enemmän sisätiloihin. Auringon säteilyn osuessa suojaamattomaan ikkunaan, virtaa sisälle 500–1000 W:n lämpöteho per ikkunan neliö. Tämä kohottaa huoneen lämpötilaa selvästi myös kylmällä säällä. (Asumisterveysopas 2009, 30.) Sopivan lämpötilan suunnitteluun on kehitetty erilaisia malleja ja ohjeita, mutta lämmityskaudella sisätilan lämpötilan tulisi olla enintään 23 °C. (Sandberg 2014a, 38–41.)

Veto johtuu pintojen lämpötilaeroista, kylmän ilman liikkeestä sekä lämpösäteilystä. Kylmät pinnat säteilevät voimakkaasti ja aiheuttavat kylmänolon tunnetta oleskeltaessa niiden läheisyydessä. Kylmältä pinnalta ilma liikkuu voimakkaasti alaspäin ja kääntyy lattiansuuntaiseksi. Rakennuksen rakenteista vuotava kylmä ilma lisää vedon tunnetta, etenkin, jos ilma virtaa lattianrajasta. (Asumisterveysopas 2009, 27.) Vedon takia on yleistä, että talvikaudella huoneiden lämpötilat nousevat yli suositusarvojen. Lämmitystehoa nostetaan, ettei vedon tunnetta ilmenisi. (Sandberg 2014a, 37).

Ilmassa on usein vesihöyryä. Sisäilman kosteus on peräisin mm. ihmisistä ja kasveista. Sisäilman matala kosteus kuivattaa ihmisen limakalvoja sekä lisää materiaalien staattista sähköisyyttä. (Sandberg 2014a, 81.) Ilman liian suuri kosteus lisää pölypunkkien määrää ja riski mikrobien esiintymiselle kasvaa, koska ilman vesihöyry voi tiivistyä rakenteisiin. (Asumisterveysopas 2009, 46; Sandberg 2014a, 82–83.) Ilman kosteus vaikuttaa myös lämpöaistimukseen ja siihen, kuinka raikkaalta tai tunkkaiselta ilma tuntuu. (Asumisterveysopas 2009, 24; Sandberg 2014a, 41.) Kesällä ilma on usein kosteaa ja talvella kuivaa, asuntojen sisäilman suhteellisen kosteuden tulee olla 20–60 %. Talvisin huoneilmaa voidaan kostuttaa hygieenisillä huonekohtaisilla kostuttimilla. (Asumisterveysopas 2009, 46; Sandberg 2014a, 82.)

2.5.5 Kosteus- ja homeongelmat

Mikrobit kuuluvat osaksi ihmisen luonnollista elinympäristöä ja niitä on sekä sisä- että ulkoilmassa. Kosteusvauriomikrobit ovat mikrobeita, jotka aiheuttavat ihmisille terveyshaittoja. Kosteusvauriomikrobit ovat home- ja hiivasieniä, jotka kasvavat rakennuksen kostumissa osissa. Homeiden ja hiivasienten itiöt, mikrobit ja aineenvaihduntatuotteet kulkeutuvat oleskelutiloihin aiheuttaen terveysriskejä. Home tarvitsee aina kasvaakseen sopivan lämpötilan, kosteuden ja ravinteita sekä itiöitä. Mikrobit kasvavat 5–40 °C ja rakenteen tasapainokosteuden ylittäessä 80 %, mutta parhaiten ne kasvavat 20–30 °C lämpötilassa. Eniten niiden kasvamiseen vaikuttaa kuitenkin kosteus. Sienet ja bakteerit eivät ole kasvuedellytyksiltään niin vaativia. Niille voi riittää pöly betonin pinnalla, joka sisältää tarpeeksi ravinteita. (Asumisterveysopas 2009, 146.)

Rakennusten home- ja kosteusongelmat syntyvät rakenteiden ja käytettyjen materiaalien kostumisesta, joka voi pitkittyessään aiheuttaa kosteusvaurion. Jos kostea rakenne kuivuu nopeasti, ei kostuminen aiheuta mikrobien kasvamista. Talvella kosteiden rakenteiden jäätyessä voi aiheutua merkittäviä vahinkoja rakenteisiin. (Siikanen 2014, 65–66.) Homeongelmien syitä on monia. Ne voivat johtua esimerkiksi hankkeen kokonaishallinnasta, rakentamisen aikaisesta sääsuojauksesta, olosuhdehallinnan ontumisesta tai riittämättömästä suunnittelusta. Homeongelmien syyt voivat johtua myös rakennuksen käytöstä ja ylläpidosta.

(Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 13–14; Eduskunta 2012, 11; Siikanen 2014, 65–66.) Hankeprosessin muutokset, rakenteiden muutokset sekä rakennusten ja niiden käyttötapamuutokset aiheuttavat myös pahenevia riskejä kosteusongelmien syntymiselle. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 14–15.)

Ulkoisia kosteuslähteitä ovat esim. sadevesi ja lumen sulamisvesi sekä maaperän ja ulkoilman kosteus. Vuodot putkistoissa, katossa tai kosteudeneristyksessä voivat aiheuttaa myös kosteusvaurioita ja olla pitkään piilossa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 63–69; Siikanen 2014, 66–67.) Kosteutta tulee sisäilmaan myös ihmisten takia ruoanlaitosta ja pyykin kuivaamisesta. Rakenteissa oleva rakennekosteus, voi aiheuttaa kosteusvaurion, jos kuivumista ei seurata tarkasti. Rakennekosteus johtuu rakenteiden kastumisesta rakentamisen, kuljetuksen tai käyttöönoton aikana. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 67–68.)

Vesihöyry voi kulkeutua rakenteisiin esim. vesihöyryn konvektion, diffuusion tai painovoiman avulla. Rakennusten yläosissa on yleensä ylipainetta, joka voi konvektion takia aiheuttaa mahdollisuuksia kosteusongelman syntymiselle rakennusten yläosien rakenteisiin. Diffuusion takia vesihöyryä menee kohti rakenteita. Kosteusvaurio syntyy, jos rakenteen sisäpuolelta menee vesihöyryä rakenteisiin enemmän kuin ulkopuolelta poistuu. Tällöin rakenteen kosteuspuiteisuus kasvaa. Painovoiman takia vesi, joka on päässyt rakenteisiin, siirtyy alemmas, jolloin suurempi osa rakenteesta kastuu. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 70–72; Siikanen 2014, 70–72.)

Haitallisten virtausten kuten kosteus- ja ilmavirtojen läpäisy rakenteiden läpi estetään höyryn- ja ilmansulkukerroksilla, joiden tulee olla tiiviitä. Ilmansulkukerroksella estetään ulkoa tulevien haitallisten virtauksien pääsy sisätiloihin, jotka saattavat sisältää mm. kosteutta. Höyrynsulkukerroksen tarkoitus on estää kosteuden kulkeutumista sisätiloista rakenteisiin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 77–78.)

2.5.6 Ilmanvaihto-ongelmat

Ilmanvaihdon avulla voidaan hallita rakennusten ilmavirtoja tuomalla tilaan puhdasta ilmaa ja poistamalla likaista ilmaa. Ilmastoinnin avulla voidaan ylläpitää hyvää sisäilmaston laatua hallitsemalla mm. sisäympäristön lämpötilaa sekä kosteutta. Nykyisten määräysten mukaan Suomessa käytetään uusissa rakennuksissa koneellista tulo- ja poistoilmajärjestelmää, koska tuloilman laatua täytyy hallita mm. suodatuksen avulla. (RakMK D2 2012, 3, 11.) Muita ilmanvaihtojärjestelmiä, joita vanhoista kiinteistöistä löytyy, ovat painovoimainen sekä hybridi-ilmanvaihtojärjestelmät. (Sandberg 2014a, 113.)

Kehittyneiden koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien hallinta ja ylläpito voi olla vaativaa. Puutteellinen ilmanvaihto on yksi riskitekijä huonon sisäilmaston syntymiselle. Vääränlainen käyttö ja ylläpito voi aiheuttaa turhia kosteusrasituksia rakenteisiin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 14.) Huonosti säädetty ilmanvaihtojärjestelmä voi aiheuttaa vetoa ja melua, mutta myös kuljettaa epäpuhtauksia huonetilojen välillä. Ilmanvaihdon tehostaminen on keino vähentää ilman epäpuhtauksien määrää. (Asumisterveysopas 2009, 56.) Hyvälläkään ilmanvaihdolla ei voida pitää sisäilmastoa laadukkaana, mikäli rakennuksen vaippa ei ole rakennettu kunnolla ja laadukkaasti. Ilmanvaihdolla tulee kuitenkin olemaan pysyvä ja merkittävä rooli ihmisperäisten epäpuhtauksien poistamisessa. (Sandberg 2014a, 56.)

Rakennus voi olla ali- tai ylipaineinen. Yleensä koneellinen poistoilmavaihtojärjestelmä luo alipaineen, koska kosteusteknisen hallinnan takia se on edullista. Paineenvaihteluiden takia on erittäin tärkeää, että höyrinsulku ja liitokset ovat tiiviitä. Oikein säädetty ilmanvaihtojärjestelmä takaa, että ilma tulee hallitusti eikä rakennus tule liian alipaineiseksi. Liiallista alipaineisuutta on syytä välttää, jotta ilmaa ei vuoda epäpuhtaista tiloista tai vaurioituneista rakenteista. Tällaisten rakenteiden läpi tullut ilma on huonoa, ja saattaa aiheuttaa terveydelle haittaa. Käytännössä rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä tulee mitoittaa tasapainoiseksi tai vain vähän alipainaiseksi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 87–88.)

Ilmanvaihtokanaviston kuntoa tulee seurata ja ylläpitää vaihtamalla tuloilmakanaviston suodattimia, sekä puhdistamalla poistoilmaventtiilejä säännöllisesti. Ilmanvaihtojärjestelmän epäpuhtaus huomataan yleensä tuloilman hajusta. Kanavistoja puhdistettaessa järjestelmä täytyy tasapainottaa uudelleen. Eristämättömiin kanaviin voi tiivistyä kosteutta ja kanavistojen vuotokohdat voivat levittää epäpuhtauksia. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 125–126.)

2.5.7 Siivouksesta johtuvat ongelmat

Hyvä ja laadukas siivous luo pohjan hyvälle sisäilmastolle. Näin estetään liiallinen pölyn muodostuminen, joka kosteuden kanssa muodostaa homeeriskin. Laadukas siivous kattaa rakennuksen pinnat ja laitteet. Liiallista veden käyttöä on syytä välttää, koska rakenteet eivät saa kastua, eikä ylimääräistä vesihöyryä muodostua sisäilmaan. Siivouksen aikana ja sen jälkeen on hyvä huolehtia, että ilmanvaihto on päällä. Näin ylimääräinen kosteus poistuu. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 124, 132.) Varsinkin toimistotiloissa ja kouluissa, missä siivousta tehdään paljon myös iltaisin, olisi tärkeää, että ilmanvaihto ei menisi pois päältä tai osateholle automaattiohjauksen takia.

3 RAKENNUKSEN ELINKAARI JA ENERGIAMÄÄRÄYKSET

Tässä luvussa tutustutaan rakennuksen elinkaareen sekä nykyisiin ja tuleviin energiamääräyksiin. Rakennuksen elinkaari koostuu monesta osasta ja rakennusta täytyy ylläpitää, että se pysyy laadukkaana. Elinkaarta ja rakennuksen ylläpitoa koskevia asioita käsitellään luvussa 3.1. Luvussa 3.2 kerrotaan lyhyesti rakennusten rakentamisessa ja ylläpidossa huomiioon otettavista energiamääräyksistä.

3.1 Rakennuksen elinkaari ja huoltokirja

Rakennuksen elinkaari on pitkä ja sen vaiheet ovat valmistus, käyttö ja purku. Yleensä rakennusvaihe kestää 1–2 vuotta ja käyttöaika 50–200 vuotta, jonka jälkeen rakennus puretaan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 17.) Kuvassa 4 esitetään rakennuksen elinkaari.



Kuva 4. Rakennuksen elinkaaren vaiheet (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 11.)

Rakennuksen elinkaari muodostuu monesta tekijästä, kuten teknillisestä, taloudellisesta, toiminnallisesta elinkaarista (Eduskunta 2012, 52). Rakennusten ja rakenteiden elinkaaren hallinnan tärkeimpiä alueita ovat: elinkaarikustannusten optimoiva hallinta, energiatehokkuuden optimointi elinkaariperiaatteella, ympäristövaikutusten minimointi, materiaalitehokkuuden hallinta sekä pitkäaikaiskestävyyden, terveellisyyden ja käytettävyyden hallinta ja varmistaminen. Huolellisen ylläpidon tavoitteita ovat kiinteistön arvon ja kunnan säilyminen hyvänä sekä kosteus- ja homevaurioiden estäminen (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 9,177).

Rakennuksen huolellinen ylläpito on selkeää, johdonmukaista sekä ennakoivaa. Rakennuksen omistajan tulee olla perillä rakennuksen kunnosta, jolloin hän voi hallita rakennuksen elinkaarta sekä elinkaarikustannuksia. Uusien rakennusten hallintaa helpottaa rakennuksen huoltokirja. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013, 177.)

Määräysten mukaan uusille rakennuksille tulee tehdä huoltokirja, joka on kiinteistönpitoa tukeva asiakirjakokonaisuus. Huoltokirja sisältää lähtötietoja kiinteistön hoidolle ja kunnossapidolle sekä ohjeita rakennuksen käyttäjille. Rakennuksen huoltokirjassa kerrotaan myös rakennusosien sekä laitteiden kunnossapitajaksot ja tarkastusten ohjelmat. Se sisältää myös hyvän sisäilmaston edellyttämiä tehtäviä. Korjaushankkeissa huoltokirja tehdään tarpeen mukaan asuin- ja työskentelyrakennuksille. Jos tällaisen rakennuksen korjaushanke tarvitsee rakennusluvan, täytyy sille tehdä huoltokirja. (RakMK A4 2000, 2–3.)

3.2 Energiamääräykset

Rakennuksien energiatehokkuuden parantamisella voidaan hillitä ilmastonmuutosta. Samalla luodaan myös kestävää ja kilpailukykyistä yhdyskuntaa. Rakennukset kuluttavat paljon energiaa sekä materiaaleja. Noin 40 % Suomen energiankulutuksesta kuluu rakennusten lämmittämiseen. Kestävän rakentamisen avainasemassa on rakennusten energiatehokkuus. (Sandberg 2014b, 467.) Myös valaistus sekä jäähdytys kuluttavat paljon energiaa.

Energiatehokkuuden parantamista edistää rakennusten energiatehokkuusdirektiivi 2010/31/EU, jonka tarkoitus on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Direktiivi koskee uudis- ja korjausrakentamista. Energiatehokkuusdirektiivin mukaan vuoden 2020 jälkeen rakennetaan vain lähes nollaenergiarakennuksia, joilla on erittäin korkea energiatehokkuus. (2010/31/EU, 1, 6–7.) Suomen rakentamismääräyksissä ei vielä ole määritelty lähes nollaenergiarakennusta, mutta erilaisia tutkimuksia tulevista määritelmistä on tehty.

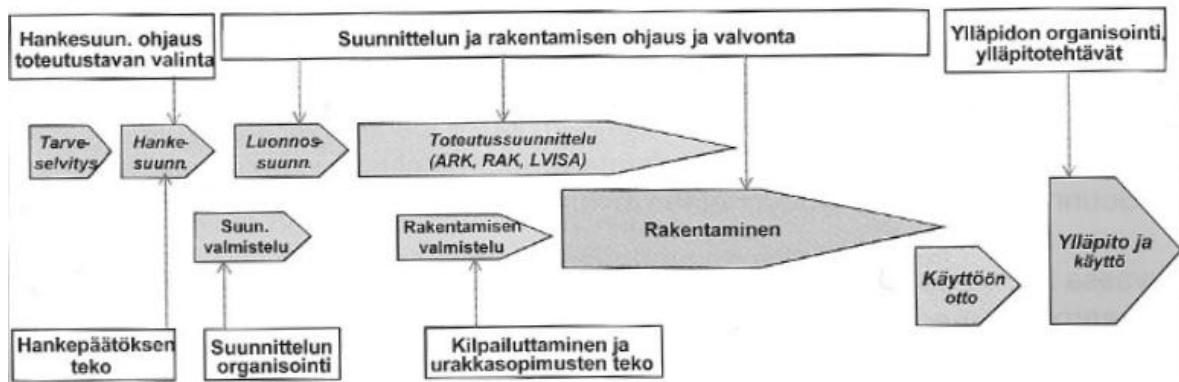
Uusien rakentamismääräysten mukaan rakennukselle on laskettava E-luku, joka kertoo rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta. Erilaisille rakennuksille on määrätty raja-arvoja E-luvuille. E-luvun laskentaan vaikuttavat monet asiat, kuten rakennuksen lämmitysmuoto. Uudet määräykset pyrkivät nostamaan rakennusten energiatehokkuutta. Tehokkuutta voidaan parantaa määräysten mukaan esimerkiksi, ottamalla talteen tuloilman tarvitsemasta lämmitysenergiasta 45 % poistoilmasta. Energiatehokkuutta ja lämmitysenergian tarvetta voidaan vähentää myös muilla menetelmillä. (RakMK D3 2012, 8, 15.)

4 TERVE TALO -RAKENTAMISEN VAIHEET JA HAASTEET

Uudisrakentamisessa ja rakennusten ylläpidossa täytyy nyt ja tulevaisuudessa ottaa huomioon monta eri asiaa. Tässä luvussa käsitellään Terve talo -rakentamisen vaiheita ja Terve talo -kriteereitä. Samalla selvitetään haasteita, jotka johtavat usein kosteus- ja homeongelmiin. Luvussa pyritään esittämään myös ehdotuksia toimenpiteistä, joiden avulla kosteusongelmien syntymistä voidaan mahdollisesti ehkäistä.

4.1 Terve talo -prosessi

Usein rakennushanke käynnistyy tarveselvityksellä, joka käynnistää samalla hankesuunnittelun. Hankesuunnittelua seuraa luonnossuunnittelu sekä toteutussuunnittelu. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 19.) Suunnittelun ja rakentamisen vaiheita voidaan nähdä kuvasta 5.



Kuva 5. Rakennushankkeen kulku ja vaiheet (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 19.)

Kuvasta 5 nähdään, että toteutussuunnittelun aikana käynnistyy jo rakentamisvaihe. Kuvan 5 mukaan suunnittelua ja rakentamista valvotaan, jotta saadaan tavoitearvoja ja suunnitelmia vastaava rakennus. Terve talo -kriteerit ohjaavat laadukasta suunnittelua ja rakentamista. Kriteerit koskevat mm. hankesuunnittelu-, luonnossuunnittelu-, toteutussuunnittelu- sekä rakentamisvaihetta. Toteutussuunnittelussa otetaan huomioon mm. talotekninen sekä rakennussuunnittelu. (RT 07-10805 2003, 3–6.)

Huolellinen kokonaisuuden hallinta koskee koko rakennushanketta. Näin koko hankkeen ajan käytetään riittävää huomiota eri asioihin ja jokainen tunnistaa vastuunsa, jolloin mahdollisten virheiden korjaaminen on selkeämpää. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 13.) Mahdollisten virheiden takia aikataulu voi venyä, joka voi lisätä kosteusvaurioiden riskejä sekä nostaa kustannuksia. Huolellisen kokonaishallinnan takia jokainen tietää roolinsa hankkeessa, jolloin toiminta on selkeää.

Hankkeen alussa määritetään millainen ja minkä kokoinen rakennus rakennetaan selvittämällä tilaajan tarpeita. Samalla asetetaan tavoitteita suunnittelulle ja rakentamiselle. Tässä vaiheessa päätetään yleisellä tasolla, tullaanko projektissa noudattamaan Terve talo -kriteereitä. Rakennuttajan tai konsultin tehtävä on viedä Terve talo -kriteerit hankkeen erilaisiin asiakirjoihin kuten suunnitteluasiakirjoihin sekä urakkaohjelmaan. (RT 07-10805 2003, 3.)

Luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään ratkaisevia päätöksiä. Tällöin otetaan huomioon Terve talo -asiat ratkaisujen ja kustannusvaikutusten suunnittelussa. Suunnitelmat tehdään ottamalla huomioon sisäilmasto-, rakennusmateriaalien päästö- sekä rakennustöiden puhautusluokat. Rakennesuunnittelussa voidaan käyttää apuna rakennusten ja rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisiä suunnitteluluokkia. Luokan valinta perustuu tilojen ja rakenteiden vaatimuksen perusteella. (RT 07-10805 2003, 3–4.) Lämpö- ja kosteustekninen suunnitteluluokitus on kolmiportainen, joista RF3 on vaativin. Sitä käytetään vaativissa kohteissa, jolloin tehdään mm. paljon erilaisia analyysejä luokkien RF1 ja RF2 vaatimusten lisäksi. Luokka RF1 on suunnittelun perustaso. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 30.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa tehdään tarkennuksia suunnitelmiin, tavoitteisiin ja yksityiskohtiin sekä tehdään lopulliset suunnitelmat. Tällöin varmistetaan mm. sisäilmastotavoitteiden saavuttaminen ja, että lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu tehdään riittävässä määrin. Kosteushallintaan liittyviä asioita tehdään jokaisessa rakennushankkeen vaiheessa, jotta rakennuksesta tulee kosteusteknisesti toimiva (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 20). Toteutussuunnitteluvaiheessa muutosten tekeminen voi tulla kalliiksi, sillä rakentaminen yleensä alkaa jo toteutussuunnitteluvaiheen aikana.

Terve talo -kriteerien saavuttaminen sekä suunnitelmien toteutuminen vaativat, että toteutamisesta vastuussa oleva henkilö ymmärtää kriteerien merkityksen lopputuloksen kannalta. Kriteerien ymmärtäminen helpottaa toiminnan perustelua ja noudattamista. (RT 07-10805 2003, 3.)

4.2 Suunnitteluvaihe

Tulevaisuudessa Terve talo -rakentaminen muuttuu lähes nollaenergia talojen rakentamiseksi. Rakennusmääräysten avulla pyritään kehittämään uusien rakennusten energiatehokkuutta. Lähes nollaenergiatalot ovat nykyisempiä energiatehokkaampia, jolloin niiden kokonaisenergiankulutus on nykyisiä vaatimuksia vähemmän. Energiatehokkuuden nostamiseen on erilaisia keinoja. Energiatehokkuutta voidaan tavoitella uusiutuvan energian avulla tai parantamalla rakennuksen eristyksiä, mutta myös muita tapoja on.

Energiatehokkuutta voidaan tavoitella myös optimoimalla rakennusautomaation avulla taloteknisten järjestelmien toimintaa jo suunnitteluvaiheessa. Rakennusautomaation avulla voidaan optimoida esimerkiksi valaistusjärjestelmien sekä ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa esimerkiksi rakennuksen käyttöajan mukaan. Rakentamismääräysten mukaan rakennuksen käyttöaikana, sekä tuntia ennen ja tunnin ajan käyttöajan jälkeen käytetään mitoitusilmavirtoja. Käyttöajan ulkopuolella ulkoilmavirta täytyy olla vähintään 0,15 litraa sekunnissa neliometriä kohden. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi hygieniatilojen, kuten WC- ja suihkutilojen ilmanvaihdon kokoaikaisella toiminnalla tai käyttämällä koko ilmanvaihtojärjestelmää jaksottaisesti. (RakMK D3 2012, 18, 20.) Ilmanvaihtojärjestelmää voidaan ohjata käyttöaikana myös esimerkiksi sisäilman lämpötila- tai kosteusantureiden avulla, jotka ohjaavat ilmanvaihtojärjestelmän tehoa. Myös käyttöajan ulkopuolella anturit tarvittaessa tehostavat ilmanvaihtoa, mutta muuten ilmanvaihto on minimiteholla. Tällöin varmistetaan, että järjestelmät toimivat riittävän hyvin ja säästävät samalla energiaa. Tällä vaikutetaan samalla rakennuksen kunnon säilymiseen sekä elinkaareen.

Erittäin energiatehokkaan rakennuksen suunnittelussa otetaan huomioon kokonaisuuden energiatehokkuus. Tällaisen rakennuksen toteuttaminen vaatii panostusta jokaisessa rakentamisen vaiheessa ja rakentaminen perustuu laatuajatteluun. Energiansäästö tavoitteet voivat johtaa rakennuksissa paksuihin lämmöneristyksiin. Esimerkiksi seinä voi olla tulevaisuudessa 300–600 mm paksu riippuen käytetyistä materiaaleista ja rakenneperiaatteesta. Myös rakennuksen tiiveys on suurempi ja ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde voi olla korkeampi kuin nykyisten määräysten. (Sepponen et al. 2013, 11, 21–22, 25.) Kriteerien mukaan Terve talo -rakennuksen ilmanvuoto tulisi olla pienempi kuin 1,0 l/h (RT 07-10805 2003, 6). Taulukossa 2 esitetään yhden tutkimuksen ehdotuksia lähes nollaenergiatalon ja nykyisten rakentamismääräysten arvoja, joilla rakennuksia suunnitellaan.

Taulukko 2. Suunnitteluarvoja nykyisille rakennuksille sekä lähes nollaenergiatalolle (Sepponen et al. 2013, 22; RakMK D3 2012,10, 13.)

	Rakentamismääräykset	Lähes nollaenergiatalo
Yläpohjan lämmönläpäisyyluku [W/m ² K]	0,09	0,06–0,09
Alapohjan lämmönläpäisyyluku [W/m ² K]	0,09–0,17	0,1–0,15
Ulkoseinän lämmönläpäisyyluku [W/m ² K]	0,17	0,08–0,14
Ikkunan lämmönläpäisyyluku [W/m ² K]	1	0,7–0,9
Ulko-oven lämmönläpäisyyluku [W/m ² K]	1,8	0,6–0,8
Ilmanvuotoluku [l/h]	4	0,4

Taulukosta 2 nähdään, että lämmönläpäisyyluvut tulevat pieneneväksi. Taulukosta 2 nähdään myös, että rakennukset tulevat todennäköisesti olemaan tiiviimpiä kuin Terve talo -kriteereissä sanotaan. Paksumpien eristeiden ja rakenteiden suunnitteluun tulee kiinnittää huolellisuutta, jotta niistä tulee kosteusteknisesti toimivia. On todettu, että osa kosteusvaurioista johtuu riittämättömästä suunnittelusta tai suunnittelun aikana tapahtuneista virheistä. Tiiveys voi myös aiheuttaa kosteusongelmia, joita voidaan ehkäistä riittävän tehokkaalla ja tasapainoisella ilmanvaihdolla.

Kosteudenhallintaprosessi on katkeamaton ja tärkeä laadunhallintaprosessi, joka jatkuu koko suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden ajan. Sen avulla hallitaan rakennuksen kosteusteknisistä suunnittelua ja työmaan kosteusolosuhteita. Prosessin avulla varmistetaan kosteusteknisesti toimiva ja terve rakennus. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 19–20.) Terve talo -rakentamisessa on kyse kosteusteknisesti toimivasta rakentamisesta. Terve talo

-konseptin hankkeissa täytyy valita sellaisia materiaaleja, jotka kestävät sääsuojauksen avulla, sekä tärkeimmät ja vaativimmat rakennustekniset kohdat täytyy kosteustekniseltä toimivuudeltaan tarkastaa (RT 07-10805 2003, 6).

Kosteusriskiluokka muodostaa perustan pakolliselle kosteudenhallintasuunnitelmalle. Kosteusriskiluokan tavoite on saada hankkeen osallistujien riittävä huomio, hankkeen kosteusriskien selvittämiseen ja hallintaan. Riskiluokan valintaan vaikuttaa monet asiat esimerkiksi kuinka vaativa rakennus on suunnitella tai rakentaa. Vaativuuteen vaikuttaa myös rakennuksen käyttökä sekä sisäilmavaatimukset. Vaativimman luokan 3 mukaan rakennetaan haastavia rakennuksia, joiden suunnittelu, rakentaminen tai ylläpito on vaativaa sekä rakennukset, joissa on suuret kosteusrasitukset. Tällaisia rakennuksia ovat esim. uimahallit ja pakkasvarastot. Koulut ja päiväkodit sekä normaalia vaativammat kohteet rakennetaan luokan 2 mukaisesti, ja normaalit asuin- ja liikerakennukset tms. rakennetaan luokan 1 mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 29, 184–185.)

Kosteudenhallinta voidaan hoitaa normaalilla menettelyllä tai tehostetulla menettelyllä, joka on perusteellisempi. Kosteusriskiluokalle 1 valitaan yleensä normaalimenettely ja luokalle 3 tehostettu menettely, luokalle 2 näitä kahta menettely tapaa voidaan yhdistellä tarpeen mukaisesti. Hankkeessa, jossa sovelletaan normaalia menettelyä, tehdään rakennesuunnittelu RF1 tai RF2 suunnittelutasolla ja tehostetun menetelmän hankkeessa RF2 tai RF3 luokan tasolla. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 29, 31–32.) Kosteusriskiluokan valinta on pakollinen, mutta luokkaa ei erikseen määrätä Terve talo -kriteereissä. Luokan valintaan vaikuttaa vain hankkeen haastavuus.

Tehostetun kosteudenhallintamenettelyn mukaan suunnitelmat voidaan tehdä RF2 ja RF3 mukaisiin kohteisiin, jolloin voi olla syytä parantaa teknisen suunnittelun ja toteutuksen laatua. Laadun parantaminen koskee erityisesti rakennesuunnittelua ja piirustukset voidaan tarkistaa ulkopuolisen tahon toimesta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 32–33.) Terve talo -konseptin mukaisesti rakennettaessa voisi olla perusteltua tehdä suunnitelmat yhdistelemällä normaalia ja tehostettua käytäntöä, jolloin suunniteltaisiin vaatimuksia huolellisemmin. Tällainen yhdisteleminen voi olla perusteltua etenkin, kun rakennetaan lähes nollaenergiataloja.

Tärkeä osa Terve talo -konseptia on suunnitella toimiva ilmanvaihtojärjestelmä valitun luokan mukaisesti. Samalla muut suunnitelmat tehdään haluttujen tavoitetasojen mukaisesti. LVI-järjestelmää suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon rakennuksessa mahdollisesti olevat suuret lasipinnat ja ikkunat. Näistä pinnoista voi talvella aiheutua esimerkiksi vetoa, jolloin lämmitystä täytyy tehostaa pintojen lähellä. Kesäisin näistä pinnoista pääsee enemmän auringon valoa ja lämpöä sisälle, jolloin tiloja täytyy enemmän jäähdyttää. Nämä seikat voivat nostaa energiankulutusta merkittävästi.

Ilmanvaihtojärjestelmää suunniteltaessa on tärkeää optimoida tuloilman suodatus oikealle tasolle, koska tuloilman suodattaminen nostaa energiankulutusta. Suodatuksen tasoon täytyy kuitenkin kiinnittää huomiota, ottaen huomioon paikallinen ulkoilmanlaatu ja rakennuksen käyttötarkoitus. Terve talo -rakennuksessa, joka on rakennettu luokan S1 mukaisesti, täytyy käyttää suodatinta F8 ja luokan S2 mukaan vähintään F7 suodatinta (RT 07-10805 2003, 6).

Voidaan pohtia onko mahdollista suunnitella ja kehittää ilmanvaihtojärjestelmä, joka yhdistäisi koneellisen ilmanvaihdon sekä painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän. Yhdistelmää voitaisiin mahdollisesti käyttää S2 luokan Terve talo -konseptissa. Tällaista järjestelmää voitaisiin käyttää luonnollisena ilmanvaihtojärjestelmänä talvisin tai öisin, jolloin ilma vaihtuu hyvin ilman tiheyserojen avulla. Talvisin ja öisin, kun ilmanvaihtojärjestelmä on osateholla energiatehokkuuden vuoksi, voisi automaation avulla mitata ilman epäpuhtauksia. Tarvittaessa voidaan käynnistää koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä, jos epäpuhtauspitoisuudet nousevat liian korkeiksi. Vedon tunnetta voitaisiin välttää järkevällä suunnittelulla ja kehittämällä järkevä tapa ilman esilämmitykseen. Kesällä ilmanvaihto toimisi koneellisen ilmanvaihdon avulla.

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman suodattaminen olisi hankalaa, mutta pienien puhaltimien käyttö auttaisi. Puhaltimilla katettaisiin vain painehäviöt, joita mm. suodattimet aiheuttavat. Epäpuhtaudet poistuisivat rakennuksista lämmentyneen ilman mukana. Lämmitysjärjestelmänä olisi maalämpö, jonka avulla viilennys voitaisiin hoitaa lattiaviilennyksen avulla ja lämmitys talvisin lattialämmityksellä. Suurin ongelma olisi varmasti lämmöntalteenotto poistoilmasta, koska kesäisin sillä ei olisi järkevällä tavalla hyötykäyttöä, ja

talvisin luonnollisen ilmanvaihdon avulla sitä olisi vaikea ottaa talteen. Lämmöntalteenottoa voitaisiin yrittää suorittaa lämpöpumpun avulla, lämpöä voitaisiin hyödyntää puolilämpimien tilojen lämmitykseen. Näin energiatehokkuus nousisi. Haasteeksi muodostuvat kuitenkin luokituksen mukaiset ilmamäärät, tulevaisuuden energiasäädökset ja rakennusten tiiveys. Tällainen järjestelmä saattaisi kuitenkin olla toimiva ja terveellinen, joka soveltuisi korjausrakentamiseen. Järjestelmä saattaisi myös säästää sähköenergiaa ja vähentää kasvi-huonekaasupäästöjä.

4.3 Rakentaminen

Rakennushankkeen laatutekijöihin kuuluu, että hankkeen eri toimijoiden osaaminen on varmistettu (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 31). Tämä tarkoittaa, että Terve talo -työmaalla, täytyy kaikilla olla tieto Terve talo -kriteereistä ja niiden noudattamisesta. Kriteerien mukaisesti työmaahenkilökunnalle on järjestettävä tarvittaessa koulutusta Terve talo -periaatteista, sekä aliurakoitsijoiden motivoinnista ja riittävästä osaamisesta täytyy olla varmuus (RT 07-10805 2003, 7–8). Tällainen koulutus voi kuitenkin olla haastavaa, etenkin kiireellisissä tapauksissa.

Kosteusongelmat voivat johtua rakennusaikaisesta kosteudesta ja rakenteiden kastumisesta. Terve talo -rakentamisen hallinnan osalta on tärkeää suunnitella ja toteuttaa hyvin työmaan kosteudenhallinta. Kosteusongelmat voivat johtua myös kokonaisuuden hallinnan ongelmista. Terve talo -konseptin mukaan rakennettaessa lähes nollaenergiataloja, saattaisi olla järkevää valita normaalia korkeampi kosteusriskiluokka, jolloin toiminta työmaalla on myös tarkempaa. Tällöin käytettäisiin enemmän huomiota rakentamiseen ja Terve talo -tavoitteen saavuttaminen olisi todennäköisempää.

Kosteudenhallinnan tehostetussa menettelyssä työmaalla kuuluu mm. minimoida rakennusmateriaalien kastuminen kuljetuksen ja varastoinnin aikana sekä rakenteiden mahdollisimman kattava sääsuojaus. Sääsuojauksella voidaan estää materiaalien kastuminen, joka vähentää kuivatustarvetta sekä materiaalihukkaa. Suojausmateriaalien riittävyys on todella tärkeää riittävän suojauksen takaamiseksi. Rakennusmateriaalien toimittaminen oikeaan aikaan

työmaalle on tärkeää, jolloin voidaan vähentää riskiä materiaalien kastumiselle (Siikanen 2014, 78). Pienet rakennukset voidaan suojata lähes kokonaan ja suuretkin rakennukset voidaan suojata hyvin, vähintään kriittisimmiltä osilta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 35, 101–102.) Terve talo -kriteerien mukaan suunnitelmissa täytyy olla esitetty sääsuojauksen ja olosuhdehallintaan liittyvät periaatteet (RT 07-10805 2003, 6). Sääsuojauksella voidaan todennäköisesti parantaa työntekijöiden viihtyvyyttä, kun rakennus on suojattu. Näin myös työntekijöiden kastuminen ja mahdollisuus sairastua pienenee.

Rakenteita kuivatetaan ennen kuin ne päällystetään. Kuivattamisella pyritään estämään kosteusvaurioita, jotka johtuvat rakennekosteudesta. (Siikanen 2014, 78.) Kuivumista nopeutetaan tilan lämpötilaa nostamalla. Lämpötilan tulisi olla vähintään 20 °C. Loppusyksyllä ja keväällä voidaan tehostaa myös ilmanvaihtoa sekä tarvita ilmankuivaimia. Jos rakennuksen omaa lämmitysjärjestelmää ei voi käyttää lämmitykseen tai sen teho ei riitä, voidaan käyttää lisälämmityslaitteita. Heti kun lämmittäminen on aloitettu, tehdään ensimmäiset kosteusmittaukset. Seuraava mittaus tehdään vähintään kaksi viikkoa ennen päällystystöitä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2011, 104–107.)

Rakennusalan toimijoita voisi motivoida rakennusaikainen kosteudenhallinta paremmin, jos olisi tarkasti tutkittu sen rahalliset ja mahdollisesti muut positiiviset vaikutukset. Vaikka rakennuksen sääsuojaus aiheuttaa lisäkustannuksia, voidaan sillä säästää mahdollisista korjauskuluista minimoimalla riskit homeen kasvulle. Terve talo -kriteerien mukaan kosteudelle kriittiset työvaiheet täytyy tehdä nopeasti ja yhtäjaksoisesti, jolloin kuivatuksen tarve vähenee ja kosteusongelmien riski pienenee (RT 07-10805 2003, 8). Tällöin myös mahdollisten kosteusongelmien aiheuttamat terveyshaitat rakennuksen käyttäjille pienenevät.

Tulevaisuudessa paksumpien rakenteiden kuivatus vaatii enemmän aikaa ja energiaa, joten kuivatuksen kuluvan energian vähentämiseksi olisi järkevää tehostaa sääsuojauksia. Kuivatuksen onnistuminen korostuu lähes nollaenergia rakentamisessa ja etenkin tulevaisuuden Terve talo -rakentamisessa. Rakennepaksuuksien ja tiiveyden kasvaessa, on tärkeää, että rakenteet ovat mahdollisimman kuivia. Näin minimoidaan suuremmat kustannukset, jotka voivat aiheutua paksumpien eristeiden vaihtamisesta. Tiiveyden takia ilmanvaihtojärjestelmän huolellinen tasapainotus on tärkeää.

Terve talo -kriteerien mukaan työmaalle täytyy tehdä laadunvarmistussuunnitelma sekä aikataulu, jossa pysyminen on tärkeää, jotta Terve talo -hanke onnistuu. Aikataulussa esitetään selkeästi kriittiset työvaiheet ja puhtaussuunnitelma, ja siinä täytyy varata riittävästi aikaa tarvittaville toimenpiteille. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän viritykselle ja testaukselle täytyy jättää tarpeeksi aikaa. Urakkarajaliitteessä määritellään, kenen vastuulla on huolehtia ja valvoa mistäkin asiaa, jotta kaikkiin tavoitteisiin päästään. (RT 07-10805 2003, 5, 8.) Jotta jokainen tunnistaa vastuunsa, täytyy mahdollisten laiminlyöntien vaikutukset lopputulokseen tietää. Jokaisessa rakennushankkeessa tällainen on tärkeää, mutta rakennettaessa tietynlaisen konseptin mukaan, täytyy pitää huolta, että lopputulos on vaaditun mukainen.

Rakentamisen laatua edistää päivittäinen siivous P1 luokan mukaan, ja pölyä aiheuttavien työvaiheiden ajoittaminen oikein. Näissä työvaiheissa täytyy ottaa huomioon esimerkiksi ilmanvaihtotyöt ja ilmanvaihtotuotteiden varastointi. Ennen rakennuksen luovuttamista tehdään P1 luokan loppusiivous, joka käsittää koko rakennuksen. Siivous suoritetaan ylhäältä alas ja pinnat pyyhitään kostealla pyyhkeellä. (RT 07-10805 2003, 20.) Jokainen rakennus kannattaisi ennen käyttöönottoa siivota P1 luokan mukaisesti. Näin varmistetaan puhdas rakennus luovutushetkellä.

Rakennusvaiheessa rakennuksiin voidaan asentaa myös kalusteita. Toimistorakennuksissa olevista kalusteista saattaa haihtua kaasumaisia yhdisteitä. Tarvittaessa on suositeltavaa, että kalusteiden pakkausmateriaalit poistetaan mahdollisimman nopeasti. Tällöin pitää myös varmistaa, että ensimmäisen vuoden ajan rakennuksessa on ilmanvaihto päällä koko ajan. (RT 07-10805 2003, 17.) Ilmanvaihtojärjestelmän olisi myös hyvä olla päällä kaikissa rakennuksissa, joissa on paljon uusia kalusteita ensimmäisen vuoden ajan, ja riittävän suurella esim. käyttöajan teholla. Näin mahdollisesti haihtuvat yhdisteet eivät imeydy rakenteisiin kiinni. Samalla mahdollisesti edelleen haihtuva rakennekosteus saadaan pois. Tällainen toiminta antaisi hyvät lähtökohdat rakennuksen pitkälle elinkaarelle.

4.4 Käyttövaihe

Rakennusten käyttövaiheella on suuri merkitys kosteus- ja homeongelmien syntymiseen sekä energiatehokkuuteen. Erilaisten taloteknisten järjestelmien käyttöaikoja säätämällä sopiviksi voidaan säästää energiaa. Rakennuksen kunnolle on tärkeää, että käyttövaiheessa näitä järjestelmiä käytetään, säädetään ja huolletaan oikein.

Rakennukseen suunnitellun automaatiotekniikan avulla pidetään huolta rakennuksesta ja energiatehokkuudesta, mutta sitä pitää säätää ja käyttää oikein. Energiatehokkuuden lisäämiseksi esimerkiksi ilmanvaihto voidaan kytkeä osateholle käyttöajan jälkeen, mutta sisäilmastolle ja rakennuksen kunnolle tämä voi olla haitallista. Ilmanvaihdon ollessa osateholla voi sisätiloihin kertyä kosteutta esim. pyykin kuivattamisesta tai siivoamisesta. Sisäilmaan voi vapautua epäpuhtauksia myös rakenteista. On tärkeää säätää ilmanvaihto sopivaksi, jotta epäpuhtaudet saadaan pois energiatehokkuutta unohtamatta. Rakennusten automaatiotekniikan avulla saattaisi olla järkevää pitää ilmanvaihtojärjestelmiä päällä hetkittäin kaikissa tiloissa, eikä vain hygieniatiloissa, kuten WC- ja suihkutiloissa. Tällöin epäpuhtaudet eivät liikkuisi niin paljon rakennuksen sisällä. Toinen tapa on mitata epäpuhtauspitoisuuksia jatkuvasti, ja tehostaa tarvittaessa ilmanvaihtoa. Automaatiota voidaan käyttää hyväksi myös valaistuksen ja muun talotekniikan säätämiseen. Automaation käyttö säästäisi energiaa, mutta rakennuksen olosuhteet pysyisivät silti riittävän laadukkaina.

Terve talo -kriteerien mukaan ilmanvaihtoa voidaan säätää osateholle, mutta sen on oltava selkeästi käyttöaika pidempään käytössä. Ilmanvaihdon on käynnistyttävä vähintään kaksi tuntia ennen työajan alkamista sekä oltava päällä vähintään kaksi tuntia työajan jälkeen, jonka jälkeen se voi käydä osateholla. Käyttöajan ulkopuolella ilmanvaihtokoneen tulisi toimia vähintään 30 % teholla. (RT 07-10805, 9,17.) Tällainen kriteeri saattaisi olla järkevää ottaa käyttöön kaikissa rakennuksissa. Samalla otetaan huomioon sisäilman laatu sekä energiatehokkuus. Sisäilman laatua pidetään yllä hyvällä tuloilman laadulla.

Sisäilman laadun kannalta tuloilman suodattaminen on tärkeä asia rakennuksen käyttöaikana. Tuloilman suodattamisen avulla estetään ulkoilman epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin. Samalla suojataan myös ilmastointikonetta. Hyvän sisäilman ylläpito suodatuksen

avulla on työpaikoilla vuosittaisilta kustannuksiltaan paljon pienempi, kuin esimerkiksi henkilöstökustannukset. Kaksi kertaa vuosittain vaihdettavien suodattimien kustannukset ovat noin 50 euroa henkilöä kohti. Suodattimet lisäävät kuitenkin energiankulutusta niiden painehäviöiden takia. Ilmanvaihdon energiatehokkuus on riippuvainen painehäviöstä. Jopa 80 % ilman suodatuskustannuksista tulee energian lisääntyneestä tarpeesta. (Sandberg 2014b, 195–198.) Sisäilman suodattaminen on nousevista kustannuksista huolimatta perusteltua terveydellisistä syistä. Vuosittaiset maksut, jotka aiheutuvat suodattimien vaihdosta työpaikoilla työntekijää kohti, ovat lähes merkityksettömiä. Noussut työteho tai laskenut sairastelu voi pienentää kustannuksia, kun työn tuottavuus kasvaa. Rakennusten lisääntyntä energiankulutusta ja sen kustannuksia voidaan mahdollisesti kompensoida muilla tavoin, esimerkiksi parantamalla muuta tekniikkaa.

Terve talo -kriteerien mukaan rakennetuille rakennuksille tehdään huolto-ohje, missä kerrotaan esimerkiksi rakenteiden kunnan arvioinnista käytön aikana. Se sisältää myös ohjeita kosteusrasitusten seuraamiseen, sekä toimintaan mahdollisten vesivahinkojen tai alkavien kosteusongelmien ilmentyessä. Kriteerien mukaan huolto-ohjeessa täytyy ilmetä myös, kuinka usein ilmanvaihtojärjestelmä tarkistetaan ja huolletaan. (RT 07-10805 2003, 9.) Huoltokirja on hyvä työkalu, jonka avulla voi helposti seurata riittävän ylläpidon ja huollon toteutumista. Huoltokirjan noudattaminen johtaa järkevään ja suunniteltuun ylläpitoon, jolloin rakennuksen kuntoa seurataan riittävästi ja se pysyy hyvänä. Näin rakennuksen kunnosta on oikeanlainen käsitys.

Tekninen elinkaari perustuu huolelliseen ylläpitoon ja huoltoon. Korjausrakentaminen on kallista ja haastavaa, ja siihen pitää varautua taloudellisesti ennakkoon. Suuri osa kuntien rakennusten sisäilmaongelmista aiheutuu rakennusten kunnossapidon laiminlyönnistä. Kunnissa kiinteistöjen ylläpitoon ja ennakoiwaan huoltoon, jonka tarkoitus on varmistaa suunniteltu käyttöikä rakennukselle, vaikuttaa kunnan rahankäyttö. (Eduskunta 2012, 53–54.) Jos teknisestä elinkaaresta ei pidetä riittävän hyvää huolta, tulee korjausrakentaminen suunniteltua nopeammin ajankohtaiseksi.

Käyttö ja huolto sekä korjaaminen liittyvät sisäilmaongelmien ja kosteusvaurioiden syntymiseen. Vaikka uusille rakennuksille tehdään huoltokirja, niin kiinteistön omistajan täytyy

olla huolellinen, että sitä seurataan riittävällä tarkkuudella. Myös käyttäjien täytyy tietää toimintansa vastuu ja mahdolliset seuraukset. Yksityisten rakennusten omistajat vastaavat itse kiinteistönsä kunnosta, mutta valtion ja kuntien vastuulla on huolehtia esim. koulujen ja päiväkotien kiinteistöistä. Asunto-osakeyhtiöissä osakeyhtiö vastaa esimerkiksi lämmitys-, ilmanvaihto- ja viemärijärjestelmien ylläpidosta (L 22.12.2009/1599). Terve talo -rakentaminen sopii kunnille hyvin. Kunnat voivat käyttää konseptia esimerkiksi koulujen ja muiden toimitilojensa rakentamiseen. Jotta kuntien rakennukset pysyvät kunnossa, täytyy kuntien sitoutua pitämään näistä rakennuksista huolta. Terve talo -kriteereihin voidaan pohtia lisäyksiä, jotka koskevat mm. ilmanvaihto- ja automaatiojärjestelmiä sekä vesi- ja viemärijärjestelmien ylläpitoa. Näin voitaisiin mahdollisesti estää esimerkiksi putkivuotoja. Uusilla kriteereillä voitaisiin varmistaa riittävä ja huolellisempi ylläpito ja huolto.

Käyttövaihetta varten ilmavaihtojärjestelmän käyttäjiä ja huollosta vastaavia henkilöitä koulutetaan. Tällöin he ovat riittävän päteviä käyttämään järjestelmää, kun rakennus luovutetaan. (RT 07-10805 2003, 9.) Ilmanvaihtojärjestelmän käyttäjillä on suuri rooli ylläpidon onnistumisessa ja tilojen viihtyvyyden ylläpidossa.

4.5 Terve talo -konseptin ja rakentamisen kehittäminen

Tekesin Terve talo -konsepti on tällä hetkellä jo yli kymmenen vuotta vanha, mutta silti ei ole olemassa tilastoja siitä, kuinka paljon konseptia on käytetty. Sisäilman laatu on tärkeää ihmisille ja rakennuksille, että ne pysyvät kunnossa. Terve talo -rakentamisessa on paljon kriteereitä, mutta vaikka näitä kaikkia noudatettaisiin, on rakennuksen käyttäjällä vielä vastuu hyvästä ja vastuullisesta ylläpidosta. Näin rakennus myös pysyy terveenä ja käyttäjät tyytyväisinä. Hyvää ja vastuullista ylläpitoa edistäisi säännöllisesti tehty kuntoarvio. Kuntoarvion avulla saadaan ajantasainen tieto rakennuksen teknisestä kunnosta sekä energiatehokkuudesta (RT 18–11061 2012, 1). Näin korjaukset osataan kohdistaa oikein ja mahdollisesti ennakoita tulevia korjauksia.

Konseptin mukainen rakentaminen on kalliimpaa, mutta ei merkittävästi, etenkin jos rakennetaan S2 luokan mukaisesti. Konseptista on kuitenkin positiivisia kokemuksia ja lisääntynyt viihtyvyys sekä parantunut työteho kompensoivat suurempia kustannuksia. Lisäksi konseptin mukaisella rakentamisella voidaan ehkäistä korjaustarvetta ja pidentää näin rakennuksen elinkaarta. Laadukkaampien ja terveempien rakennuksien rakentaminen on välttämätöntä, jotta energiatehokkuus ja ympäristötehokkuus, sekä ihmisten terveys ja viihtyisyys paranevat. Tällainen laatuajattelu pitäisi olla erityisesti valtion ja kuntien rakentamisessa, koska niillä on vastuu monien kiinteistöjen kunnosta sekä terveellisyydestä.

Rakentamisen laatu paranisi ja rakennusten ikä olisi pidempi, jos Terve talo -kriteerit tulisivat yleisesti käyttöön rakennusteollisuudessa. Tällä hetkellä Terve talo -konsepti tuntuu vielä olevan melko tuntematon, mutta koulutuksen lisäämisellä siitä saataisiin varmasti tunnettumpi. Tällainen lisäisi melko varmasti Terve talo -tarjontaa asiakkaille ja konseptin mukainen rakentaminen tai sen osittainen soveltaminen lisääntyisi. Kriteereitä, jotka liittyvät työmaalla käyttäytymiseen ja kosteudenhallintaprosessiin, olisi järkevää toteuttaa kaikissa rakennushankkeissa.

Home- ja kosteusongelmat voivat johtua myös muista asioista, jotka eivät liity suunnittelu- tai rakentamisvaiheisiin. Esimerkiksi putkivuodoista, jotka saattavat olla pitkään piilossa. Kosteus- ja homeongelmien havaitsemiseen kannattaisi mahdollisesti käyttää enemmän tekniikkaa.

Energiatehokkuuden lisäksi täytyisi löytää sopivia keinoja sisäilma-asioiden ja rakennuksen kunnon huomioimiseen. Rakentamisen laatu paranisi varmasti jo viisaalla ohjauksella, sekä kiinnittämällä huomiota sisäilma-asioihin energiatehokkuuden lomassa. Tällaista ohjausta sekä osaamista voi edistää lisäämällä koulutusta kosteusteknisistä asioista kaikille rakennus- ja talotekniikan aloille. Ilmanvaihdon tärkeyttä rakennuksen kunnolle pitäisi korostaa enemmän, koska sillä on merkittäviä vaikutuksia kunnon säilymiselle.

Rakentamismääräykset, jotka koskevat kosteutta ja sen eristystä ovat peräisin vuodelta 1998 (RakMK C2 1998). Uusimalla näitä määräyksiä järkevällä tavalla, saataisiin laadukkaampaa rakentamista, joka kohdistuisi tämän hetken ongelmiin. Näin sisäilmaongelmien määrä ja

sen aiheuttamat ongelmat pienenisivät tulevaisuudessa. Uusiin määräyksiin voidaan soveltaa myös Terve talo -kriteereitä tärkeimmiltä osin. Myös muita kosteusteknisiä asioita koskevia ohjeita lisäämällä voidaan mahdollisesti vähentää kosteusongelmia.

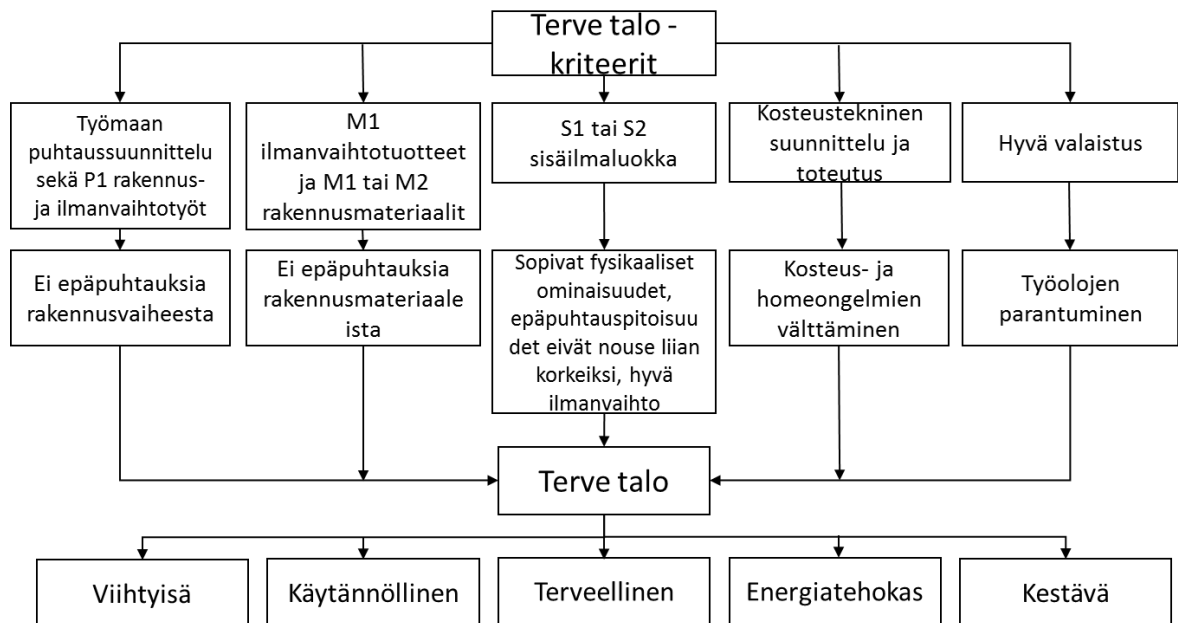
5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Terve talo -rakentamisessa keskitytään rakentamaan rakennus, joka on viihtyisä sekä turvallinen. Terve talo -rakennuksessa on hyvä sisäilmasto. Suunnittelussa ja rakentamisessa keskitytään kosteusteknisiin asioihin, joilla on suuria vaikutuksia sisäilmaongelmien syntymiseen. Terve talo -rakentamisprosessi on yhtäjaksoinen ja huolellisesti toteutettu hanke, jossa otetaan huomioon jokaisessa vaiheessa hyvän sisäilmaston ja kosteusteknisesti toimivan rakennuksen tavoitteet. Prosessin onnistumisen tärkeitä tekijöitä ovat Terve talo -kriteerien noudattaminen, huolellinen suunnittelu sekä osaavat ja motivoituneet ihmiset. Terve talo -rakentaminen ylittää rakennusmääräykset ja on laadultaan parempaa. Terve talo -kriteerit on hyödyllinen työkalu ja konsepti, jota kannattaa hyödyntää laadukkaassa rakentamisessa.

Monet asiat voivat aiheuttaa sisäilmaongelmia. Näitä ovat esimerkiksi rakentamisaikaiset virheet, puutteellinen suunnittelu tai käytönaikainen toiminta. Sisäilmastolle voivat aiheuttaa haittaa esimerkiksi rakennusaikana kostuneet rakenteet, huonosti säädetty ilmanvaihtojärjestelmä tai rakennusmateriaaleista peräisin olevat kaasumaiset päästöt. Päästöihin materiaaleista vaikuttaa rakennusmateriaalin puhtausluokitus, mutta myös sen käytetty määrä.

Suurimpia ongelmia sisäilmastolle ja ihmisten terveydelle aiheuttavat kosteusvauriomikrobit, jotka saattavat aiheuttaa astmaa sekä lisätä riskiä hengitysteiden tulehduksiin. On olemassa myös hiukkasmaisia sekä kaasumaisia epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat haittaa sisäilmanlaadulle ja ihmisten terveydelle. Kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet aiheuttavat mm. silmien ja hengitysteiden ärsyyntymistä. Sisäilmaston fysikaaliset ominaisuudet, kuten lämpötila ja kosteus, huonontavat viihtyvyyttä. Fysikaaliset ominaisuudet voivat pahentaa muiden epäpuhtauksien määrää ja niiden vaikutuksia. Sisäilmaston fysikaalisia ominaisuuksia voi huonontaa myös ihmiset ja kasvit, joista vapautuu mm. kosteutta sisäilmaan. Ihmisperäisten epäpuhtauksien mittari on hiilidioksidin määrä sisäilmassa.

Kosteusongelmien taustalla on usein rakennusaikainen materiaalien kastuminen, puutteellinen suunnittelu tai kokonaisuuden hallinta. Terve talo -kriteerien avulla näihin asioihin kiinnitetään enemmän huomiota. Tulevaisuudessa, kun rakennusten energiatehokkuuden vaatimukset kasvavat, tulee kiinnittää enemmän huomiota kosteustekniseen suunnitteluun sekä työmaan kosteudenhallintaan. Kuva 6 tiivistää tämän työn ja siinä esitetään Terve talo -rakennuksen muodostuminen.



Kuva 6. Terve talo -rakennuksen muodostuminen

Kuvasta 6 nähdään miten Terve talo -rakennus muodostuu sekä millaisia ongelmia voidaan välttää. Ongelmat vältetään Terve talo -kriteerien avulla, jotka luovat pohjan suunnittelulle ja rakentamiselle. Kriteereiden avulla päästään Terve talo -tavoitteeseen ja saadaan mm. terveellinen sekä energiatehokas rakennus.

Terve talo -rakentamisen keskeisessä asemassa on työmaan kosteudenhallinta ja rakenteiden säänsuojaus. Parhaiten rakennusmateriaalien kastumista voidaan välttää rakenteiden järkevällä ja oikea-aikaisella toimituksella. Oikea-aikaisella toimituksella minimoidaan aika työmaalla, jolloin materiaalit voivat kastua. Materiaalien on kuitenkin oltava työmaalla silloin, kun niitä tarvitaan, joten huolellinen työmaansäänsuojaus on tärkeää.

Oikein suunniteltu ja säädetty sekä oikealla tavalla ohjattu ilmanvaihtojärjestelmä on merkittävässä osassa rakennusten kunnon, viihtyvyyden ja energiatehokkuuden tekijänä. Ilmanvaihdon avulla saadaan pidettyä sisäilma laadukkaana ja terveellisenä sekä automaation avulla energiatehokkaana. Järkevintä olisi mitata epäpuhtauspitoisuuksia jatkuvasti ja pitää yllä minimi ilmanvaihtoa, sekä suurentaa ilmanvaihtojärjestelmän tehoa koko rakennuksessa ajoittain, jotta ilmanlaatu pysyy laadukkaana jatkuvasti.

Työn tuloksena voidaan todeta, että Terve talo -konseptin mukaisella rakentamisella voidaan vähentää ja mahdollisesti välttää kokonaan sisäilma- ja kosteusongelmien synnyttä. Rakentamisessa tulee seurata tavoitetasoja ja kriteereitä. Terve talo -rakennuksessa, joka on rakennettu paremman tason eli S1 tavoitetason mukaan, on varmasti viihtyisä ja hyvä sisäilmasto. S1 sisäilmaluokan mukaisessa rakennuksessa on yksilöllinen ja säädettävä sisäilmasto, eikä ylikuumenemista tapahdu.

Rakentaminen vaatii kuitenkin suurta huomiointia moneen eri asiaan ja optimointia, jotta rakennus olisi myös energiatehokas. Energiatehokkuuden ja sisäilmaston laadun korkea tavoittelu vaatii monien asioiden yhteen sovittamista ja huomioon ottamista. Terve talo -rakentamista pitäisi seurata jokaisella työmaalla, jotta tulos on toivotun kaltainen. Tärkeimpiä Terve talo -kriteerejä onnistumisen takaamiseksi on esitetty taulukossa 3. Näitä kriteerejä saattaisi olla järkevää käyttää kaikessa rakentamisessa.

Taulukko 3. Tärkeimpiä kriteerejä, joilla kosteus- ja homeongelmia voidaan vähentää

Kriteeri	Vaikutukset
Terve talo -tavoitteet asetetaan, suunnitelmat ja työt toteutetaan tavoitteiden mukaisesti.	Rakennuksesta tulee terve ja viihtyisä.
Motivoitunut henkilökunta, joka tiedostaa Terve talo -kriteerit ja kriteerien vaikutukset.	Riskit virheille pienenee ja elinkaari pitenee.
Työmaan aikataulu tehdään huolellisesti. Otetaan huomioon kriittiset työt, sekä puhtaus- ja kosteudenhallintasuunnitelma.	Haastaville töille varataan riittävästi aikaa. Rakennustyö etenee suunnitelmallisesti ja huolellisesti.
Tehdään tarkka kosteudenhallintasuunnitelma ja rakentamisen sääsuojaus.	Riski rakentamisen aikaisen kosteuden kertymiselle pienenee, kuivatusaikaan ja energiankulutukseen vaikutuksia.
Ilmanvaihtojärjestelmän huolelliselle säätötyölle ja toimintakokeille on riittävästi aikaa. Tehdään ennen rakennuksen luovuttamista. Automaatio on säädetty ja testattu.	Ilmanvaihtojärjestelmä toimii kuten suunniteltu ja on energiatehokas.
Ilmanvaihtojärjestelmä on tarvittaessa päällä koko ajan ensimmäisen vuoden ajan.	Kalusteista haihtuvat yhdisteet eivät imeydy rakenteisiin kiinni.
Ilmanvaihto on päällä kaksi tuntia ennen ja vähintään kaksi tuntia jälkeen rakennuksen käyttöajan.	Energiankulutus kasvaa, mutta sisäilman laatu pysyy parempana, turvaa rakennuksen kuntoa.
Rakennuksessa on ilmastoinnista vastaava henkilö, kenellä riittävä koulutus tehtävään ilmanvaihdon ja sisäilmaston osalta.	Ilmanvaihtoa säädetään ja huolletaan oikein. Ongelmien muodostuminen on epätodennäköisempää.

Tulevaisuudessa Terve talo -kriteereihin saattaisi olla järkevää tehdä muutoksia. Kosteusriskiluokkaa kannattaisi tutkimuksen mukaan nostaa lähes nollaenergiataloja rakennettaessa ja asettaa kriteeriksi. Kriteereihin saattaisi olla järkevää lisätä kosteustekniseen suunnitteluun vieläkin tarkempaa menettelyä, kun tiiveys ja energiatehokkuus kasvavat. Tällöin myös ilmanvaihtojärjestelmän toiminta korostuu entisestään. Terve talo -kriteereihin olisi syytä miettiä myös lisäyksiä, joiden avulla voidaan seurata rakennuksen kuntoa. Tärkeitä kohteita, joita tulee seurata, on ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus rakennusautomaation avulla, sekä lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmät. Nämä tulisi olla osana kaikkea uudisrakentamista. Tällaisia asioita voisi seurata kuntoarvioiden ja tekniikan avulla. Rakennuksen huoltokirjan, ennakoivan huollon ja laadukkaan ylläpidon avulla rakennus pysyy hyvänä ja terveenä, jolloin rakennuksen käyttäjät viihtyvät.

Yleisesti rakennusten käyttöönotossa kannattaisi käyttää ilmanvaihtojärjestelmää jatkuvasti käyttöönottovaiheen ajan. Järjestelmää olisi järkevää käyttää riittävällä teholla, joka voisi olla esim. jatkuvasti käyttövaiheen teho ja tarvittaessa suurempikin, vähintään ensimmäisen

vuoden ajan. Tällaisen tarkennuksen voisi tehdä myös Terve talo -kriteereihin. Näin saataisiin jokaisesta rakennuksesta materiaaleista haihtuvat osat poistettua sisäilmasta.

Tärkeimpiä kriteereitä kannattaisi ottaa käyttöön yleisesti rakennusteollisuudessa. Uusien rakennusmääräysten tekemisessä olisi järkevää käyttää hyödyksi tärkeimpiä kriteereitä, jolloin niistä tulisi pakollisia. Etenkin Terve talo -koulutus olisi viisasta järjestää jokaiselle, joka rakennusalalla työskentelee. Jokaisen tulisi hahmottaa rakennusten kosteustekninen toiminta ja oman toiminnan vaikutukset, rakennuksen oikeanlaiseen toimintaan. Kosteusteknisen koulutuksen lisäämistä kaikille talo- ja rakennustekniikan opiskelijoille olisi järkevää, jolloin kosteustekninen osaaminen lisääntyisi ja kosteusongelmat saattaisivat vähentyä. Ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelijoiden, asentajien sekä ylläpitohenkilökunnan tulisi olla tietoisia ilmanvaihtojärjestelmän tärkeydestä, ja sen vaikutuksista rakennuksen toimintaan ja kuntoon.

Terve talo -rakentamisen lisääminen ja satsaaminen parempaan sisäilmaan olisi järkevää. Tällöin työn tuottavuus nousisi sekä terveysvaikutusten kustannukset laskevat ja korjausten tarve saattaisi vähentyä. Terve talo -sertifikaattia ei ole olemassa, mutta sellainen olisi mahdollisesti järkevää tehdä, jotta tällainen rakentaminen yleistyisi ja rakennusten sisäilma-asioiden huomioiminen korostuisi entistä enemmän. Sertifikaatti voisi olla voimassa määrätyn ajan, ennen kuin se pitää uusia tarkastamalla järjestelmät sekä rakennuksen kunto. Terve talo -konseptin mukainen rakentaminen ei ole merkittävästi kalliimpaa verrattuna vaadittuun rakennustasoon, mutta hyvä sisäilma saattaisi parhaimmillaan nostaa rakennuksen arvoa.

Olisi hyvä selvittää kuinka paljon on rakennettu Terve talo -konseptin avulla. Tämän avulla voidaan myös saada selville, millaisia ovat Terve talo -konseptin suurimmat ongelmat. Tulevaisuudessa olisi järkevää tutkia käytännössä, kuinka paljon kunnollisella sääsuojauksella voidaan säästää aikaa ja energiaa. Myös sääsuojauksen vaikutuksia sisäilmaongelmien syntymiseen pitkällä aikavälillä olisi syytä tutkia.

6 YHTEENVETO

Sisäilma- ja kosteusongelmat ovat olleet Suomessa jo pitkään esillä, ja niitä on tutkittu paljon. Tutkimuksia ovat tehneet monet eri tahot, ja tutkimus jatkuu edelleen. Suomen kansallisvarallisuudesta todella merkittävä osa on sidottu erilaisiin kiinteistöihin. Sisäilmaongelmat aiheuttavat haittaa ihmisten terveydelle sekä heikentävät työn tehokkuutta. Näiden asioiden takia on perusteltua selvittää, miten sisäilmaongelmia voidaan hallita.

Tässä kandidaatintyössä tutkittiin sisäilmaongelmien hallintaa Terve talo -rakentamisella. Työn tavoitteena oli selvittää sisäilmaongelmien lähteitä sekä tutustua Tekesin Terve talo -konseptiin ja sen mukaiseen rakentamiseen. Tavoitteena oli myös löytää rakentamisen erilaisia ongelmakohtia, joista sisäilmaongelmat voivat johtua ja verrata ongelmakohtien syntymistä Terve talo -kriteereihin. Kriteerien avulla selvitettiin ja pohdittiin, voidaanko niillä välttää sisäilmaongelmien syntymistä. Työssä käytettiin pääasiassa toimitilarakentamisen Terve talo -kriteereitä. Työ oli kirjallisuustyö, ja siinä käsiteltiin vain uudisrakentamista.

Terve talo -konsepti valmistui vuonna 2003. Terve talo -konseptin rakentamisessa huomioidaan erityisesti asiat, jotka vaikuttavat ihmisten viihtyvyyteen ja terveyteen. Huomion keskipisteenä on sisäilmaston laatuun ja kosteusteknisiin asioihin vaikuttavat tekijät. Kriteerien avulla, jotka kattavat koko rakennushankkeen elinkaaren, saavutetaan puhdas ja teknisesti toimiva rakennus. Terve talo -kriteerit, jotka koskevat uudisrakentamista, tehtiin toimitilasekä asuntorakentamiselle. Kriteereitä voidaan soveltaa osittain myös korjausrakentamiseen.

Sisäilmastolle ja viihtyvyydelle haittaavia tekijöitä voivat olla erilaiset epäpuhtaudet tai fyysiset tekijät. On olemassa kaasumaisia, hiukkasmaisia sekä biologisia epäpuhtauksia ja kuituja. Kaasumaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi hiilidioksidi, formaldehydi ja radon. Hiilidioksidia pidetään indikaattorina, joka kertoo tilan ihmisperäisestä epäpuhtaudesta. Hiukkasmaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi alle 10 µm:n hiukkaset. Sisäilman kuidut voivat olla mm. mineraalivillaa tai asbestia. Asbesti on vaarallista ihmisen terveydelle, koska se ei tule hengityselimistä pois sinne joutuessaan, vaan jää sinne. Biologisia epäpuhtauksia ovat erilaiset virukset, bakteerit sekä allergeenit. Myös kosteusvauriomikrobit ovat biologisia epäpuhtauksia. Sisäilmaston fyysiset ominaisuudet voivat aiheuttaa haittaa ihmisten

viihtyvyydelle, mutta myös vaikuttaa esimerkiksi kemiallisten epäpuhtauksien pitoisuuksiin. Tärkeimpiä asioita, jotka näihin asioihin vaikuttavat, ovat lämpötila ja kosteus.

Sisäilmaston epäpuhtaudet voivat aiheuttaa ihmisen terveydelle haittaa. Oireita voivat olla esimerkiksi ihon kutina, ja silmien tai hengitysteiden ärsytys. Hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja kuidut voivat olla peräisin rakennuksen tai putkien eristyksistä, ja kemialliset epäpuhtaudet voivat haihtua mm. laminaateista tai liimoista. Hiilidioksidi on ihmisperäistä ja radon voi olla peräisin esim. maaperästä tai betonirakenteista. Kosteusvauriomikrobit johtuvat rakennuksen kosteusvaurioista, mikrobit lisäävät mm. hengitystiesairauksien riskiä.

Kosteusvauriot johtuvat rakenteiden pitkäaikaisesta kastumisesta. Kosteus- ja homeongelmat voivat johtua monesta erilaisesta asiasta. Ne voivat syntyä rakentamisvaiheessa tai rakennuksen käyttöaikana. Yleisimpiä syitä, miksi kosteus- ja homeongelmia syntyy, ovat esimerkiksi riittämättömästä rakentamisen sääsuojauksesta tai heikosta kokonaishallinnasta. Muita syitä voi olla mm. riittämätön suunnittelu sekä putkivauriot käyttöaikana.

Epäpuhtauksia voidaan poistaa tehokkaasti hyvän ilmanvaihdon avulla. Näin ne eivät jää sisätiloihin, eivätkä välttämättä imeydy rakenteisiin haihtuen myöhemmin takaisin sisäilmaan. Ilmanvaihdon oikeanlainen säätö ja toiminta, on tärkeää sisäilman kannalta, koska rakennus ei saa olla liian ali- tai ylipaineinen. Näin rakennukseen ilma tulee ja poistuu oikealla tavalla.

Rakennuksen elinkaari on pitkä, sen käyttövaihe voi olla 50–200 vuotta. Ennen tätä rakennusta on jo suunniteltu ja rakennettu vähintään vuosi. Suunnitteluvaihe on moniosainen ja sitä edeltää rakennuksen tarveselvitys. Suunnittelussa ja rakentamisessa otetaan huomioon tavoitteet, jotka rakennuksen halutaan saavuttavan. Rakennukselle tehdään myös huoltokirja, jotta rakennus pysyy hyvänä ja terveellisenä. Huoltokirjassa on ohjeita rakennuksen huoltoa ja kunnossapitoa varten. Huoltokirjan, sekä laadukkaan ylläpidon ja ennakkoinnin avulla rakennus pysyy hyvänä sen elinkaaren ajan.

Terve talo -kriteereitä seurataan koko hankkeen ajan, kriteereitä on myös huoltokirjaa varten. Kriteereiden avulla pyritään estämään kosteusvaurioiden syntyminen rakennuksen

suunnittelun, rakentamisen tai käytön aikana. Kriteereillä ja konseptin mukaisella rakentamisella, pyritään hallitsemaan sisäilmaongelmien syntymistä.

Työ osoitti, että Terve talo -konseptin kriteereiden hyödyntämisen avulla voidaan mahdollisesti estää sisäilmaongelmien syntymistä. Konsepti ei ole riittävän tunnettu, joten Terve talo -koulutusta saattaisi olla järkevää lisätä. Tärkeimpiä kriteereitä kannattaisi ottaa käyttöön yleisemmin rakennusteollisuudessa ja lisätä ne rakentamismääräyksiin. Työssä kävi ilmi ilmanvaihtojärjestelmän tärkeys rakennuksen kunnan kannalta. Kosteus- ja homeongelmien syntymisen ennaltaehkäisyn kannalta olisi järkevää lisätä kosteusteknistä koulutusta kaikille eri oppilaitosten talotekniikan ja rakentamisen koulutusohjelmiin.

Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa täytyy huomioida monta asiaa. Tulevaisuudessa rakennusten energiatehokkuus kasvaa, mutta sisäilmaongelmien määrä ei saisi lisääntyä. Rakentamiseen ja kosteustekniseen toimintaan täytyy kiinnittää erityistä huomiota. Tämän takia energiatehokkuuden ja riittävän hyvän sisäilmanlaadun ylläpito vaatii optimointia sekä huolellista suunnittelua ja ylläpitoa.

LÄHTEET

A 1.6.2015/216. Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä. Ympäristöministeriö. Voimaantulopäivä 1.6.2015.

Asumisterveysopas. 2009. Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n op-paita 2003:1) soveltamisopas. 3. Painos. Vaasa: Ympäristö- ja Terveys lehti. 200 s. ISBN 978-952-9637-38-6.

Eduskunta. 2012. Rakennusten kosteus ja homeongelmat. 1. Painos. Espoo: Kopijyvä Oy. 207 s. ISBN 978-951-53-3455-8. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 16.1.2016]. Saatavilla: https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf

Fisk, William J.; Ekaterina, A. Eliseeva, Mendell, Mark. J. 2010. Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a Meta Analysis. Environmental Health 9.

Honkarakenne Oyj. 2016. Honka Terve Talo. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.3.2016]. Saatavilla: <http://www.honka.fi/honka-terve-talo>

Korhonen Heikki, Lintunen Martti. 2003. Hyvä sisäilma. Helsinki: Oy Like Kustannus Ltd. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. 109 s. ISBN 952-471-156-7.

L 22.12.2009/1599. Asunto-osakeyhtiölaki. Eduskunta. Oikeusministeriö. Voimaantulopäivä 1.7.2010.

L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Eduskunta. Ympäristöministeriö. Voimaantulopäivä 1.1.2000.

L 738/2002. Työturvallisuuslaki. Eduskunta. Sosiaali- ja terveysministeriö. Voimaantulopäivä 1.1.2003.

RakMK A4. 2000. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje 2000. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

RakMK C2. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

RakMK D2. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

RakMK D3. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Rantama Markku et al. (toim.). 2003. Terve talo- teknologiaohjelma 1998- 2002. Tekes. 122 s. ISBN 952-457-109-9. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 30.12.2016]. Saatavilla: http://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/terve_talo.pdf

RT 07-10805. 2003. Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle. Rakennustieto Oy. 20 s.

RT 07-10832. 2004. Terveen talon toteutuksen kriteerit, Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle. Rakennustieto Oy. 20 s.

RT 18-11061. 2012. Kiinteistön kuntoarvio, Kuntoluokan määräytyminen. Rakennustieto Oy. 12 s.

Sandberg Esa (toim.). 2014a. Ilmastointitekniikka osa 1: Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, Perustietoa ilmastointitekniikasta rakentamisen ja rakennusten käytön asiantuntijoille. Työryhmä: Heinonen Jarkko et al. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 415 s. ISBN 978-952-99770-6-2.

Sandberg Esa (toim.). 2014b. Ilmastointitekniikka osa 2: Ilmastointilaitoksen mitoitus, Opastusta sisäilmaston, ilmastointilaitoksen järjestelmien, tilailmastoinnin, kanavistojen, koneiden sekä jäähdytys- ja rakennusautomaatiojärjestelmien suunnitteluun ja mitoitukseen.. Työryhmä: Heinonen Jarkko et al. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 647 s. ISBN 978-952-99770-7-9.

Sepponen Mari et al. 2013. Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. Lahti: Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. 49 s. ISBN 978-952-11-4123-2. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.3.2016]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41558/ARARA_2_2013_Lahes_nollaenergiatalon_suunnittelu.PDF?sequence=1

Seppänen Olli et al. (toim.). 1997. Tavoitteena Terve Talo. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy, Sisäilmayhdistys ry. 113 s. ISBN 951-97186-8-0.

Siikanen Unto. 2014. Rakennusfysiikka, Perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy. 256 s. ISBN 978-952-267-001-4.

Sisäilmastoyhdistys ry. 2016. Terveelliset tilat, kemialliset epäpuhtaudet. [Verkkosivu]. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Sisailmasto/Kemialliset-epapuhtaudet>

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 1. Painos. Espoo: Sisäilmayhdistys ry. 43 s. ISBN 978-952-5236-34-X.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2011. 250 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 243 s. ISBN 978-951-758-537-8.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. 216 Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 238 s. ISBN 978-951-758-556-9.

Työterveyslaitos. 2016. Sisäilmaongelmien ennaltaehkäisy elinkaarimallia käytettäessä ja energiatehokkuutta tavoiteltaessa (SEEK). [Verkkosivu]. [Viitattu 31.3.2016]. Saatavissa: <http://www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/tyoymparisto/sisailmaonelmien%20ennaltaehkaisy%20elinkaarimallia%20kaytettaessa/Sivut/default.aspx>

2010/31/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19. päivänä toukokuuta 2010 rakennusten energiatehokkuudesta.