

Henri Toivonen

Kosteus- ja homeongelmien riskienhallinta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

29.4.2015

Tekijä(t) Otsikko	Henri Toivonen Kosteus- ja homeongelmien riskienhallinta
Sivumäärä Aika	63 sivua + 3 liitettä 29.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennustuotantotekniikka
Ohjaaja	Yliopettaja Mika Lindholm, Metropolia AMK
<p>Opinnäytetyö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia kosteusriskienhallintaa rakentamishankkeessa. Opinnäytetyö keskittyy pääosin uudisrakentamiseen. Opinnäytetyössä käytiin myös läpi riskienhallinnan perusteita ja toimintaa.</p> <p>Tavoitteeseen kuului määrittää tyypillisimmät kosteustekniset riskit rakentamisessa. Opinnäytetyö selvittää eri rakennushankkeen vaiheille ominaisimmat kosteustekniset riskit. Lisäksi tutkimuksessa tutkittiin tyypillisimpien kosteusvaurioiden aiheuttamia terveyshaittoja.</p> <p>Opinnäytetyössä esitettiin tyypillisempien kosteusvaurioiden syntymekanismit ja niiden taustalla olevat fysikaaliset ilmiöt.</p> <p>Opinnäytetyössä käydään rakennushankkeen eri vaiheet läpi kosteusteknisestä näkökulmasta, ja esitetään ehdotuksia toiminnan toteuttamiseen vaiheittain, jotta rakentaminen olisi kustannustehokasta ja kosteusteknisesti toimivaa ja turvallista.</p> <p>Tuloksena opinnäytetyöstä saadaan esitys tämän hetkistä ongelmista kosteudenhallinnassa rakennustuotannossa ja mahdolliset ratkaisut näihin ongelmiin. Lisäksi opinnäytetyön lopputulokseen kuuluu kosteusriskimittari, jolla voidaan arvioida kosteusriskejä uudisrakentamisessa.</p>	
Avainsanat	Kosteus, home, riskit, suunnittelu, tuotanto, terveys

Author(s) Title	Henri Toivonen Risk Management in Moisture and Mould Cases
Number of Pages Date	63 pages + 3 appendices 29 April 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Construction and Site Management
Instructor(s)	Mika Lindholm, Metropolia UAS
<p>This thesis was made for Metropolia University of Applied Sciences. The objective of this thesis was to examine risk management in construction, with the focus being on risks relating to moisture and mould issues. The thesis focuses mainly on new construction. Furthermore, this thesis presents the basics of risk management and its applications.</p> <p>The aim of this thesis was to list the most common causes and risks for mold and moisture damages in construction. The thesis examines the different risks associated with the different phases of construction from planning to production to utilization. In addition, this thesis assesses the different health hazards associated with mould and moisture damage.</p> <p>This thesis examines the causes of the most typical damages caused by moisture and mould and explains the physical phenomena behind the damages.</p> <p>This thesis assesses the problems set forth by each individual phase of construction and presents suggestions and plans of action to help minimize the associated risks and ensure a dry, mould-free and cost-effective execution of the construction project.</p> <p>The result of this thesis is a presentation of the most common problems with moisture and mould in construction today and suggestions for combating the said problems. In addition, a risk management tool was made to help with risk management regarding moisture and mould issues during a construction project.</p>	
Keywords	Mould, moisture, risk management

Sisällys

Lyhenteet ja selitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimukset taustat ja tavoitteet	1
1.2	Menetelmät	1
2	Riskienhallinta	2
2.1	Riskienhallinnan perusteet	2
2.2	Riskienhallinnan periaatteet	4
2.3	Riskienhallinnan perusmenetelmiä ja työkaluja	5
2.3.1	Potentiaalisten ongelmien analyysi (POA)	5
2.3.2	Toimintovirheanalyysi (TVA)	7
2.3.3	Tarkistuslista (avainsanalizat)	8
3	Merkittävät kosteus- ja homeongelmariskit	9
3.1	Kosteudenhallinnan perusongelmat	9
3.2	Kosteusriskien synty	10
3.3	Kosteusvaurion aikaan saavat tekijät	11
3.4	Kosteustekniset riskitekijät	13
3.4.1	Veden siirtyminen painovoiman vaikutuksesta	13
3.4.2	Kapillaarikosteus	14
3.4.3	Diffuusiokosteus	15
3.4.4	Vesihöyryn konvektio	17
4	Kosteus- ja homeongelmien vahingot ja terveyshaitat	18
4.1	Kosteus- ja homeongelmien terveysvaikutuksia	18
4.2	Piilevien kosteusvaurioiden selvittäminen	20
4.2.1	Kosteus- ja homevaurion tunnistaminen	22
4.3	Rakenteiden mikrobivauriot	22
4.3.1	Vesivahingot	24
4.3.2	Mikrobit ja niistä aiheutuvat terveysongelmat	24
4.4	Kosteus- ja homeongelmien taloudellinen ja yhteiskunnallinen merkitys	25
5	Kosteus- ja homeongelmien vähentäminen uudisrakentamisessa	27

5.1	Suunnitteluratkaisut	27
5.2	Tuotannon toteutus	28
5.3	Ylläpito	28
5.4	Kosteudenhallinnan suunnittelun aihealueet	29
5.5	Hometalkoot	32
5.6	Kosteudenhallinta YSE:ssä	32
6	Kosteudenhallinnan toteutus rakennushankkeen eri vaiheissa	33
6.1	Hankesuunnitteluvaihe	34
6.1.1	Rakennuksen lämpö- ja kosteustekninen suunnitteluluokka	35
6.1.2	Hankeaikataulun laadinta	37
6.2	Suunnitteluvaihe	39
6.2.1	Kosteusteknisesti turvallinen rakennesuunnittelu	40
6.2.2	Rakennusfysiikan simulaatiot	41
6.3	Rakennusvaihe	42
6.3.1	Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma	46
6.3.2	Työmaan kosteusriskien hallinta	49
6.3.3	Rakennustyömaan olosuhteet	50
6.3.4	Rakennustyömaan olosuhteiden hallinnan suunnittelu	52
6.3.5	Rakennusprosessin kosteuslaatuluokitus	55
7	Johtopäätökset	56
7.1	Ongelmat rakentamisessa kosteusteknisestä näkökulmasta	56
7.2	Suositukset ja toimintatapaehdotukset	57
7.2.1	Riskianalyysimenetelmien soveltaminen kosteudenhallinnassa	58
7.3	Kehitysehdotukset ja jatkotoimenpiteet	59
8	Yhteenveto	60
	Lähteet	62
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkki kosteudenhallintasuunnitelman sisällöstä	
	Liite 2. Kosteusriskimittari	
	Liite 3. Kosteuslaatuluokituksen kriteerit	

Lyhenteet ja selitteet

Diffuusio	Kosteudensiirtymismuoto, jossa kosteus siirtyy rakennetta pitkin.
Homevaurio	Liiallisesta kosteudesta aiheutuva rakenteessa olevan mikrobivaurio.
Itiö	Aitotumallisten eliöiden, esimerkiksi homesienen, mikroskooppisen pieni lisääntymisosa.
Kapillaari-ilmiö	Maaperän huokosissa ylöspäin kulkeutuva vesi, joka voi aiheuttaa kosteusvaurion rakennuksen perustuksissa.
Konvektio	Kosteudensiirtymismuoto, jossa kosteus siirtyy ilman mukana.
Kosteudenhallinta	Prosessi, jossa pyritään minimoimaan rakenteisiin kohdistuvan kosteuden määrää.
Kosteuslaatuluokitus	Rakennukselle sen valmistumisvaiheessa annettava luokitus, joka kertoo rakennuksen kosteuslaatuluokituksen. Verrattavissa energiatodistukseen.
Kosteusvaurio	Veden tai kosteuden aiheuttama rakenteellinen vaurio.
Mikrobi	Mikroskooppinen pieneliö, joita on joka puolella. Mikrobi on laaja nimitys viruksille, bakteereille, sienille, leville ja alkueläimille.
Nollaenergiatalo	Rakennus, joka tuottaa vuositalolla saman määrän energiaa kuin se kuluttaa.
Passiivienergiatalo	Rakennus, joka ei tarvitse lämmitys- tai jäähdytysenergiaa.

POA	Potentiaalisten ongelmien analyysi. Riskienhallintamenetelmä, jota voidaan hyödyntää mm. kosteudenhallinnassa.
Rikkivety	Myrkkykaasu, jota saattaa syntyä mm. kemiallisessa reaktiossa kosteusvaurion aikaansaamana.
Riski	Hankkeen toteutumista ja toteuttamista häiritsevä tekijä, jonka vaikutus vaihtelee hankkeen luonteesta ja vaiheesta riippuen.
Riskimittari	Työkalu, jolla voidaan arvioida ja hallita riskejä.
Riskirakenne	Rakennuksen osa, jolla on suuri todennäköisyys vaurioitua kosteudesta.
Tarkistuslista	Riskienhallintamenetelmä, jota voidaan hyödyntää mm. kosteudenhallinnassa. Tunnetaan myös nimellä avainsanalistat.
TVA	Toimintovirheanalyysi. Riskienhallintamenetelmä, jota voidaan hyödyntää mm. kosteudenhallinnassa.

1 Johdanto

1.1 Tutkimukset taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehdään Metropolia Ammattikorkeakoululle. Kosteus- ja homeongelmat ovat merkittävä ongelma rakennusosalalla ja niistä aiheutuu vuosittain merkittävät kustannukset ja haitat ihmisten terveydelle. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää rakentamishankkeen kosteusriskien hallintaa ja laatia toimintaehdotus kosteusteknisesti toimivan rakentamisen toteuttamiseen. Opinnäytetyö antaa ohjeita hankkeen eri vaiheiden toiminnalle, joilla voidaan parantaa rakentamisen ja ylläpidon kosteudenhallintaa.

Tutkimus on pääosin rajattu koskemaan vain uudisrakentamista, mutta myös jo rakennettujen talojen kosteus- ja homeongelmia selvitetään.

Tutkimus selvittää tyypillisimmät kosteusriskit rakentamisessa ja niiden taustalla olevat rakennusfysikaaliset ilmiöt. Lisäksi tutkimuksessa käsitellään yleisimmät kosteus- ja homeongelmista johtuvat terveyshaitat ja niiden synty.

1.2 Menetelmät

Tämä opinnäytetyö toteutetaan tutustumalla alan kirjallisuuteen ja julkaisuihin sekä sähköisiin lähteisiin. Eri lähteistä muodostetaan rakennushankkeen eri vaiheet kattava menettelytapaohje, joka neuvoo kosteusteknisesti oikeaoppisen rakentamisen ja ylläpidon toteutuksessa.

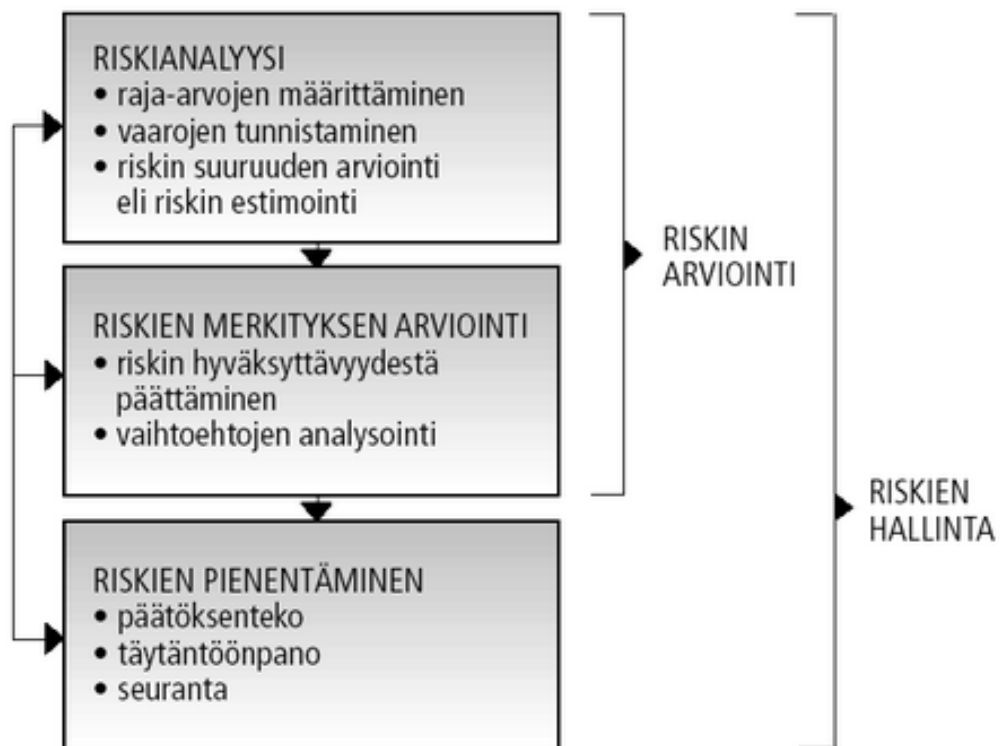
Opinnäytetyön aikana myös haastateltiin Metropolia Ammattikorkeakoulun yliopettajia Kari Suvantoa ja Hannu Hakkarasta, jotka opastivat lähdemateriaalin hankinnassa ja työn tekemisessä.

Lisäksi opinnäytetyön osana laaditaan kosteusriskimittari, jota voidaan hyödyntää uudisrakentamisessa ilmenevien kosteusriskien arvioinnissa ja hallinnoinnissa.

2 Riskienhallinta

2.1 Riskienhallinnan perusteet

Riskienhallinnalla tarkoitetaan prosessia, jolla pyritään tunnistamaan vaaroja, häiriötekijöitä ja ongelmia, joilla on vaikutusta sekä projektin toteuttamiseen että projektin kohteen tai koko hankkeen kannalta. Tunnistettavat riskit voivat olla luonteeltaan erilaisia; turvallisuutta uhkaavista aina teknisiin, toiminnallisiin tai taloudellisiin riskeihin. Riskienhallinnan piiriin kuuluu myös toimenpiteet ja menetelmät, joilla havaittuja riskien vaikutusta pyritään vähentämään tai ehkäisemään kokonaan (kuva 1).^{1,2}



Kuva 1. Riskienhallinnan osa-alueet [Lähde: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/riskienarviointi>, luettu 27.3.2015]

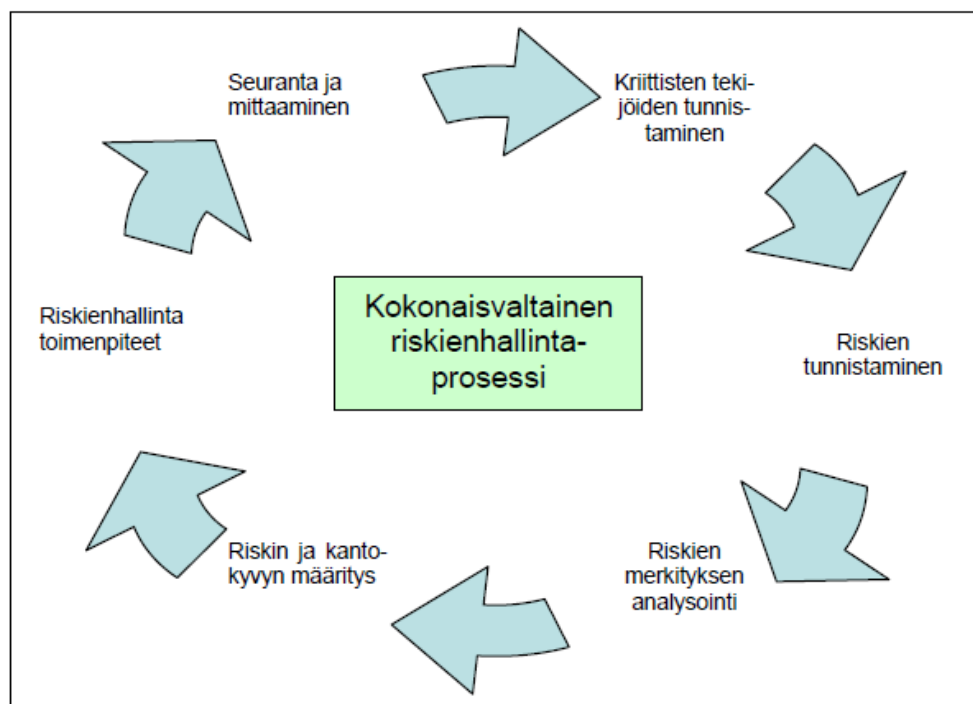
¹ Liikennevirasto, 2011, Ohje riskienhallinnan menetelmistä, s. 8.

² Tiehallinto, 2008, Riskienhallinta rakennushankkeissa osana turvallisuuden varmistamista 38/2008, s. 13.

Riskienhallinta on suunnitelmallinen ja tietoinen prosessi toimintaa tai toimintaympäristöä uhkaavien riskien tunnistamiseksi, arvioimiseksi ja hallitsemiseksi. Kokonaisvaltainen riskienhallinta kattaa kaikki toimintaan liittyvät riskit ja ongelma-alueet.¹

Riskienhallinta alkaa riskien tunnistamisesta (kuva 2). Riskien tunnistamiseen on mahdollista käyttää eri menetelmiä kohteesta ja sen ominaisuuksista riippuen. Riskien hallitsemisella tarkoitetaan riskiin reagoititapaa. Nämä tavat ovat poistaminen, jakaminen, välttäminen, pienentäminen, siirtäminen ja pitäminen. Riskin luonne ja vakavuus määrittävät tapauskohtaisesti sopivan reagoititavan.²

Olennainen osa riskienhallintaa on parannustoimien tekeminen ja kehittäminen, niiden vaikutusten seuraaminen ja säännöllisesti toteutettavat riskiarvioinnit. Riskienhallintaprosessissa tärkeää on riskienhallinnan jatkuva ylläpitäminen ja kehittäminen, kuten riskienhallinnan organisointi, käytännön toimenpiteistä päättäminen, resurssien varaaminen sekä toiminnan seuranta.³



Kuva 2. Kokonaisvaltainen riskienhallintaprosessi. [Lähde: , Tiehallinto, 2008, Riskienhallinta rakennushankkeissa osana turvallisuuden varmistamista, 38/2008, s. 24]

¹ Liikennevirasto, 2010, Riskienhallinta radan suunnittelussa s, 12.

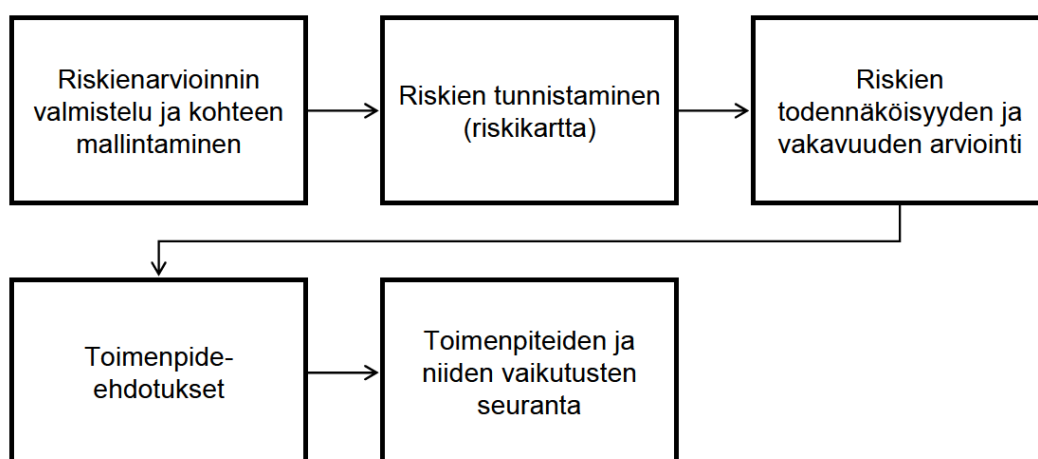
² Olli Teriö, Erika Kallionpää, Anna Tiainen, Olli-Pekka Toivari, Teuvo Tolonen, 2010, Rakennuttamisen riskien taloudellinen tarkastelu, kirjallisuuskatsaus ja yhteenveto, s. 10.

³ Liikennevirasto, 2010, Riskienhallinta radan suunnittelussa s, 12.

Riskien vaikutus hankkeelle on tapauskohtaista. Toteutuneen riskin lopputuloksena on kuitenkin yleensä vaihtelevissa määrin viivästynyt rakennushanke, lisäkustannukset ja puutteellinen laatutaso. Riskienhallinnassa tärkeää on paikallistaa sellaiset riskit, jotka vaikuttavat edellä mainittuihin asioihin.

2.2 Riskienhallinnan periaatteet

Riskienhallinta ja -arviointi toteutetaan hankekohtaisesti, jossa hankkeen vaativuus, koko ja sisältö määrittelevät riskienarvioinnin laajuuden sekä riskienhallintaan käytettävät menetelmät (kuva 3). Etenkin kun hankkeessa tarvitaan vaativia teknisiä ratkaisuja, laitehankintoja tai laajoja tietojärjestelmiä, on riskienarviointi suunniteltava tavanomaista perusteellisemmin. Tällaisissa tapauksissa voidaan riskienarvioinnissa joutua käyttämään tavanomaisesta poikkeavia menetelmiä ja menettelyjä.¹



Kuva 3. Riskienarviointiprosessin eteneminen [Lähde: Liikennevirasto, 2010, Riskienhallinta radan suunnittelussa, s. 18]

Riskienarviointia tehdään jo hankkeen suunnittelun yhteydessä. Hankkeessa on hyvä olla mukana riskienarviointiin erikoistunut konsultoiva osapuoli, jonka tehtävänä on ohjata riskienhallinnan toteuttamista yhdessä hankkeen muiden osapuolien kanssa. Riskienhallintatoiminnan vetäjän on tunnettava hanke riittävän hyvin riskienhallinnan ollakseen tehokasta.¹

¹ Liikennevirasto, 2010, Riskienhallinta radan suunnittelussa s. 17.

Riskienarviointia toteutetaan järjestelmällisesti käyttäen yleisesti hyväksyttyjä riskienarviointimenetelmiä ja -menettelyjä. Eri riskilajien käsittely määritellään hankekohtaisesti. Laajoissa hankkeissa voi olla tarpeen laatia hankkeelle oma riskikartta. Projektikohtaisesti voidaan myös määritellä ja jakaa eri riskilajien seurannan vastuut eri osapuolille. Hankkeen eri vaiheissa painottuvat eri riskit, joten riskienarviointi tarkentuu hankkeen edetessä.¹

2.3 Riskienhallinnan perusmenetelmiä ja työkaluja

Riskienhallintaan on kehitetty lukuisia työkaluja ja menetelmiä, joita aktiivisesti hyödyntämällä voidaan ennaltaehkäistä hankkeen aikana ilmeentyvien riskien toteutuminen.

Riskienhallinnan toteutus vaihtelee hankkeen luonteen ja vaiheen mukaan. Rakennushankkeen koko, vaativuus ja tavoite määrittelevät riskienhallintaan käytettävät riskienhallintamenetelmät ja -käytännöt. Tulee kuitenkin huomioida, itse monien riskien täydellinen poistaminen ei ole aina mahdollista, jolloin niitä täytyy pystyä hallinnoimaan aktiivisesti ottaen huomioon näistä toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset ja mahdolliset haitat.

2.3.1 Potentiaalisten ongelmien analyysi (POA)

Potentiaalisten ongelmien analyysillä pyritään löytämään keskeisimmät ongelma-alueet ja vaaroihin liittyvät keskeisimmät onnettomuustekijät Potentiaalisten ongelmien menetelmässä kohteen riskitekijöitä etsitään ja luokitellaan. Havaitut riskit voidaan luokitella eri kategorioihin käyttämällä hyödyksi avainsanalistoja. Havaittujen riskien jaottelun jälkeen voidaan analysoida keskeisimpien riski- ja vaaratekijöiden syyt ja seuraukset.²

¹ Liikennevirasto, 2010, Riskienhallinta radan suunnittelussa s, 17.

² Liikennevirasto, 2011, Ohje riskienhallinnan menetelmistä, s. 5.

Potentiaalisten ongelmien analyysia voidaan soveltaa mihin tahansa järjestelmään tai sen osiin sekä toimintoihin. Menettelyn avulla voidaan tutkia kyseisen järjestelmän riskitekijöitä, mikä mahdollistaa erityyppisten ja tasoisten ongelmien tunnistamisen.¹

Potentiaalisten ongelmien analyysi ei kuitenkaan ole paras mahdollinen riskienarviointimenetelmä riskien yksityiskohtaiseen tarkasteluun, vaan toimii paremminkin lähtökohdana jatkoanalyysille. Menetelmän lopputuloksena syntyy listaus keskeisimmistä riskitekijöistä ja niiden vaikutuksista, jolloin menetelmää voidaan soveltaa yksinkertaisten ja helposti hallittaviin riskeihin ilman muiden menetelmien lisäpanosta.¹

Potentiaalisten ongelmien analyysin toteutus tehdään ryhmätyönä pätevän ja vastuullisen vetäjän johdolla. Suoritettavien analyysien määrä riippuu kohteen koosta ja luonteesta.¹

Potentiaalisten ongelmien analyysin vaiheet ovat pääsääntöisesti seuraavat:

- Riskitekijöiden tunnistaminen ryhmätyönä
 - Hiljainen toteutus
 - Ideointilomakkeet
 - Pääasiallinen huomio keskeisimmissä riskitekijöissä, joilla on vakavimmat seuraukset
 - Keskustelumuotoinen toteutus
 - Analyysin järjestelmällinen eteneminen kohde kohteelta
 - Ryhmätyön tuloksena tunnistetut riskitekijät luetteloidaan
- Riskitekijöiden arviointi
 - Jatkokäsittelyä vaativien riskien valinta
 - Käsiteltäväksi valittujen riskien syiden ja seurausten selvittäminen
 - Arviointivaiheen tuloksena syntyy luettelo riskitekijöistä syineen ja seurauksineen sekä arvioineen riskien vakavuuksista
- Toimenpide-ehdotusten kehittäminen

¹ Liikennevirasto, 2011, Ohje riskienhallinnan menetelmistä, s. 5.

- Riskitekijöiden järjestelmällinen tarkastelu arvioinnin yhteydessä tai erillisessä kokouksessa
- Toimenpide-ehdotusvaiheen tuloksena syntyy lopullinen arvio riskitekijöistä sekä niihin sovellettavista varautumis- ja hallinnointikeinoista
- Analyysin raportointi
- Riskitekijöistä laadittu raportti, joka sisältää tunnistetut riskitekijät syine ja seurauksineen sekä riskeihin varautumis- ja hallinnointikeinot.¹

2.3.2 Toimintovirheanalyysi (TVA)

Toimintovirheanalyysi on riskienhallintamenetelmä, jonka tavoitteena on tunnistaa inhimilliset virhesuoritusmahdollisuudet ja niiden vaikutukset tarkkailtavista toiminnoista. Toimintovirheanalyysin toiminta perustuu käytäntöön, että tarkasteluun valittu työtehtävä jaetaan toimintoihin, jonka jälkeen tunnistetaan kuhunkin toimintoon liittyviä merkittävimpiä virhemahdollisuuksia ja niistä aiheutuvia seurauksia.¹

Toimintovirheanalyysi keskittyy tutkimaan jonkin kokonaisuuden kuten esimerkiksi työmaan rakennustehtävän eri työosien eli toimintojen toteutukseen liittyviä ihmisen toiminnan virhemahdollisuuksia ja niistä aiheutuviin seurauksia. Tarkastelu voi olla kokonaisvaltaista tai keskittyä johonkin tiettyyn toiminnan ominaisuuteen, kuten esimerkiksi kosteusriskeihin.¹

Toimintovirheanalyysi soveltuu parhaiten sellaisten toimintojen sisältämien ihmisen toiminnan virhemahdollisuuksine arviointiin, jotka toteutetaan selvinä toimintasarjoina ja joiden toteutus on kokonaisuudessaan selvitetty ja suunniteltu. Toimintovirheanalyysi keskittyy ihmiselle luonteenomaisten virhesuoritusten ja niiden vaikutusten arviointiin, tarkoituksena ei siis ole virheen tekijän tai syyllisen etsiminen.¹

Toimintovirheanalyysin tuloksena syntyy listaus mahdollisista merkittävimmistä ihmisen virhetoiminnasta johtuvista riskeistä ja niiden seurauksista, sekä ehdotukset kyseisten riskien pienentämiseksi tai poistamiseksi. Menetelmä on rajattu vain tutkimaan ihmisen

¹ Liikennevirasto, 2011, Ohje riskienhallinnan menetelmistä, s. 5-6.

toimintaa osana riskienhallintakohdetta, joten se ei yksinään ole riittävä riskienhallinta-toimenpide esimerkiksi rakennushankkeelle, mutta on erittäin toimiva lisä käytettynä yhdessä muiden riskienhallintamenetelmien kanssa.¹

2.3.3 Tarkistuslista (avainsanalistat)

Tarkistuslistojen, eli avainsanalistojen tavoitteena on varmistaa, että kaikki kohteelle määritetyt yksittäiset asiat, kohteet tai mahdolliset tapahtumat toteutuvat. Tarkistuslistoista käytetään myös nimitystä riskikartta. Tarkistuslista on nimensä veroisesti systemaattinen listaus järjesteltyjä tapahtumia tai asioita, joiden olemassaoloa ja toteutusta tarkkaillaan listan avulla. Tarkistuslistan avulla voidaan tunnistaa riskitekijöitä ja jaotella niitä halutulla tavalla, esimerkiksi vakavuusasteen tai riskistä olemassa olevan tiedon määrän mukaan.¹

Tarkistuslistojen käyttö on erittäin laaja-alaista. Menetelmää voidaan hyödyntää kokonaisvaltaisesti riskitekijöiden tunnistamiseen erilaisissa toimintokokonaisuuksissa. Hankkeen edetessä tulee tarkistuslistaa päivittää ja täydentämään vastaamaan hankkeen sen hetkistä tilannetta.¹

Tarkistuslistan avulla voidaan tunnistaa yleisimmät riskitekijät hankkeen eri toimintokokonaisuuksissa. Menetelmä on kuitenkin melko pinnallinen, jolloin harvinaisemmat riskitekijät saattavat jäädä huomaamatta. On suositeltavaa, että tarkistuslista-menetelmää käytetään pääasiassa vain täydentävänä riskienhallintamenetelmänä sen yksityiskohdattomuuden takia.¹

¹ Liikennevirasto, 2011, Ohje riskienhallinnan menetelmistä, s. 6.

3 Merkittävät kosteus- ja homeongelmariskit

3.1 Kosteudenhallinnan perusongelmat

Kosteus- ja homeongelmien syntyyn on monia tekijöitä. Ongelman ilmetessä voidaan olettaa, että jossakin vaiheessa rakennushankkeen ohjauksessa, suunnittelussa, rakentamisvaiheessa, rakennuksen ylläpidossa tai käytössä on tehty virhe, joka on joko jäänyt huomaamatta tai jota ei ole tarpeen vaatimalla tavalla korjattu. Yleisimpiä syitä kosteus- ja homeongelmien syntyyn ovat ymmärtämättömyys, tiedon puute tai yksinkertaisesti väärä asenne ongelmaa kohtaan rakennusprosessin eri vaiheissa. Usein kosteusvaurion aiheuttaa näiden tekijöiden summa.¹

Asenne on usein merkittävä tekijä kosteus- ja homeongelmien syntyyn. Ongelmat saattavat olla tiedostettuja, mutta itse ongelman merkitystä tai laajuutta ei haluta tiedostaa. Hidas muutos toimivimpiin rakennustapoihin johtaa monien uusien kosteudenhallinnan menettelytapojen ohittamiseen.¹

Tällaisen asenteen rikkominen tulisi aloittaa rakennuttajasta, jonka tehtävä tulisi olla asettaa kosteudenhallinnalle selkeät laatumääritykset hankkeen tavoiteasettelussa ja myöskin huolehtia niiden toteutuksesta vaadittuun tasoon. Lisäksi kunnallinen rakennusvalvonta voi omana lisänään vaatia hankekohtaisesti tarpeeksi kattavaa ja huolellista kosteudenhallintasuunnitelmaa rakennusprosessin lupaehdoissa.¹

Rakentaminen on siirtymässä alueille, joissa on epäedulliset kosteusolosuhteet. Rakentamisen ohjauksessa ei kuitenkaan usein oteta tätä huomioon riittävästi, jolloin rakennuksen ympäristön kosteustekninen suunnittelu jää vajavaiseksi. Esimerkkejä tästä voivat olla väärin ohjatut pintavedet tai väärin tehty lumien poisto talvella. Nykyiselle rakentamistavalle ominaiset kerrokselliset rakenteet ovat herkempiä suunnittelu-, rakennus- ja käyttövirheille kuin vanhat massiivirakenteet.¹

Ilmanvaihtojärjestelmien suunnittelu osataan nykyään kohtalaisen hyvin. Ongelmia syntyykin usein, kun laitteiden huolto ja säätö laiminlyödään ja niiden käyttöönotto-opastus

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin kosteudenhallinta - rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 4.

on puutteellista. Seurauksena on usein heikentyneellä teholla toimiva ilmanvaihtojärjestelmä, josta aiheutuu rakenteisiin kosteusrasitus. Yksi suuri riskitekijä kosteus- ja homeongelmien synnyssä rakennushankkeen aikana on hankkeen eri osapuolien välinen kommunikaatio. Kun hanke jaetaan eri osapuolien tehtäviksi, voi vastuu eri osista usein hämärtyä. Rakentamisen kustannustehokkuus on usein vaikuttavin tekijä rakennushankkeen suunnittelussa, jolloin laatu ja erityisesti kosteudenhallinnan toteutus jää vähemmälle huomiolle.¹

3.2 Kosteusriskien synty

Rakenneosaa, joka voi vaurioitua helposti veden vuotamisen, kapillaarisen veden kulkeutumisen, vesihöyryn konvektion tai muun kosteustekijän vaikutuksesta kutsutaan kosteustekniseksi riskirakenteeksi.²

Kosteustekninen riskirakenne voi olla rakennusvaiheessa hyvän rakennustavan mukainen, joka on myöhemmin todettu vaurioitumisherkäksi. Myös rakennusvaiheessa tehdyt rakennusvirheet voivat johtaa riskirakenteen syntyyn. Muuten toimivien rakenteiden vaurioitumisriskiä voi lisätä rakenteita tai kiinteistötekniikkaa muutettaessa tai uusittaessa tehdyt muutokset, esimerkiksi huoneen käyttötarkoituksen muutostöissä tapahtunut rakennus- tai suunnitteluvirhe.²

Kosteustekninen riskirakenne ei tarkoita sitä, että rakenteen vaurioituminen on taattu, vaan rakenteen olosuhteilla on suuri merkitys mahdollisen vaurion syntyyn ja laajuuteen. Erittäin herkätkin riskirakenteetkin voivat toimia, jos olosuhteiden ansiosta rakenne ei altistu riittävästi kosteudelle.²

Eri aikakausille ominaiset rakennetyypit ja rakennustavat vaihtelevat riskialttiudeltaan suuresti ja jokaisesta rakennusaikakaudelle onkin tyypillisiä kosteusteknisiä riskirakenteita.²

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin kosteudenhallinta - rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 4.

² Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 16.

3.3 Kosteusvaurion aikaan saavat tekijät

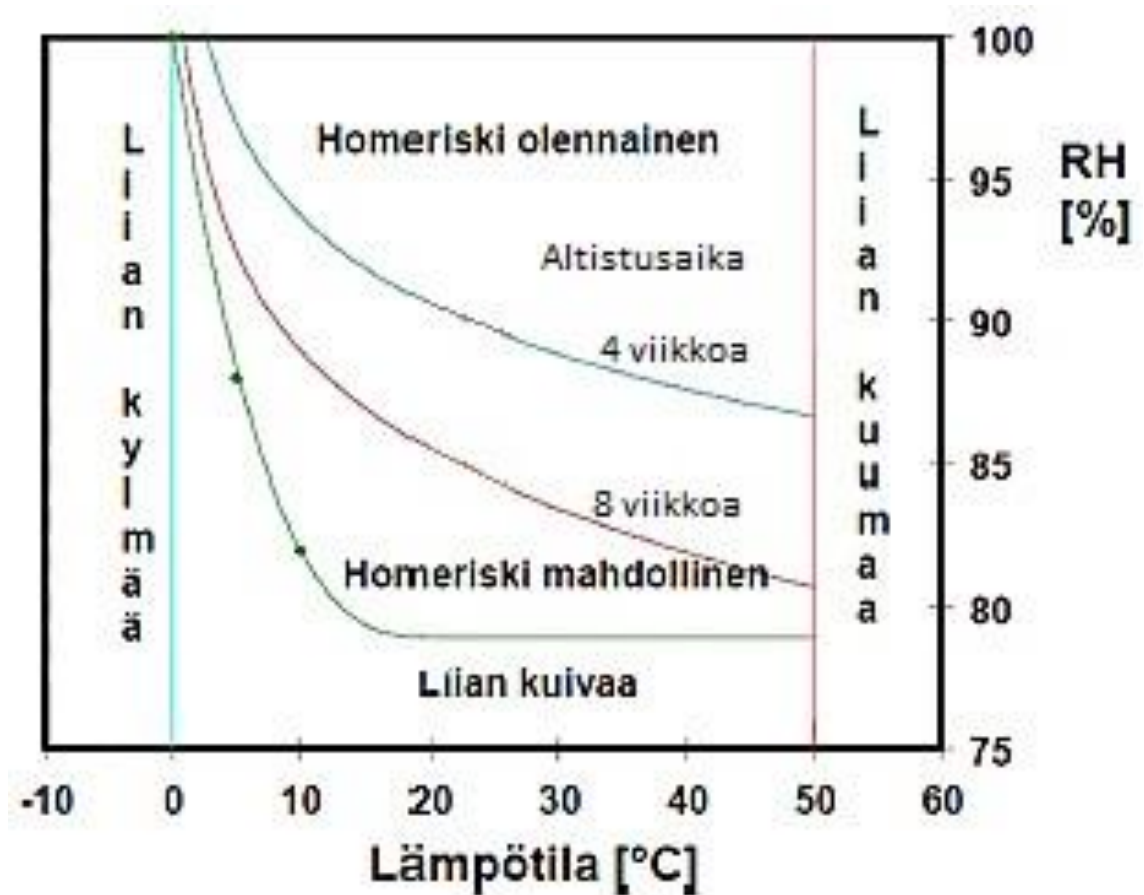
Rakenteiden kosteusvaurio syntyy kun rakenteiden kosteuspitoisuus nousee liian korkeaksi. Rakenteeseen tuleva ja siitä poistuva kosteusvirta yhdessä rakenteen kyvyn sitoa kosteutta määrittävät kyseisen rakenteen kosteuspitoisuuden. Kun rakenteeseen tuleva kosteusmäärä ylittää rakenteesta poistuvan kosteuden, alkaa rakenteen kosteuspitoisuus nousta, jolloin riski rakenteen kosteusvaurioille kasvaa. Rakenteen kosteudensietomiskyky määrittää rakenteen heikkouden kosteusvaurioille. Rakenne, jolla on korkea kosteudensietokyky, ei vaurioidu yhtä herkästi kuin rakenne, jolla on matala kosteudensietokyky. Korkeamman kosteudensietokyvyn omaavan rakenteen kosteuspitoisuuden nousu sellaiseen arvoon, jossa rakenne voi vaurioitua, kestää kauemmin.¹

Mikrobikasvustoa alkaa yleensä kasvaa, kun rakenteen tasapainokosteus on pitemmän aikaa yli 80 %. Tällöin rakenteessa oleva kosteus on riittävä mahdollistamaan mikrobikasvuston synnyn. Hetkellinen kosteuden lisäys ei sinänsä ole vauriotekijä, mikäli kosteus saadaan kokonaan poistettua mahdollisimman nopeasti. Turvallinen tasapainokosteus rakenteessa on alle 65 %, jolloin rakenteen sisäinen kosteus ei ole riittävä kannattamaan mikrobikasvustoa.²

Kuvassa 4 on esitetty homeriskin synnyn lämpötila- ja suhteellisen kosteuden vaatimukset graafisesti. Kuvan kolme kuvaajaa esittävät eri altistumisaikojen pituutta. Ylimmäinen kuvaaja (kuva 4) esittää neljän viikon altistumisaikaa, seuraava kahdeksan, jne. Kunkin kuvaajan yläpuolinen tila esittää mahdollisen homeriskin vaatimuksia. Lämpötilan ja RH-arvon noustessa myös homeriski nousee, kunnes jokin arvo estää homekasvuston syntymisen kokonaan. Homeriskin vaatima lämpötila on tässä tapauksessa 0 - 50 °C, ja vaadittu RH-arvo n. 78 %:sta ylöspäin.

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 17.

² Piia Hietsalo, 2013, Terveen talon mittari, s.8.



Kuva 4. Suhteellisen kosteuden ja lämpötilan vaikutukset männyn pintapuun homeriskille. [Lähde: Kari Suvanto, Rakennusfysiikan simulaatiot -kurssimateriaali.]

Betonirakenteelle suhteellisen kosteuden raja-arvot ovat seuraavat:

- Ilmaan rajoittuvat pinnat
 - puhdas betoni 88 - 90 %
 - betoni, jonka pinnassa on orgaanista ainesta 78 - 80 %
- Eri materiaalien pinnat tiiviisti toisissaan kiinni
 - puhdas betoni 97 - 98 %
 - puhdas EPS/mineraalivilla (pitkäaikainen altistuminen) 97 - 98 %
 - orgaanista materiaalia sisältävä kerros 80 - 90 %.¹

¹ Kari Suvanto, Rakennusfysiikan simulaatiot -kurssimateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakenteiden kosteudensietokykyyn ja vaurioitumisherkyyteen vaikuttaa monta tekijää. Käytetyt materiaalit ja niiden ominaisuudet, materiaalien sijainti kyseisessä rakenteessa, itse rakenteiden sijainti ja rakennustapa vaikuttavat kaikki rakenteen vaurioitumisherkyyteen.¹

Kerrokselliset rakenteet ovat massiivirakenteita herkempiä kosteusvaurioille niissä käytettyjen eri materiaalien takia. Massiivirakenteissa kosteusvaurio on yleensä rakenteen pinnassa, kun taas kerroksellisessa rakenteessa kosteusvaurio on yleensä rakenteen sisällä. Tällaista kosteusvauriota, jota ei välttämättä paljaalla silmällä havaitse, kutsutaan piileväksi kosteusvaurioksi.¹

Rakenteen kosteusvauriot syntyvät riippumattomina rakenteen valmistukseen käytetystä rakentamiskäytännöstä. Kosteusvaurion syntymekanismit voidaan jakaa neljään pääryhmään; kosteutta voi päästä rakenteisiin painovoimaisesti valumina; liikkua materiaalin sisällä kapillaarisesti ja vesihöyryn konvektiovirtauksina ja/tai diffuusiona. Rakenteessa tapahtuu aina jonkin verran kosteussiirtymistä, mutta kosteusteknisesti on tärkeää, ettei rakenteisiin muodostuvan kosteuden määrä ei kasva liian korkeaksi, jolloin rakenne saattaa vaurioitua.¹

3.4 Kosteustekniset riskitekijät

3.4.1 Veden siirtyminen painovoiman vaikutuksesta

Painovoimaisella kosteuden siirtymisellä tarkoitetaan sitä, kun pinta-, sade- tai vuotovedet kulkeutuvat rakenteisiin. Esimerkkejä tällaisesta voi olla putkistossa, vesikatossa, räystäs- tai ikkunapelleissä tai vedeneristyksessä oleva vuotokohta. Suuret vuodot voidaan yleensä todeta helposti, sillä ne vaurioittavat rakenteen pintaa, jolloin ne voi huomata ilman erityisiä työkaluja tai tarkastusta. Vaarallisimpia vuotomuotoja ovat tihkuvuodot, jotka ovat usein rakenteen sisällä piileviä pieniä vuotoja, jotka saatetaan havaita vasta, kun rakennuksen asukkailla alkaa ilmetä oireilua tihkuvuodosta johtuvan kosteusvaurion aiheuttaman mikrobikasvuston seurauksena.¹

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 17–21.

Estokeino veden painovoimaiselle siirtymiselle on yksinkertainen: varmistetaan, että vedelle alttiit rakenteet ovat hyvin eristettyjä ja ehjiä sekä siten tehty, etteivät ne johda vettä rakenteisiin.¹

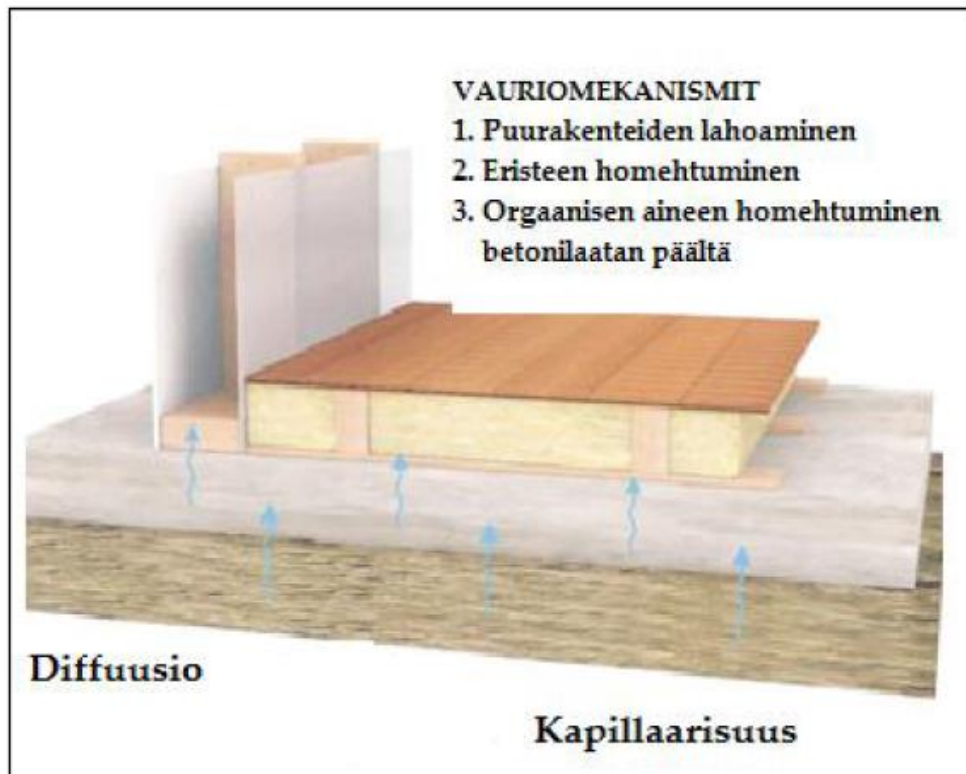
3.4.2 Kapillaarikosteus

Kapillaarivirtauksessa vesi nousee maaperän ja rakennusmateriaalien huokosissa ylä- ja sivusuunnassa (kuva 5). Kapillaariset materiaalit ja maaperät voivat siirtää kosteutta rakenteisiin, josta voi seurata kosteusvaurio. Huokoisen materiaalin tiiveys määrittää kuinka korkealle vesi voi kapillaarisesti nousta.¹

Rakenteiden suojaaminen kapillaarikosteudelta tehdään kapillaarikatkolla, joita voivat olla esimerkiksi harva sepelikerros ja tiivis bitumikerros. Kapillaarikatko nimensä veroisesti katkaisee veden kapillaarisen nousun huokoisessa materiaalissa ennen kuin se pääsee vaurioituviiin rakenteisiin.¹

Kuva 5 esittää, kuinka huokoisesta maasta kapillaarisesti nouseva kosteus kulkeutuu yhä edelleen huokoisen rakennusmateriaalin, tässä tapauksessa betonilaatan, lävitse, jolloin kosteutta kerääntyy betonilaatan päällä olevien rakenneosien pintojen väliin.

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 21.



Kuva 5. Diffuusion ja kapillaarikosteuden vaikutus alapohjarakenteessa. [Lähde: Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, 2012, s. 22]

3.4.3 Diffuusiokosteus

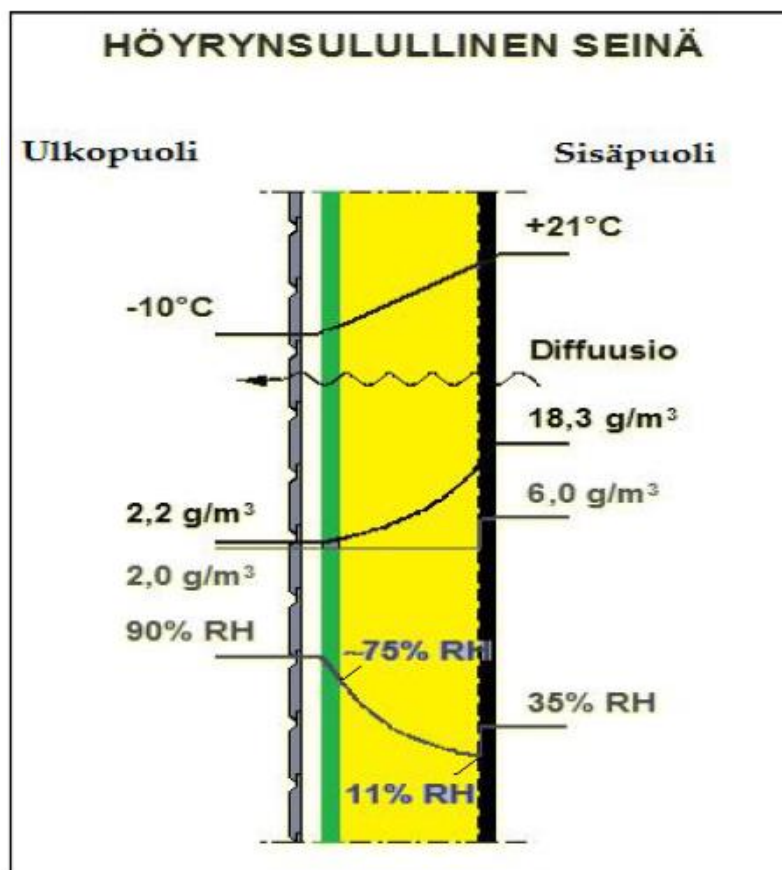
Diffuusio on ilmiö, jossa vesihöyry siirtyy korkeammasta pitoisuudesta pienempään. Rakennuksen sisätiloissa vallitsee yleensä korkeampi vesihöyrypitoisuus kuin ulkona, jolloin diffuusio siirtää vesihöyryä rakennuksen ulospäin viilenevän rakenteen läpi (kuva 6). Seurauksena voi olla kasvava kosteuspitoisuus seinärakenteen sisällä, jonka seurauksena voi rakenteeseen alkaa kehittyä mikrobikasvustoa.¹

Normaalitason diffuusiokosteus ei ole ongelma toimivassa seinärakenteessa, mutta jos kosteuskuorma on liian suuri, lämmöneriste on puutteellinen tai rakenteessa on muuten virheellinen, on olemassa riski kosteusvaurion syntyyn. Seinärakenteen läpi kulkeutuvan

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 22.

diffuusiokosteuden määrää tulee rajoittaa kosteus- ja höyrynsuluilla, jotta kosteus rakenteen sisällä ei pääse kasvamaan liian suureksi. Itse rakenteen sisällä ei myöskään saa olla sellaisia diffuusiovastuksia, jotka keräävät kosteutta rakenteen sisälle.¹

Kuvassa 6 on esitetty, kuinka diffuusio vaikuttaa seinärakenteessa. Diffuusiovirtaus kuljettaa vesihöyryä korkeammasta pitoisuudesta matalampaa, eli yleensä sisätiloista ulospäin. Kuvassa ylin seinärakenteen lävistävä viiva kuvaa lämpötilan muutosta kuljettaessa seinärakenteen läpi. Sen alla on vesihöyrypitoisuutta esittävä kuvaaja, joka esittää vesihöyrypitoisuuden yksikkönä g/m^3 . Alimmainen kuvaaja ilmaisee ilman RH eli suhteellisen kosteuden muutoksen seinärakenteen eri puolilla. Kuvasta voidaan päätellä todennäköisimmän riskikohdan olevan lähellä seinärakenteen ulkopintaa, jossa seinärakenteen RH arvo nousee korkeammaksi. RH:n noustessa liian korkeaksi, voi rakenteen sisällä olevien rakenneosien pintaan syntyä kosteusvaurio.



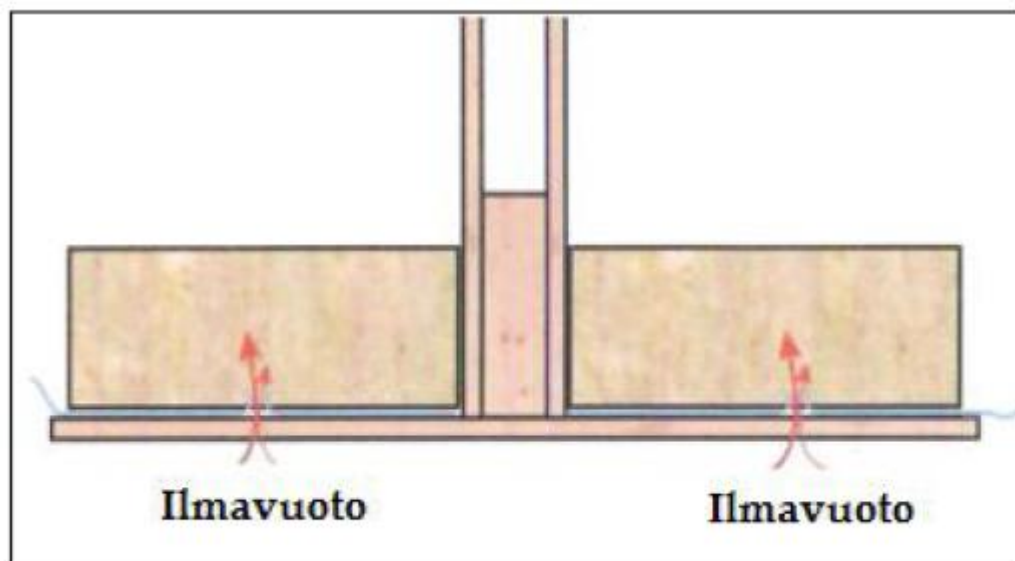
Kuva 6. Diffuusion vaikutus seinärakenteessa. [Lähde: Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, 2012, s. 23]

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 22.

3.4.4 Vesihöyryn konvektio

Konvektio on kosteuden siirtymismuoto, jossa vesihöyry siirtyy ilmvirtausten mukana. Konvektiovirtaus voi aiheuttaa kosteusvaurioriskin, jos runsaasti vesihöyryä sisältävää ilmaa pääsee virtaamaan tilaan, jossa lämpötila on alhaisempi (kuva 7). Viileämpi ilma tiivistää ilmassa olevan kosteuden pintoihin, jotka voivat vaurioitua. Rakennuksen sisäisten konvektiovirtausten määrään vaikuttavat tilojen paine-erot ja ympäröivien rakenteiden tiiveydet. Virheellinen tai vioittunut höyrynsulku voi päästää kosteaa ja lämmintä ilmaa kulkeutumaan kylmempiin rakenteisiin, jossa ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy vedeksi.¹

Kuvassa 7 on esitetty, kuinka viallinen höyrynsulku päästää kosteaa ilmaa rakenteisiin, jossa se saattaa kondensoitua ja aiheuttaa kosteusvaurion. Yleensä rakennuksen tilojen yläosissa vallitsee korkeampi paine, jonka seurauksena vika esimerkiksi katon höyrynsulussa on todennäköinen paikka konvektion avulla siirtyneen kosteuden aiheuttamalle kosteusvauriolle.



Kuva 7. Konvektiovirtaus rakennuksen sisätilasta yläpohjaan. [Lähde: Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, 2012, s. 23]

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 23.

4 Kosteus- ja homeongelmien vahingot ja terveyshaitat

4.1 Kosteus- ja homeongelmien terveysvaikutuksia

Kosteus- ja homeongelmien aiheuttamat terveys- ja sisäilmaongelmat johtuvat mikro-
beista, niiden itiöistä, toksiineista ja muista aineenvaihduntatuotteista sekä rakennuk-
sessa käytettyjen materiaalien päästöistä ja hajoamistuotteista.¹

Itiöt syntyvät, kun kosteusvaurion aiheuttama mikrobikasvusto alkaa laajenemaan raken-
teessa. Mikrobikasvusto vapauttaa itiöitä rakennuksen sisäilmaan, jotka kulkeutuvat
hengitysilman kautta kiinteistössä olevien ihmisten hengityselimistöön.²

Suuri terveysongelmien aiheuttaja kosteus- ja homevaurioista kärsivässä rakennuk-
sessa ovat rakenteiden hajoamisprosessissa vapautuneet toksiinit ja ihmiselle haitalliset
yhdisteet. Yleisimmät toksiinien aiheuttajat ovat pintamateriaalissa käytetyt liimatuotteet
ja erilaiset muovituotteet, jotka saadessaan liikaa kosteutta alkavat hajoamaan ja va-
pauttavat hajoamisprosessinsa aikana haitallisia toksiineja, kuten flataatteja, jotka ovat
muovimattojen pehmitinaineita, sekä formaldehydia, ammoniakkia, rikkivetyä ja muita
kemikaaleja.²

Esimerkkinä materiaalien hajoamistuotteena voi olla rikkivety. Rikkivety on erityisesti li-
makalvoja ärsyttävä myrkyllinen kaasu, joka voi aiheuttaa vakaviakin myrkytyksiä tai
jopa kuoleman pitoisuuksien ollessa riittävät. Rikkivety on kuitenkin aistein havaittavissa
sille hyvin ominaisen hajun takia.³

Mikrobikasvusto itsessään ei ole tae haitallisesta ympäristöstä ihmiselle. Kosteusvauri-
oista aiheutuvan mikrobikasvuston myrkyllisyys määräytyy pääosin sen kasvualustasta
ja yhteisvaikutukset eri materiaalien kanssa ja niistä vapautuvisa toksiineista. Homevau-
rion jäädessä rakenteeseen tarpeeksi pitkäksi aikaa, alkaa se useimmiten kuitenkin

¹ Yleisradion kotisivut, http://yle.fi/vintti/ohjelmat.yle.fi/homeloukku/lisafaktaa/oireet_terveysongelmat.html, luettu 25.3.2015; Pirkko Ruoppi, 2009, Homeongelma työpaikalla – korva-, nenä-, ja kurkkutautilääkärin näkökulma.

² Homepakolaiset ry:n kotisivut, http://homepakolaiset.fi/1_myytti.html, luettu 30.3.2015.

³ Salme Rantanen, Rauno Pääkkönen, 2008, Työhygieniä - kemialliset ja fysikaaliset tekijät.

muuttua haitallisemmaksi. Ihmiselle vaaralliset mikrobikasvustot syrjäyttävät rakenteissa mahdollisesti jo olevat haitattomat mikrobikasvustot.¹

Haitallisin tunnettu kosteusvauriosta aiheutuva mikrobi on kereulidi. Kereulidi on rasvaliukoinen mikrobi, joka imeytyessään ihmisen elimistöön aiheuttaa solutuhhoa, josta voi seurata vakavia elinvaurioita tai kuolema.¹

Kosteus- ja homeongelmien aiheuttamiin terveysongelmiin ei ole määritetty tarkkoja oireita, mutta useimmiten potilaat valittavat pääosin samoista oireista:

- Kurkunkarheus aamuisin
- Veriyskökset
- Nenäverenvuotoa aamuisin
- Lihassärkyä
- Kuumeilua ja kuumepiikkejä
- Keuhkokuumeet (lapsilla yleisiä)
- Puristus rinnassa
- Väsymys
- Ruokahaluttomuus
- Silmätulehdukset
- Ihottuma
- Yskä
- Nivelkolotus
- Korvatulehdus
- Keuhkoputken tulehdus
- Poskiontelon tulehdus
- Päänsärky aamuisin
- Lisääntyneet infektiot

¹ Homepakolaiset ry:n kotisivut, http://homepakolaiset.fi/1_myytti.html, luettu 30.3.2015.

- Nenän tukkoisuus
- Huimaus.¹

On myös yleistä, että kosteus- ja homeongelmille jatkuvasti altistuva henkilö joutuu toistuvien hengitystieinfektioiden kierteeseen. Lisäksi kosteus- ja homeongelmien aiheuttaman jatkuvan nuhan mukana yleensä tulevat sivuontelotulehdukset saattavat ennen pitkää vaatia leikkaushoitoa. Oireiden pitkittyessä ja taudinkuvan kroonistuessa on kuitenkin hyvin vaikea yhdistää altistumista kosteus- ja homeongelmien aiheuttamalle sisäilmaongelmalle ja sen aiheuttamia oireita, jolloin oireiden hoito ja niiden alkuperän selvittäminen on vaikeaa. Kosteus- ja homeongelmien terveysongelmia aiheuttavien mikrobien tutkimusmenetelmät ovat vielä melko puutteellisia, jonka seurauksena vakiintuneita ja luotettavia testausmenetelmiä ei sairauden alkuperän toteamiseen ole.¹

Rakenteessa esiintyvä kosteus ja home suosivat punkkien esiintymistä. Erityisesti varastopunkkien ilmaantuminen saattaa olla osoitus piilevästä kosteus- ja homeongelmasta. Varastopunkkiallergia on yksi yleisimmistä kosteusvaurio-oireiden aiheuttajista, ja se pystytäänkin toteamaan nyky menetelmillä melko helposti.¹

4.2 Piilevien kosteusvaurioiden selvittäminen

Kosteus- ja homevaurioiden toteaminen ja löytäminen vaatii usein laajoja tutkimuksia ja siitä voi aiheutua suuretkin kustannukset. Kustannukset ovatkin usein syynä kosteusvauriotutkimuksen suorittamisen toteuttamisen välttämiseen. Kosteus- ja homeongelmien korjaaminen voi aiheuttaa suuriakin kuluja, koska monet ennen laajassa käytössä olleet rakennusmenetelmät on nykyään todettu kosteusteknisesti vaurioitumisherkiksi, jolloin voi korjaustoissa joutua muuttamaan rakennetta suurestikin, jotta saadaan rakenteesta kosteusteknisesti toimiva.²

¹ Yleisradion kotisivut, http://yle.fi/vintti/ohjelmat.yle.fi/homeloukku/lisafaktaa/oireet_terveysongelmat.html, luettu 25.3.2015; Pirkko Ruoppi, 2009, Homeongelma työpaikalla – korva-, nenä-, ja kurkkutautilääkärin näkökulma.

² Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 41.

Kustannuksia on myös vaikeaa määrittää selvästi, koska kosteusvaurioiden laajuutta on vaikea todeta ennen kuin koko tutkimus on saatu valmiiksi. Piilevät kosteusvauriot ovat vaurioitumattomien pintojen alla piilossa. Yhdestä tilasta löydetty kosteusongelma voi johtaa koko rakennuksen kattavaan rakennemuutokseen. Lisäksi, yhdessä rakennuksessa saattaa olla useitakin terveydelle haitallisia kosteus- ja homevaurioita. Ennen kosteus- ja homeongelmien kartoitustarkastusta on syytä selvittää, onko kyseisessä rakennuksessa tunnettuja tyypillisiä riskirakenteita tai kosteudelle muulla tavalla alttiita rakennekohtia, joihin on voinut syntyä piileviä kosteusvaurioita.¹

Rakennuksessa aikaa viettävien henkilöiden oireilu sekä tunnistettu mahdollinen riskirakenne on yleensä viite mahdollisesta kosteusvauriosta. Tämä antaa tarkastukseen perustellun syyn aloittaa selvitys mahdollisista terveyshaittoja aiheuttavista kosteus- ja homeongelmista.¹

Käyttämällä apuna rakennekuvia, tarkastuksen yhteydessä tehtyjä tietoja ja havaintoja voidaan tunnistaa rakennuksen riskirakenteet ja niiden avulla selvittää piilevien kosteusvaurioiden esiintymistä. Myös aiempia kosteusvauriokorjauksia ja rakennetutkimuksia voidaan käyttää hyödyksi arvioidessa kosteusvaurioiden esiintymisen todennäköisyyttä.¹

Riittävän ilmatiivis rakennusvaippa on edellytys toimivalle lämpö- ja kosteustekniikalle, ilmanvaihdolle ja painesuhteille. Rakennuksen toimivuutta tarkasteltaessa onkin tärkeää huomioida rakennusvaipan ja talotekniikan muodostama kokonaisuus.¹

Riittävä taustatieto eri aikakausien tyypillisistä riskirakenteista ja rakennustavoista on suureksi avuksi piilevien vaurioiden tunnistamisessa. Rakenteiden kostumisen perusmekanismit, kosteuden siirtymistavat ja kosteuden aiheuttamat riskit rakenteille on tärkeä tietää tehdessä kosteus- ja homevauriotarkastusta. Pitkäkestoisesta kosteusrasituksesta voi seurata kosteusvaurio, jos rakennuksen kosteustekniset ratkaisut eivät ole toimivia.¹

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 41.

Jotta pystyttäisiin selvittämään piilokosteusvaurioiden laajuus ja vakavuus, tarvitaan aina lisätutkimuksia. Rakennusasiantuntijan tekemää riskirakennetutkimusta voidaan käyttää apuna rakenteellisten terveyshaittaa aiheuttavien tekijöiden paikallistamisessa.¹

Keinoja, joita voidaan käyttää tutkimuksessa, ovat esimerkiksi porareii'istä mitattuja kosteusarvoja, rakenteista otettavia mikrobinäytteitä ja rakenteiden avaamisia. Myös erilaisia rakennusfysikaalisia diffuusiolaskelmia ja kapillaarisen kosteuden tarkastelua voidaan käyttää apuna riskirakenteita selvittäessä. Yhteistyö rakennusterveyteen ja rakennustekniikkaan perehtyneiden alan ammattilaisten kanssa riskirakennetutkimuksia tehtäessä on merkittävä etu.¹

4.2.1 Kosteus- ja homevaurion tunnistaminen

Tapauksesta riippuen voi asiaan perehtymätönkin henkilö tunnistaa kosteus- ja homevaurion rakenteessa, etenkin jos kyseinen vaurio on rakenteen pinnassa, tai jos ilmassa tuntuu homeen haju ja rakennuksessa olevat ihmiset alkavat oireilla. Lopullisen varmistukseen ja kosteus- ja homevaurion toteamiseen tarvitaan kuitenkin ammattilainen tutkimaan tila.²

Ympäristöministeriön Kosteus- ja hometalkoot -työryhmät ovat valmistelleet pätevyysvaatimukset home- ja kosteusasiantuntijoille; asiantuntijoilla tulee olla oikeanlainen työkokemus, oikea koulutus ja lisäkoulutus. Home- ja kosteusasiantuntijoita ovat kosteusvauriotutkijat, suunnittelijat, työnjohtajat ja valvojat. Kriteerit täyttäviä asiantuntijoita on kuitenkin Suomessa vain muutamia, eikä alan toimijoiden ole mahdollista järjestää lisäkoulutusta ilman yhteiskunnan tukea.²

4.3 Rakenteiden mikrobivauriot

Rakenteen mikrobivaurio syntyy, kun ilmassa olevat silmin havaitsemattomat mikrobiitit alkavat itää rakenteissa. Itiöiden itäminen vaatii kosteudeltaan ja lämpötilaltaan suo-

¹ Reijo Pesonen, Risto Karnaattu, 2012, Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, s. 41–42.

² Joonas Koponen, 2013, Yleisimmät kosteusvauriot ja niiden aiheuttajat kajaanilaisissa taloyhtiöissä 2000 -luvun alussa, s. 36.

tuisat olosuhteet. Rakenne toimii mikrobien ravintona, jonka tuotteena syntyvät aineenvaihduntatuotteet ovat terveydelle haitallisia ja voivat aiheuttaa oireilua. Rakenteen mikrobivaurio on laaja ongelma, jonka vahinkoalue leviää rakennuksen rakenteista rakennuksen käyttäjiin. Mikrobivaurio rakenteessa ei poistu ilman hoitotoimenpiteitä.¹

Mikrobivaurion vaurioittaa rakennetta ja aiheuttaa terveysongelmia. Mikrobivaurioin laajeneminen on jatkuvaa, mutta voi pysähtyä hetkellisesti, jos mikrobeja ympäröivät olosuhteet eivät ole laajenemiselle suotuisat ja jatkua uudelleen, kun olosuhteet muuttuvat. Itääkseen mikrobit tarvitsevat ravinteita, happea, lämpöä ja tietenkin kosteutta. Vapaa vesi ei kuitenkaan ole aina edellytys mikrobikasvustolle, myös korkea ilmankosteus saattaa riittää.¹

Kosteusvaurioituneelle alueelle muodostuva mikrobikasvusto sisältää yleensä monia erilaisia mikrobeja. Homeen lisäksi saattaa rakenteessa olla bakteereja, hiivoja ja muita sieniä ja mikrobirihmastoja. Mikrobien itiöiden itäminen kestää optimaalisissa olosuhteissa vain joitakin tunteja ja kasvuston voi silmin havaita jo muutaman päivän kuluttua. Usein mikrobikasvusto käyttää ravintonaan rakennetta, johon se on itänyt, mutta se ei ole kasvuston ainoa ravinnonlähde, jo pelkkä huonepöly riittää kannattamaan kasvustoa.¹

Kosteus- ja homeongelman poistamiseen on kehitetty erilaisia toimenpiteitä, joita käytetään mahdollisuuksien mukaan. Vaurioitunut alue voidaan kapseloida rakenteen sisään tai koko vaurioitunut rakenne voidaan poistaa ja asentaa tilalle uusi. Kosteusvaurion korjauksista voidaan yrittää myös mekaanisesti puhdistaa homeen poistoon suunnitelluilla kemikaaleilla.¹

Yksinään mekaaninen puhdistus on melko epävarma tapa poistaa homekasvustoa ja sitä käytetäänkin yleensä tukemassa muita korjaustoimenpiteitä. Harvemmin käytetty kosteusvaurioin korjausmenetelmä on rakenteiden kuumentaminen. Vaurioituneita rakenteita kuumennetaan todetusta kasvillisuudesta vaihdellen jopa yli 100 °C:een tunnin ajaksi. Tämä menetelmä ei kuitenkaan ole laajasti käytetty sen aiheuttaman paloturvallisuusriskin ja yleisen epäluotettavuuden takia. Kuumentamien korjausmenetelmänä on

¹ Joonas Koponen, 2013, Yleisimmät kosteusvauriot ja niiden aiheuttajat kajaanilaisissa taloyhtiöissä 2000 -luvun alussa, s. 21–25.

parhaimmillaankin vaikeasti toteutettavissa, jolloin sitä käytetään yleensä vain erikoistapauksissa. Korjaustoimenpiteiden pohjana on aina pitää korjattavien rakenteiden kuivaus ja niiden sekä rakenteita ympäröivän tilan pitäminen kuivana.¹

4.3.1 Vesivahingot

Vesivahinko on äkillinen, rakennuksessa tapahtuneen toiminnan tai rakennuksen käytöstä johtuva veden pääsy rakennuksen rakenteisiin. Rakenteisiin päässyt vesi on suuri kosteusriski, mikäli sitä ei tarvittavan nopeasti ja tarkasti kuivateta. Kuivaamatta jäänyt vesivahinko voi aiheuttaa suuriakin kosteusongelmia rakenteessa.¹

Kosteusvaurio syntyy, kun vesivahingossa rakenteeseen päässyttä vettä ei tarvittavan nopeasti tai tarkasti poisteta, jolloin se luo mikrobikasvuston synnylle suotuisat olosuhteet rakenteessa. Kosteusvaurio tulee korjata mahdollisimman pian sen toteamisen jälkeen siitä aiheutuvien terveysongelmien takia, eli kosteusvaurion aiheuttaja täytyy korjata tai poistaa. Kosteusvaurion korjaamiseen kuluva aika ja kustannukset riippuvat vaurion laajuudesta. Korjaus vaatii myös asiantuntemusta niin rakennetekniikasta kuin niiden kosteusteknisistä ominaisuuksista, sillä jokainen kosteusvaurio on ainutlaatuinen ja vaatii tapauskohtaisen korjaussuunnitelman.¹

Tarpeeksi pitkälle kehittynyt mikrobivaurio on yleensä havaittavissa aistillisesti tai rakennuksen käyttäjien oireilun perusteella. Joskus voi myös näkyvissä rakenteissa olla merkkejä mikrobikasvustosta. Vaurion laajuus on todettava mahdollisimman tarkasti ennen korjaustoimenpiteiden alkamista, jotta välttyttäisiin vaurioituneen rakenteen jäämiseltä osaksi rakennuksen rakenteita, jolloin mikrobikasvuston leviäminen voi jatkua ja terveysriski ilmentyä uudelleen.¹

4.3.2 Mikrobit ja niistä aiheutuvat terveysongelmat

Ensimmäiset kosteudesta vaurioituneissa rakenteissa kasvavat mikrobilajit ovat pääosin ihmisille haitattomia lajeja. Rakenteessa oleva kasvusto alkaa kuitenkin muuttaa rakenteessa ja sen ympäristössä vallitsevia olosuhteita niin, että uudet, terveydelle haitalliset mikrobilajit voivat alkaa kasvaa. Tätä ilmiötä kutsutaan mikrobisuknessioksi. Terveydelle

¹ Joonas Koponen, 2013, Yleisimmät kosteusvauriot ja niiden aiheuttajat kajaanilaisissa taloyhtiöissä 2000 -luvun alussa, s. 21–25.

vaaralliset mikrobilajit alkavat siis kasvaa vasta, kun kosteusvaurio on jatkunut pitempään.¹

Merkittävä tekijä mikrobikasvuston terveysriskissä on sen vapauttamien itiöiden koko. Pienemmät, alle 5 mikrometrin kokoiset itiöt voivat kulkeutua hengitetyn ilman kautta syvälle hengitysteiden alaosiin ja keuhkorakkuloihin. Suuremmat ja tavallisimmat homeitiöt yleensä takertuvat hengitysteiden yläosiin ja iholle, aiheuttaen ärsytysoireita.¹

Ärsytysoireet ovat yleisempiä kuin yleisoireet. Mikäli oireilu ei johdu allergiasta, loppuvat ne altistumisen päätyttyä. Jatkuva altistuminen kosteus- ja homeongelmien terveyshaittoille voi aiheuttaa toistuvia infektioita, joista toipuminen saattaa kestää kauan altistumisen päättymisen jälkeenkin. Allergiat ovat terveyshaitoista vaikeimpia, sillä ne ovat pysyviä.¹

Kosteus- ja homevaurioista johtuvien terveysongelmien pääsyytä ovat vaurioituneen rakennusmateriaalin ja sitä vaurioittaneen veden reaktio tai kosteuden aiheuttaman mikrobikasvuston aineenvaihduntatuotteet. Oireet vaihtelevat yksilöittäin ja altistumismäärittäin, mutta yleisimmät oireet ovat päänsärky, nuha ja hengitystieongelmat sekä krooniset sairaudet. Pahimmillaan saattaa altistuminen kosteus- ja homevaurioille aiheuttaa syöpää.¹

4.4 Kosteus- ja homeongelmien taloudellinen ja yhteiskunnallinen merkitys

Kosteus- ja homeongelmilla on merkittävä kansantaloudellinen merkitys. Vuosittain käytetään valtakunnallisesti n. 1,4 miljardia euroa akuuttien kosteus- ja homeongelmien korjaukseen. Luku perustuu Työterveyslaitoksen teettämään tutkimukseen. Yksi Suomen suurimmista ympäristöterveysongelmista on huono sisäilman laatu. Arviolta 240 000 – 360 000 ihmistä Suomessa altistuu päivittäin huonolle sisäilmalle ja sen aiheuttamille vaivoille ja sairauksille.¹

¹ Joonas Koponen, 2013, Yleisimmät kosteusvauriot ja niiden aiheuttajat kajaanilaisissa taloyhtiöissä 2000 -luvun alussa, s. 33–35.

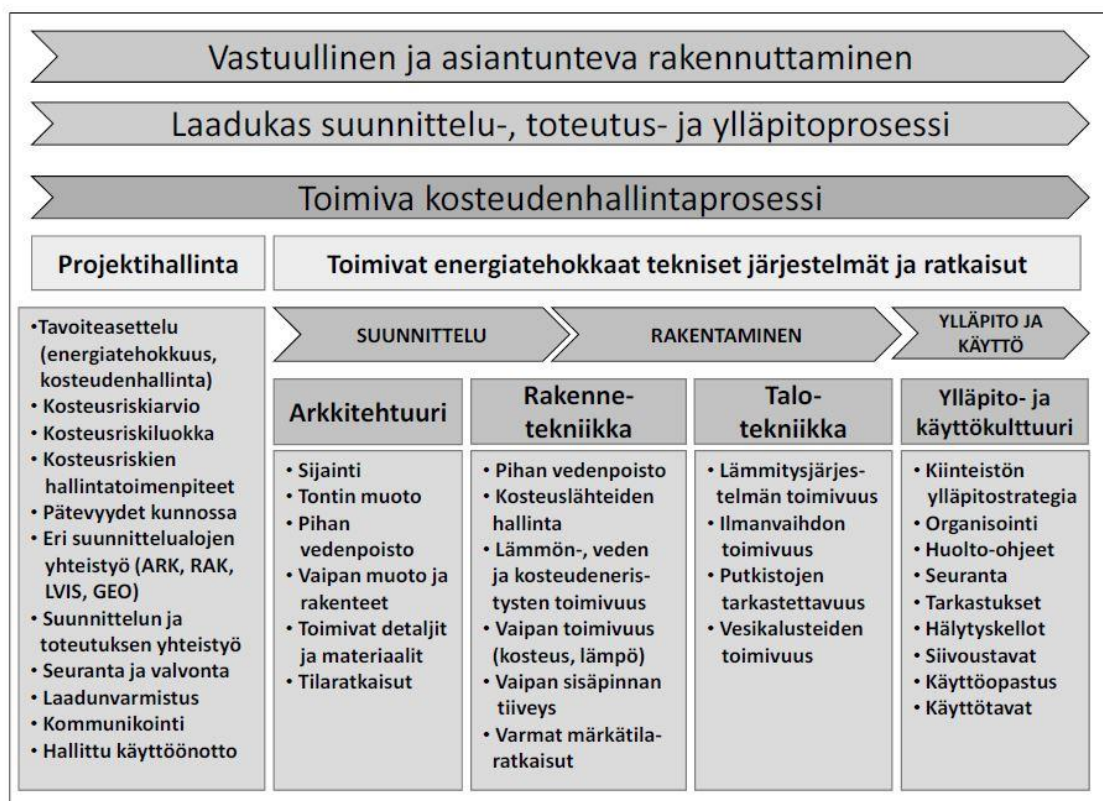
Samaisessa Työterveyslaitoksen tutkimuksessa arvioitiin kosteus- ja homeongelmien aiheuttamien vuosikustannusten olevan 450 miljoonaa euroa. Lukuun on sisällytetty oireista, sairauksista ja niiden tutkimisesta, työkyvyn menettämisestä sekä työtehon ja tuottavuuden laskusta aiheutuvat kustannukset. Tällä hetkellä valtio budjetoit vuosittain julkisten rakennusten kunnostukseen 50 miljoonaa euroa.¹

¹ Joonas Koponen, 2013, Yleisimmät kosteusvauriot ja niiden aiheuttajat kajaanilaisissa taloyhtiöissä 2000 -luvun alussa, s. 35.

5 Kosteus- ja homeongelmien vähentäminen uudisrakentamisessa

5.1 Suunnitteluratkaisut

Rakentamisen kosteuden hallinta saa alkunsa rakennuttajan laadunmääritteistä jo ennen varsinaisen suunnitteluvaiheen alkamista (kuva 8). Toimivan kosteudenhallinnan edellytyksenä on, että kosteudenhallinnan laadun taso määritellään tässä vaiheessa mahdollisimman tarkasti. Pääsääntöisesti tämän laatutason tulisi ylittää vaadittu vähimmäistaso. On suositeltavaa, että rakennuttaja tekee tässä vaiheessa yhteistyötä kosteustekniikan ammattilaisen, esimerkiksi rakennuttajainsinöörin tai pääsuunnittelijan, kanssa, jotta varmistettaisiin kosteudenhallinnan riittävyys kyseiselle hankkeelle.¹



Kuva 8. Kosteudenhallinnan pääkohdat. [Lähde: Pekka Seppälä, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, 2013, s. 7]

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 8.

5.2 Tuotannon toteutus

Kaikessa uudisrakentamisessa on otettava kosteudenhallinta huomioon kriittisenä osana rakennustuotantoa. Suunnitteluvaiheessa laadittua kosteudenhallintasuunnitelmaa tulee soveltaa koko tuotannon ajan.

Nollaenergia- ja passiiviennergialojen kosteudensietokyky on aiemmin rakennettuja taloja korkeampi pääasiassa niiden rakenteiden kerroksellisuuksien takia. Niiden toteutuksessa on erityisen tärkeää laatia kattava kosteudenhallintasuunnitelma ja varmistaa sen toteutus.

Säännölliset kosteusmittaukset osana laajaa kosteudenhallinnan toteutuksen valvontaa varmistavat kosteusteknisesti toimivan rakennustuotannon.¹

5.3 Ylläpito

Rakennuksen käytön aikana täytyy varmistaa huolellisen ylläpidon toteutuminen rakennuksessa. Käytön aikaiset kosteusvauriot voivat syntyä esimerkiksi vesivahingosta, talotekniikan kuten ilmastoinnin puutteellisuudesta tai väärinkäytöstä tai lumen väärästä sijoittamisesta rakennuksen lähellä.

Nykyaikana nollaenergia- ja passiiviennergialojen yleistyessä on rakennuksen ylläpidon aikainen kosteudenhallinta entistä tärkeämpää. Nollaenergia- ja passiiviennergialoille ominainen ilmatiiveys ja lisätty eristemäärä kasvattaa kosteusvaurion riskiä rakenteessa. Huolellinen ylläpito on tärkeää rakenteen toimivuuden varmistamiseksi.

Rakennuksen huoltokirja on tärkeä työkalu rakennuksen ylläpidon oikeaoppisessa ylläpidossa. Huoltokirja, sekä kattava opastus rakennuksen luovutusvaiheessa antavat hyvän pohjan rakennuksen ylläpitoon. Erityisesti märkätilojen ja LVI-laitteiden käytön opastus on tärkeää. Säännöllinen huolto ja kuntotarkastukset rakennuksen käytön aikana ovat tärkeä osa rakennuksen ylläpitoa.¹

¹ Tarja Merikallio, Rakennustyömaan kosteudenhallinta, Rakennustieto, s. 1.

5.4 Kosteudenhallinnan suunnittelun aihealueet

Kosteudenhallinnan suunnittelussa tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

Rakennuskohteen kuivatus

- Tontin muotoilu, pintavesisuunnitelma ja rakennusten korkeusasema
 - Tarkistetaan kallistusten riittävyys, pintavesien poisjohtaminen, rakennuksen korkeussijainti tontilla maan pintaan nähden
- Sadevesien, kattovesien ja pohjavesien poisjohtaminen ja viemäröinti
 - Käytetään oikeita maarakenteita, varmistetaan salaojajärjestelmän riittävyys ja kattoveden poiston toimivuus
- Lumien sijoituspaikat tontilla
 - Sijainti ja etäisyys rakennuksesta tulee olla riittävä ja sulamisveden valuminen rakennuksesta poispäin
- Puiden ja pensaiden sijoittaminen rakennusten lähetyville
 - Varmistetaan, että kasvillisuus on riittävän kaukana rakennuksen perustuksista.¹

Perustusten kosteudenhallinta

- Pohjavesien ja muiden vesien hallinta rakennuksen perustusten alla
 - Suunnitellaan oikeanlaiset maakerrokset (mm. kapillaarikatkot) ja rakenteet perustusten ja alapohjan alla sekä sokkelia vastaan, varmistetaan salaojajärjestelmän toimivuus
- Ulkoseinän ja alapohjan liitoksen toimivuus
 - Varmistetaan rakenneratkaisujen toimiminen lämpö- ja kosteustekniseltä kannalta ja varmistetaan ilmatiiveys
- Alapohjan ja väliseinien liitoskohtien lämpö-, tiiveys- ja kosteusriskit.¹

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 8-9.

Rakennusvaipan kosteustekninen toimivuus

- Rakennusvaipan yleinen toiminta ja laadunvarmistus
 - Toimivat rakenneratkaisut kosteustekniikan kannalta
 - Määritellään toteutettavia laadunvarmistustoimenpiteitä, kuten lämpökuvaus ja ilmantiiveysmittaus
- Katon vedenpoisto: sadevesijärjestelmä, kallistukset, räystäät, vesikaton läpäisy, sisäkallistukset ja aluskatteen asennus
 - Toimivat rakenneratkaisut kosteustekniikan kannalta
 - Vedenpoistolle varareitti
- Yläpohjan riittävä tuuletus ja räystäspituus
- Julkisivujen tuuletus ja oikeat materiaali- ja detaljivalinnat.¹

Märkätilojen toimivuus

- Märkätilojen rakenneyksityiskohdat ja laatutaso
 - Suunnitelmien taso, ratkaisujen laatutaso, toimivat rakenneratkaisut
- Sertifioitu vesieristysjärjestelmä ja henkilösertifioitu asennustyö
 - Asetetaan tavoitteet työn suorittamista varten
- Vesieristyksen laadunvarmistus
 - Laadunvarmistuksen taso ja sisältö
- Märkätilan lattalämmitys ja ilmanvaihto ympärivuotisessa käytössä
 - Teknisten ratkaisujen taso
- Vesikalusteiden ja putkien asennustapa ja sijainti
 - Vedeneristykset tulee pyrkiä rikkomaan mahdollisimman vähän.¹

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 8-9.

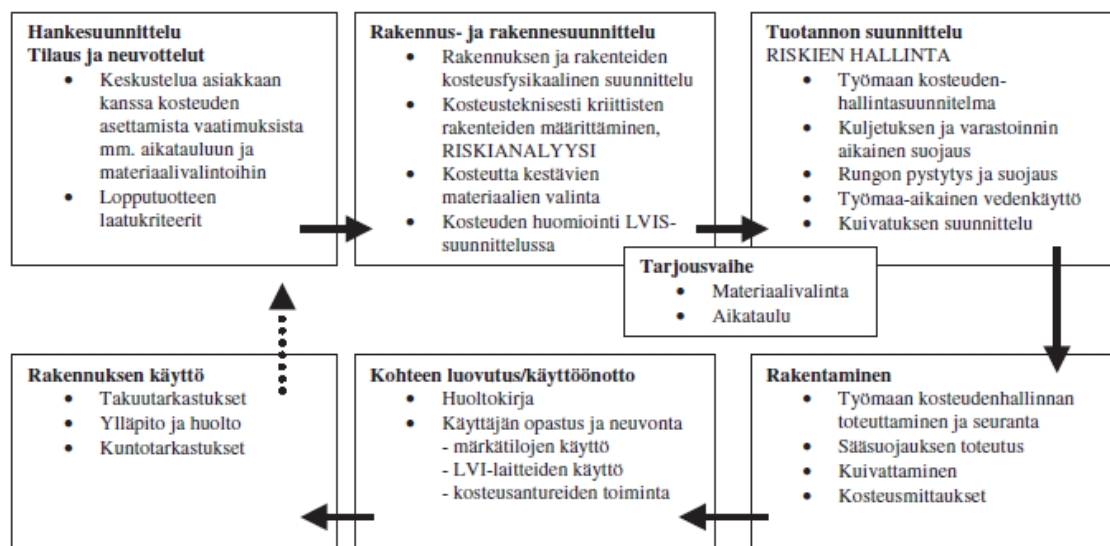
Talotekniikan ratkaisut:

- Suojaputkien asennus
- Rakenteiden sisälle asennettavat vesijohdot ja teknisen tilan vedeneristys
- Automaattinen paineellisen veden vuotohälytys
- Vesikiertoisen lattialämmityksen toimintavarmuus
- Jääkaapin, pakastimen, pesukoneen ja allaskaapin alle kaukalo.¹

Kosteudenhallintaa suunniteltaessa on otettava huomioon myös:

- Rakennustyömaan olosuhdehallinta
- Kosteusmittaukset
- kosteudenhallinnan organisointi ja seuranta.¹

Edellä mainituista ehdoista muodostuu hankekohtainen kosteudenhallintasuunnitelma, joka määrittelee kosteudenhallinnan laadun tavoitetason (kuva 9). Kosteudenhallintasuunnitelmaan voi myös tarpeen vaatiessa lisätä hankekohtaisia erikoistavoitteita.



Kuva 9. Rakennuksen elinkaaren aikainen kosteudenhallinta. [Lähde: Tarja Merikallio, Rakennustyömaan kosteudenhallinta, Rakennustieto, <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>, luettu 31.3.2015, s. 1]

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 9.

5.5 Hometalkoot

Kosteus- ja hometalkoot on ympäristöministeriön vuonna 2010 aloittama viisivuotinen hanke, jonka tarkoituksena on nostaa kosteus- ja homeongelmat parempaan tietoisuuteen ja edistää paremman rakentamistavan kehittämistä.¹

Ympäristöministeriö haluaa hankkeellaan edesauttaa paremman kansanterveyden aikaansaamista kosteus- ja homeongelmiin liittyen, sekä vähentää kosteus- ja homeongelmista aiheutuvia korjauskustannuksia. Kosteus- ja hometalkoot -hanke pyrkii levittämään tietoa kosteus- ja homeongelmista ja auttamaan kehittämään uusia, turvallisempia ja toimivampia rakentamistapoja.¹

Hanke yrittää myös murtaa rakentamisalalla vallitsevaa muutoksen vastaista asennetta, joka tällä hetkellä on yksi suurimmista esteistä kosteus- ja homeongelmien vähentämiselle.¹

5.6 Kosteudenhallinta YSE:ssä

Tällä hetkellä YSE (1998) ei sisällä normeja työmaa-aikaisen kosteudenhallinnan toteuttamiseen. Tästä johtuen kosteudenhallinnan toteutuksen laajuuden määrittäminen on tilaajan vastuulla. Usein nämä vaatimukset jäävät suppeiksi tai puuttuvat kokonaan, jolloin työmaa-aikainen kosteudenhallinta jää miltei kokonaan urakoitsijan päätettäväksi.²

Eduskunnassa ja rakentamisyhteisössä on ollut kehitteillä lisäyksiä YSE:n urakoitsijanormeihin, jotka vaatisivat laajempaa ja yksityiskohtaisempaa kosteudenhallinnan suunnittelua rakentamistuotannossa. Ongelmia seuraakin urakoitsijan vastualueiden määrittämisessä. Jos tilaaja ei ole sopimusasiakirjoissa määrittänyt kosteudenhallinnan toteutukselle laatutasoa ja laajuutta, on vaikea kosteusvaurion myöhemmin ilmetessä selvittää kyseisen vaurion korjausvastuu.²

¹ Ympäristöministeriön Hometalkoot -aloitteen kotisivut, <http://www.hometalkoot.fi>, luettu 27.3.2015

² Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2013 vp, rakennusten kosteus- ja homeongelmat, s. 15.

6 Kosteudenhallinnan toteutus rakennushankkeen eri vaiheissa

Kosteudenhallinnasta rakentamisen aikana määrätään seuraavaa:

Hygienia, terveys ja ympäristö. Rakennuksesta ei saa aiheutua hygienian tai terveyden vaarantumista syistä, jotka liittyvät erityisesti ... taikka rakennuksen osien tai sisäpintojen kosteuteen.¹

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei, siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille.²

Kosteudenhallinnan toteutuksen vastuualueet määritetään sopimusasiakirjoissa. Vastuualueiden sisällön määrittäminen tarkasti on tärkeää, ja kosteudenhallinnan poikkeukset ja erityisvaatimukset sekä edellytettävät mittaustulokset dokumentoidaan tarkoituksenmukaisissa asiakirjoissa (kuva 10).³

Tekijä	Rakennushankkeeseen ryhtyvä, rakennuttaja	Suunnittelijat, päärakennesuunnittelija koordinoi	Päätoteuttaja, päärakennesuunnittelija avustaa	Päätoteuttaja ja urakoitsijat
Hankkeen vaihe	Hankesuunnittelu	Suunnittelu	Työvaihesuunnittelu	Viikkosuunnittelu, rakentaminen
Toimenpiteet	Päätös vaaditusta kosteudenhallinnan laatutasosta Budjettivaraus toteutukselle Rakentamisen aikataulu	Rakenteiden rakentamis- ja käytönaikaisen toimivuuden suunnittelu Kosteudenhallinnan ohjeet suunnitelmiin Riskien arviointi Kosteustekninen suunnitelmien tarkastus ulkopuolisella asiantuntijalla	Kosteuden hallinnan suunnittelu osana koko työmaan toteutussuunnittelua Tehtäväsuunnitelmat Yleisaikataulu	Kuivanapidon toteutus, tarkastukset ja huolto Kuivanapidon käsittely kokouksissa ja palavereissa Olosuhteiden seuranta

Kuva 10. Kuva Vastuujako kosteudenhallinnan suunnittelussa. [Lähde: Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, 2012, s. 128]

¹ Maankäyttö ja rakennusasetus 10.9.1999/895, 50 §, Rakennuksen olennaiset tekniset vaatimukset.

² Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2: Kosteus.

³ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 22.

6.1 Hankesuunnitteluvaihe

Toimiva kosteudenhallinta lähtee tilaajan toiminnasta. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee määrittää ennen hankkeen suunnittelun aloitusta haluamansa kosteudenhallinnan taso ja liittää se osaksi suunnitteluohjeita ja sopimusasiakirjoja. Erityisesti huomio tulee olla rakentamisen ajankohdan, rakenneratkaisujen, materiaalivalintojen ja sääsuojauksen valinnassa, sekä niiden sitomisessa aikatauluun, joka mahdollistaa toimivan kosteudenhallinnan toteutuksen.¹

Tilaaja voi sisällyttää vaatimansa kosteudenhallinnan tason suunnittelu- ja urakkasopimuksiin, jolloin ne ovat osa rakentamisen suunnittelua heti alusta alkaen. Jos tilaaja ei tällä tavalla määritä kosteudenhallinnan reunaehtoja, on urakoitsijoilla vapaus suunnitella ja toteuttaa kosteudenhallinta hyväksi katsomallaan tavalla. Tapauksista riippuen tästä voi seurata suuretkin kustannukset tilaajalle myöhemmin rakennusvaiheen kosteudenhallinnan laiminlyönnistä johtuvien kosteus- ja homevaurioiden ilmetessä, puhumatakaan kosteusvaurioin synnyttämästä häiriöstä rakennuksen käytössä.¹

Hankkeen alussa on päätettävä, suojataanko rakennus kokonaan vai pyritäänkö sääsuojaus toteuttamaan suojaamalla vain rakennuksen osia ja materiaaleja. Osittainen suojaus on aina koko rakennuksen suojaamista riskialttiimpaa. Rakennusvuodenaika vaikuttaa paljon rakennuksen tuotantotapaan, joka taas vaikuttaa rakenneosien ja rakennuksen sääsuojaukseen. Kuivatus-, lämmitys- ja suojausratkaisut tulee valita rakentamisvuodenajan ja rakentamisvaiheen mukaan.²

Koko rakennuksen suojaaminen on yksittäisten rakennusosien ja rakenteiden suojaamista kalliimpaa, mutta siitä seuraa paljon hyötyä. Sääolot eivät pääse suoraan vaikuttamaan rakennustöihin, eli säästä johtuvat häiriöt ja odotukset poistuvat kokonaan. Seurauksena tästä työn suunnittelu on paljon helpompaa ja töiden eteneminen tapahtuu suunnitellulla vauhdilla ja rakenteet pysyvät kuivina. Lisäksi rakennusmateriaaleja ei pääse vaurioitumaan, joka vähentää siten myös kustannuksia.²

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.127.

² Työmaan kuivana pito suojaamalla, koulutusmateriaali, 2014, Ympäristöministeriö, s.12.

Kosteudenhallinnan tasoa määritettäessä on otettava huomioon seuraavat asiat:

- Rakennusajankohta ja -nopeus
- Rakenteiden kosteudensietokyky
- Rakentamisajan olosuhdevaatimukset
- Kosteudenhallinnan kannattavuus eri rakenteissa.¹

Kaikki rakennuskohteet ovat yksilöllisiä, joten myös niiden vaatimat kosteudenhallintamenetelmät ja -laajuus ovat tapauskohtaisia. Tämän vuoksi on mahdotonta luoda yleispätevää yksityiskohtaista ohjetta jokaisen rakennushankkeen käyttöön. Tulisi kuitenkin olla selvää, että ainakin edellä mainittuihin kysymyksiin saadaan toimivat vastaukset. Samalla tavalla, kun jo käydään läpi työturvallisuus ja aikatauluasiat suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa, tulisi myös kosteudenhallinnalliset asiat selvittää mahdollisimman yksityiskohtaisesti hankesuunnitteluvaiheessa. Lisäapua kosteudenhallinnan suunnitteluun voi saada kosteudenhallintaan perehtyneiltä rakennustekniikan ammattilaisilta, jotka voidaan tuoda mukaan hankkeeseen suunnittelemaan kosteudenhallinnan toteutusta.¹

Kun haluttu kosteudenhallinnan taso on saatu määritettyä tilaajan toimesta, tulisi nämä vaatimukset sisällyttää suunnittelu- ja urakkatarjouspyyntöasiakirjoihin. Tällä varmistetaan, että kosteudenhallinta on tunnettu ja ymmärretty osa rakentamistuotantoa alusta alkaen. Kosteudenhallinnan sisällyttäminen tarjouspyyntöasiakirjoihin varmistaa myös sen, että rakentamishankkeen eri osapuolilla on selvä käsitys siitä, miten kosteudenhallinta tulee kyseisessä rakennushankkeessa toteuttaa. Näin vältetään lisäkuluilta, viivästyksiltä ja väärinymmärryksiltä hankkeen myöhemmissä vaiheissa ja rakentaminen on hallitumpaa. Rakennusteknisten töiden valvojan tulee valvoa sopimuksissa sovitun kosteudenhallinnan toteutumista rakentamisen aikana.¹

6.1.1 Rakennuksen lämpö- ja kosteustekninen suunnitteluluokka

Rakennusta suunniteltaessa sille määritellään lämpö- ja kosteustekninen suunnitteluluokka. Suunnitteluluokat ovat vaativuusjärjestyksessä RF1, RF2 ja RF3, joista RF1 on

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.127.

vaativin. Rakennuksen suunnitteluluokka määritetään rakennuksen hankesuunnittelu- vaiheessa ja se kirjataan kohteen suunnitteluohjeisiin. Suunnitteluluokkaa tarkennetaan rakennuksen suunnittelun edetessä rakennuksen eri tiloille ja rakenneosille. Suunnitteluluokka määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen, rakennuskohtaisen rasisutustekijöiden, tilaajakohhtaisten tavoitteiden ja rakennuksen käyttöikätaavoitteen perusteella.¹

Rakennuksen suunnitteluluokan tarkoituksena on ohjata suunnittelijoiden toimintaa ja itse suunnitteluprosessia sekä rakennustuotannolle ja rakentamisen lopputulokselle asettavia kriteerejä.¹

Kosteusteknisestä näkökulmasta suunnitteluluokka auttaa kohdentamaan kosteusteknistä suunnittelua määrittämällä sen laajuus ja laatu kohdetietojen ja tilaajatavoitteiden perusteella. Suunnitteluluokka siis vaikuttaa suunnitelmien laajuuteen ja yksityiskohtaisuuteen. Tämä auttaa tilaajaa vaikuttamaan suunnitelmien sisältöön ja yksityiskohtaisuuteen. Suunnitteluluokkaa määrittäessä otetaan huomioon mm. käyttötarkoitus, huollettavuus, vaihdettavuus ja muunneltavuus. Suunnitteluluokka määrittää myös suunnittelussa tarvittavan yhteistyön määrää eri alojen asiantuntijoiden kanssa. Vaativimmissa kohteissa, kuten RF1-kohteissa, voidaan tarvita kosteusteknistä asiantuntijaan hankkeen vaativien olosuhteiden tai muun kosteusteknisesti haastavan piirteen takia.¹

Suunnitteluluokka RF3 on rakentamisen perustasoa kuvastava suunnitteluluokka, joka kattaa suurimman osan rakentamisesta. Suunnitteluluokkaan RF3 tarkoittaa rakennusta, joka ei ole lämpö- tai kosteusteknisesti haastava, jolloin voidaan käyttää tavanomaisia rakentamiskäytäntöjä ja referenssitietoja. Kosteustekniseltä kannalta tärkeää on kuitenkin esittää sääsuojausvaatimukset ja varmistaa, että rakennustyönäikainen kosteus on otettu huomioon rakennustyön toteutukselle asetettavissa kriteereissä.¹

Suunnitteluluokan RF2 rakennushankkeet edellyttävät jo lämpö- ja kosteustekniseen suunnitteluun perehtyneitä suunnittelijoita ja RF3-luokkaa tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa suunnittelutyötä ja mitoitusia. Rakenteen toimivuus ei tässä tapauksessa ole osoitettavissa pelkästään rakennusmääräysten ja referenssitietojen perusteella, vaan rakennussuunnittelu vaatii tapauskohtaisia laskentoja ja suunnitteluratkaisuja, jotka ovat

¹ Teppo Lahtinen, Martti Viljanen, 2001, Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu, s. 13.

ainutlaatuisia kyseiselle rakennukselle. RF2-suunnitteluluokan rakennusta suunniteltaessa on myös tärkeää laatia riskiarvioita, joissa suunnitteluratkaisuihin vaikuttavat epävarmuustekijät otetaan huomioon.¹

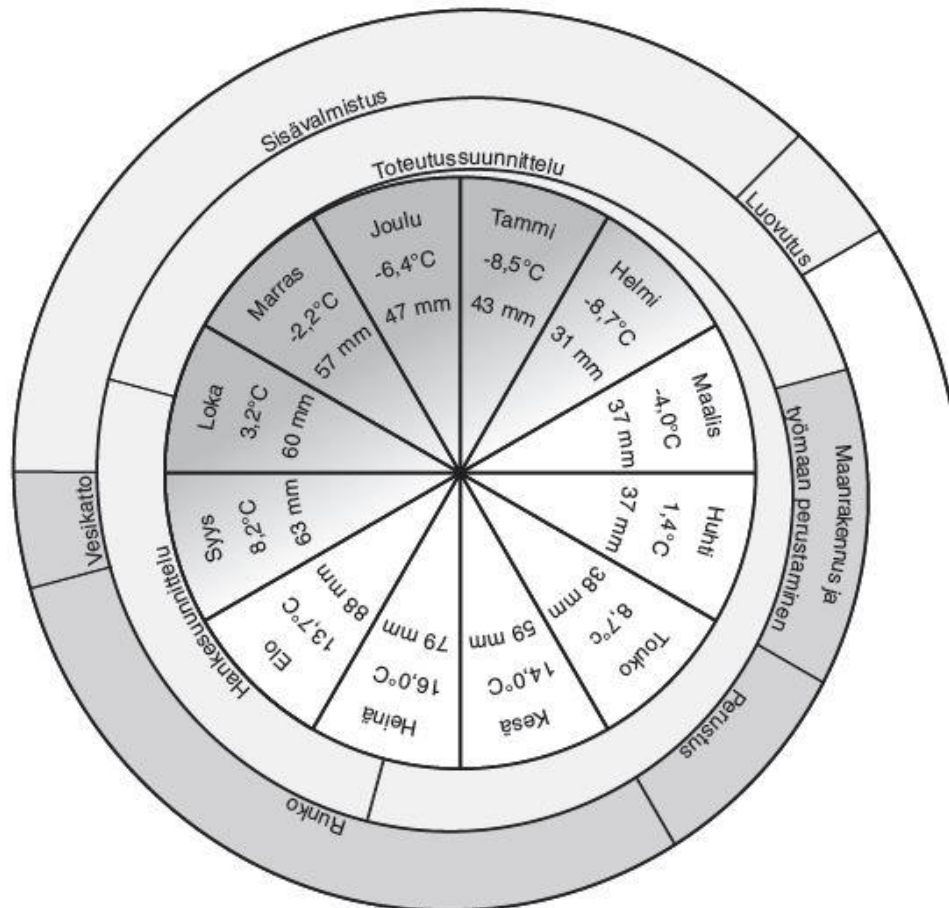
RF1-suunnitteluluokka vaatii analyysipohjaista suunnittelua lämpö- ja kosteusteknisesti vaativia rakenteita ja rakennuksia suunniteltaessa. RF1-luokka saattaa kattaa koko rakennuksen tai se voi olla rajoitettu vain yhteen tilaan tai rakenneosaan. Lämpö- ja kosteusteknisen suunnittelun laajuus on tapauskohtaista. Suunnittelutyössä käytetään muiden suunnitteluluokkien tietojen ja käytäntöjen lisäksi numeerista laskentaa ja esikokeita ja -mittauksia. Rakennustuotantoa varten laaditaan yksityiskohtaiset suunnitelmat.¹

6.1.2 Hankeaikataulun laadinta

Rakentamisajankohta on merkittävä tekijä rakentamisen kosteudenhallinnassa (kuva 11). Vallitseva vuodenaika rakentamisen aikana on suuri vaikuttaja rakentamisen aikaisessa kosteusrasituksessa. Runkovaiheessa rakennus on yleensä herkimmillään eri kosteuslähteille, jolloin tämä rakennusvaihe olisikin paras toteuttaa mahdollisimman kuivaan aikaan. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista rakentamisen suhdanteiden ja halutun käyttöönottoajan seurauksena.²

¹ Teppo Lahtinen, Martti Viljanen, 2001, Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu, s. 13–14.

² Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s. 128.



Kuva 11. Rakentamisen aloittamisen ajankohta määrittää kosteimman rakentamisajankohdan. [Lähde: Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, 2012, s. 128]

Rakennusajankohtaa suunniteltaessa on otettava huomioon halutut työmaaolosuhteet. Tällöin on huomioitava rakentamisen alkamiseen vaadittavien toimenpiteiden ajoitus, jotta itse rakentaminen saadaan ajoitettua haluttuun vuodenaikaan. Hankkeen laajuus ja sen toteutustapa määrittävät pitkälti hankkeen suunnittelun ja viranomaistoimenpiteiden keston.¹

Aina ei ole kuitenkaan mahdollista ajoittaa rakentamista parhaaseen mahdolliseen vuodenaikaan, tai vallitsevat sääolosuhteiden kyseisenä aikana eivät ole toivotut. Tällöin tulee käyttää etenkin runkovaiheessa, joka on yleensä rakentamisen vaiheista kaikista kosteusherkin, hyväksi havaittuja ja toimivia sääsuojauks-, kuivaus- ja lämmitysmenetelmiä.

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.128–129.

Tarvittavan sääsuojauksen käyttöön ja asentamiseen tulee varata suunnitteluvaiheessa sen vaatimat resurssit ja aikataulussa suojaukseen tarvittava aika.¹

Hankeaikataulua suunniteltaessa ovat laadittavat keinot, joilla rakentaminen saadaan toteutettua haluttuun vuodenaikaan. Epäedulliseen vuodenaikaan rakentaminen tuo hankkeelle monia lisäkustannuksia jo pelkästään kosteudenhallinnan kannalta, ja vaatii mahdollisesti suuriakin aikataulumuutoksia. Mahdollisiin riskeihin, jotka voivat myöhästyttää rakentamista, tulee varautua riskejä arvioitaessa. Rakennushankkeen suunnittelulle on varattava riittävästi aikaa, jotta rakentaminen voidaan toteuttaa mahdollisimman laadukkaasti ja kustannustehokkaasti. Suunnittelijoiden tulee keskenään käydä läpi tilaajan asettamat vaatimukset rakentamisen kosteudenhallinnalle ja sopia kosteudenhallinnan keinoista ja menetelmistä.¹

6.2 Suunnitteluvaihe

Suuri este toimivan ja riittävän kosteudenhallinnan toteutumiseen rakentamisen aikana ovat puutteelliset kosteudenhallinnan vaatimukset suunnitteluohjeissa. Vastuu näiden ohjeiden laatimiseen on rakennushankkeeseen ryhtyvällä eli tilaajalla, jonka tulee esittää kosteudenhallinnan vaatimukset ja reunaehdot suunnitteluasiakirjoissa. Vaatimusten puuttuminen antaa vapaat kädet rakennusurakoitsijoille toteuttaa rakentamisen aikainen kosteudenhallinta haluamallaan tavalla. Rakentamisen aikaista kosteudenhallinnan tasoa ei ole missään normeissa tai sopimusehdoissa erikseen määritelty. RYL, YSE tai muut rakentamisen normit eivät anna mitään vaatimuksia rakentamisen aikaisille olosuhteille. Tämän takia on ehdottoman tärkeää, että tilaaja asettaa omat vaatimuksensa kosteudenhallinnan suunnittelulle ja toteutukselle sekä sen toteutuksen valvonnalle rakentamisen aikana.¹

Muita ongelmia kosteudenhallinnan toteutukselle ovat suunnittelussa syntyneet huonot tai kokonaisuudessaan mahdottomat toteutettavat kosteudenhallintaratkaisut. Esimerkiksi rakennuskosteuden poistoon ja tuuletukseen liittyvät ratkaisut, jotka voivat olla mahdottomia toteuttaa joko rakennusosaa valmistaessa tai itse työmaalla.¹

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.128–129.

Ongelmia voi myös syntyä rakennustyömaalla. Rakentajilta voi puuttua tarvittava tieto rakenteen toiminnasta, jolloin se voidaan asentaa väärin, tai rakenne on liian vaikea toteuttaa halutulla tavalla työmaaolosuhteissa. Näistä tapauksista seuraa se, että rakenne ei vastaa suunnittelijoiden tavoitetta ja voi synnyttää kosteusteknisiä ongelmia myöhemmin. Suunnitelmien tulee selittää halutun kosteudenhallinnan taso niin tuotteiden valmistajille kuin niiden asentajillekin mahdollisimman yksityiskohtaisesti.¹

6.2.1 Kosteusteknisesti turvallinen rakennesuunnittelu

Rakentamisessa olisi aina pyrittävä niin sanottuun ”kuivan rakentamisen periaatteen”. Täysin kuiva rakentaminen ei kuitenkaan ole nykyisillä menetelmillä kustannustehokasta. Tämän takia suunnittelijoiden onkin suunniteltava rakenteet kestävästi rakentamisen aikainen kosteusrasitus. On siis suunniteltava rakenteet niin, että ne toimivat kosteusteknisesti valmistuksessa, asennuksessa ja käytössä. Esimerkiksi rakenteiden tuulettaminen on suunniteltava tällä periaatteella.¹

Suunnitelmiin tulee myös sisällyttää tarvittavat tiedot vaadituista työmaaolosuhteista sekä suojaus-, lämmitys- ja kuivausmenetelmistä, joita tarvitaan rakenteiden toimivuuden varmistamiseen. Rakenteiden kosteustekninen toimivuus perustuu suunnitteluratkaisuihin. Suunnittelijoiden on laadittava rakenteet, jotka täyttävät tilaajan asettamat kosteustekniset vaatimukset, ovat hyvän rakennustavan mukaisia ja kustannustehokkaita.¹

Suunnitelmia laatiessa on suunnittelijoiden otettava huomioon rakennusmateriaalien ja rakenteiden kosteudensietokyky rakentamisen aikaisissa olosuhteissa, rakennuskosteuden poisto menetelmät, tuuletuksen toimivuus odotettavissa olosuhteissa, pintavesien ohjaus ja perustusten toimivuus sekä pintamateriaalien toimivuus. Suunnittelijoiden on laadittava näihin kohtiin ratkaisut, jotka eivät yksistään toimi omana kokonaisuutenaan, vaan myös yhdessä toistensa kanssa.¹

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.129.

6.2.2 Rakennusfysiikan simulaatiot

Simulaatioilla tutkitaan lämmön ja kosteuden siirtymistä ja varastoitumista rakenteessa. Simulaatiossa tutkittava rakenne voidaan altistaa eri fysikaalisten ilmiöiden yhteisvaikutuksille, jolloin voidaan tutkia niiden vaikutusta rakenteen toimivuuteen. Muita rakenteen toimivuuteen vaikuttavien tekijöiden, esim. kylmäsiltojen, nurkkarakenteiden ja maaperän vaikutusta pystytään simuloimaan ja siten voidaan varmistaa rakenteen käyttäytyminen eri tilanteissa. Rakenteet voidaan myös altistaa todellisten säätilastojen mukaisiin sääoloihin ja simuloida niiden avulla vuosien käytön vaikutus rakenteeseen.¹

Simulaatioita käytetään uudisrakentamisessa riskirakenteiden välttämiseen. Tutkimalla suunniteltua rakennetta simulaatio-ohjelmalla, voidaan tunnistaa rakenteen riskikohta, joka saattaisi todellisuudessa vaatia vuosien käytön ennen kuin vika ilmenisi. Rakennetta voidaan muuttaa simulaatioiden perusteella toimivammaksi.¹

Rakennusfysiikan simulaatioita voidaan myös käyttää, kun suunnitellaan muutoksia rakennuksen rakenteeseen. Muutoksia tehdessä rakennuksen rakennusfysikaalinen toiminta muuttuu ja sen vaikutusta voidaan simulaatioiden avulla tutkia. Kuntotutkimuksissa voidaan simulaatioiden avulla etsiä syy kosteusvaurion syntyyn ja samalla tutkia, kuinka rakennetta tulisi muuttaa, jotta sama vika ei toistuisi rakenteessa.¹

Rakennusfysiikan simulaatioiden toteutukseen on laadittu useita simulaatio-ohjelmia, kuten COMSOL Multiphysics ja WUFI. Näistä ensimmäisellä voidaan simuloida fysiikan eri osa-alueita, mm. virtauksia ja lämmönsiirtymistä. WUFI-ohjelmalla voidaan simuloida lämmön ja kosteuden siirtymistä rakenteessa. Simulaatio-ohjelmat laskevat annettujen arvojen perusteella arvot rakenteelle, jota ohjelman käyttäjän tulee osata tulkita. Tulokset esitetään joko numeerisesti tai graafisesti. Ohjelman käyttäminen vaatii tuntemusta rakennusfysiikasta, sillä tulosten mielekkyyttä täytyy osata arvioida.¹

Simulaatio-ohjelmia käyttäessä on kuitenkin hyvä muistaa, että sille annetuissa arvoissa on aina epävarmuuksia. Ohjelmalle annetut tiedot materiaaleista ja säätiedoista ovat likimääräisiä, jolloin lopputuloksessa on aina pieni virhemarginaali. Yleensä ohjelmalla tehdyt simulaatiot rajataan vain oleellisimpiin tapauksiin, jolloin käytetään mahdollisim-

¹ Kari Suvanto, Rakennusfysiikan simulaatiot- kurssimateriaali, Metropolia Ammattikorkeakoulu

man yksinkertaistettuja rakennemalleja ja altistetaan ne todennäköisimmille kosteusrasitteille. Lisäksi yleensä tarkasteltavissa rakenteissa ei oteta huomioon mahdollisia rakennusvirheitä, joilla saattaa todellisuudessa olla suuretkin seuraukset. Siten on huomioitava, että simulaatioiden tulokset ovat vain ideaalirakenteista, eli niihin on suhtauduttava kriittisesti.¹

Energiatehokkaampien rakennusten yleistyessä on rakennusfysiikan simulaatioiden merkitys entistä tärkeämpi, sillä matalaenergia- ja passiivitalojen kerrokselliset seinärakenteet ovat luonteeltaan riskialttiita kosteusvaurioille. Simulaatioissa voidaan tutkia kerroksellisten rakenteiden toimivuutta tehokkaasti ja varmistaa siten rakenteiden toimivuus todellisuudessa.

6.3 Rakennusvaihe

Rakennushankkeiden yksilöllisyys estää yhden kaikkiin tapauksiin soveltuvan kosteudenhallintamallin laadinnan. Tämän takia on kosteudenhallinta aina suunniteltava hankkeittain. Hankkeen tuotannon suunnittelu sisältää rakenteiden, tuotantotapojen, aikataulujen, työturvallisuuden ja kosteudenhallinnan suunnittelun. Rakentamisajankohta on merkittävä tekijä vaadittavan kosteudenhallinnan toteutuksen määrittämisessä. Kosteudenhallinnan toteutumiseen vaadittavat keinot riippuvat paljolti juuri kosteudenhallinnan vaatimusten laajuudesta. Myös käytettävät rakenteet ja rakennustavat vaikuttavat rakennusaikaisen kosteudenhallinnan vaatimuksiin ja toteutukseen. Rakentajien tulee suunnitella työmaan kosteudenhallintaratkaisut. Suunnitelman toteutumista valvoo koko hankkeen ajan joko yksi työnjohtaja tai jokaiselle rakennusvaiheelle valitaan kosteudenhallinnasta vastaava työnjohtaja.²

Ennen työmaan aloittamista tulee työmaan kosteudenhallinnan vaatimukset olla selvillä sekä tavoitteiden edellyttämän kosteudenhallintamenetelmien toteutustavat sovittuna. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa tulee olla eriteltynä työmaan kosteusriskit, kosteudenhallintavaatimukset alihankkijoille, suojausvaatimukset rakenteille ja materiaaleille sekä lämmitys- kuivaus-, kosteudenmittaus- ja valvontamenetelmät. Kosteuden-

¹ Kari Suvanto, Rakennusfysiikan simulaatiot- kurssimateriaali, Metropolia Ammattikorkeakoulu

² Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.129–130.

hallintasuunnitelman tulee olla aliurakoiden sopimusliitteenä. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma tulee olla selvä ja yksityiskohtainen, jolloin sitä voidaan käyttää yleisesti työmaan sisäisessä viestinnässä ja työohjeena kosteudenhallinnan toteutuksesta vastaaville työntekijöille.¹

Työmaan kuivana pitoon sisältyvät asiat:

- Valumavesien pääsyn estäminen rakenteisiin ja materiaaleihin
 - Pintavesien ohjaus, pihan kallistukset
 - Salaojat, pumppaamot
 - Perustusten ja muiden maanalaisten rakenteiden vedeneristykset
- Materiaalien suojaus sadevesiltä
 - Tehtaalla
 - Kuljetuksessa
 - Varastoinnissa
 - Asennuksen aikana
 - Asennuksen jälkeen
- Suojausmenetelmät
 - Lopulliset rakenteet
 - Sääsuojat, peitteet, teltat
 - Väliaikaiset rakenteet: suojaseinät, ovet, ikkunat
- Rakennuskosteuden poistaminen
 - Kuivumisaika-arviot, olosuhteiden luonti kuivumiselle
 - Lämmitys
 - Tuuletus/ilmanvaihto
 - Koneellinen kuivatus
- Olosuhteiden valvonta

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.129–130.

- Lämpö, kosteus, suojausten vedenpitävyys
- Kosteus- ja tiiveysmittaukset.¹

Työmaan kosteudenhallinnassa tulee pyrkiä rakennustyömaan kuivana pitoon. Kuivan rakentamisen periaatteessa rakenteiden ei anneta missään vaiheessa kastua ja rakentamiseen käytettävät materiaalit suojataan kastumiselta jo tehtaalla ja pidetään suojatuna koko kuljetus, säilytys asennus kierron aikana kunnes pysyvä sääsuoja saadaan itse rakennuksen vesikatteesta ja rakennuksen vaipasta. Tämän laajuinen sääsuojaus vaatii entistä tarkempaa suunnittelua ja toteutuksen valvontaa mutta mahdollistaa onnistuessaan hyvinkin kosteusherkkien materiaalien ja rakenneyhdistelmien käytön.¹

Lisäksi kuivassa rakentamisessa on otettava huomioon rakentamisen menetelmissä syntyvä kosteusrasite rakenteelle, kuten esimerkiksi betonoinnissa ja maalauksessa. On pyrittävä minimoimaan näistä ja muista samankaltaisista rakennusmenetelmistä syntyvä kosteus.¹

Kuivaan rakentamiseen kuuluu myös rakenteiden pitäminen suunnitellussa lämpötilassa ja siten myös ilmankosteudessa asentamisen jälkeen. Asetetut vaatimukset kuivalle rakentamiselle ovat seuraavat; vesikatto ja rakennuksen vaippa ovat vedenpitävät tai itse rakentaminen toteutetaan toimivassa sääsuojassa; ilman lämpötila on yli 15 °C lämmitettynä; ilmansuhteellinen kosteus pyritään pitämään 50 %:ssa, korkeintaan 70 %:ssa.¹

Kuiva rakentaminen on edellytys korjausrakentamisessa, puurakentamisessa ja sisävalmistustöissä, mutta on periaatteena hyvä kaikkeen rakentamiseen. On jälleen tilaajasta kiinni, miten pitkälle kuivan rakentamisen periaatetta viedään rakentamisen aikana, ja sen tarve ja laajuus tuleekin määrittää suunnitteluohjeissa ja sopimusasiakirjoissa. Lisäksi on varattava halutun kosteudenhallinnan tason vaatima aika rakentamisen aikataulutuksessa.¹

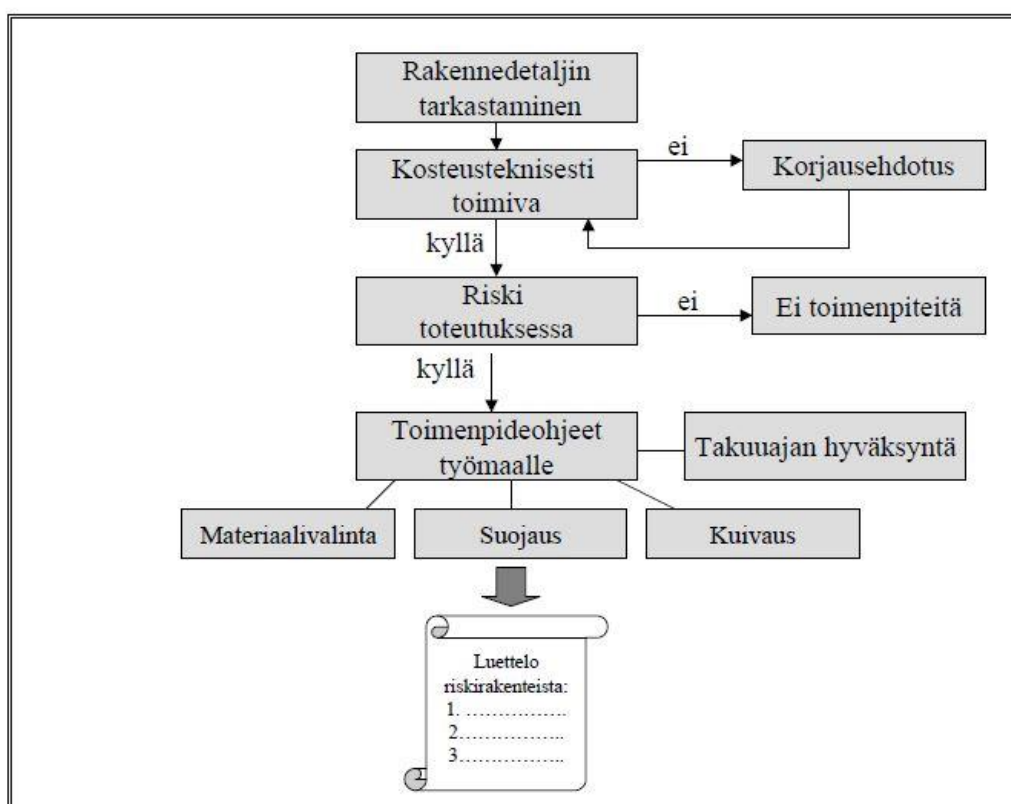
Rakenteen merkittävin kosteusrasitus on usein rakentamisen aikainen ja sen jälkeinen rakennuskosteus, johon voi vaikuttaa mm. rakennesuunnittelun ratkaisuilla, järkevällä työn suunnittelulla ja suojaustoimenpiteillä. Rakentamisvaiheen kosteudenhallintaan

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.130.

kuuluu työmaan kosteudenhallinta ja sen tulee olla luonnollinen osa työmaan työsuunnittelua ja laadunhallintaa.¹

Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteita ovat; estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen; varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä ja vähentää kuivatustarvetta.¹

Työmaan kosteudenhallinta koostuu pääasiassa seuraavista pääkohdista; kosteusriskien kartoitus; kuivumisaika-arviot; olosuhdehallinta; lämpökuvaus, kosteus- ja tiiveysmittaussuunnitelma; organisointi, seuranta ja valvonta (kuva 12).¹



Kuva 12. Rakennustyömaan kosteusriskien kartoitus. [Lähde: Pekka Seppälä, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, 2013, s. 14]

Kerätyt tiedot kirjataan työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan.

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 10.

6.3.1 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Työmaa-aikataulua laadittaessa on jo otettava huomioon työmaata koskevan kosteusmittausuunnitelman toteuttaminen.

Rakentajan asettamat laatutavoitteet muodostavat laadittavan kosteudenhallintasuunnitelman pohjan. Suunnittelijoiden laatiman suunnitelmien riskikartoitus lisätään osaksi kosteudenhallintasuunnitelmaa, kuten myös työmaan työmenetelmät, kuivumisaika-arviot ja mittaukset (kuva 13), sääsuojaukset ja olosuhteiden hallinta.¹

2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAICA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN				
Rakenne	Sijainti	Päällystämateriaali	Tavoite-Kosteus RH (%)	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
AP1	Kosteat tilat	Vetonit vedeneriste +keraamiset laatat	90%	<i>n. 70 mm paksu betonirakenne, alla styrox. Olosuhteet: 4 viikkoa kosteassa, ei kastu, sitten n.50%RH ja T 20°C. Normaali betoni K30 (v/c= 0,7), kuivuminen 90%RH:n noin 7 viikkoa, 85%:n RH:n noin 12 viikkoa. Nesteytetty kuitubetoni, jonka v/c =0,5 kuivuminen 90%RH arviolta 4 viikkoa ja 85%:n RH:n noin 7 viikkoa, => lattiarakenteilla on aikataulun puitteissa hyvät mahdollisuudet kuivua tavoitekosteuteen, kun huolehditaan, että kohteessa on riittävästi lämpöä (n.20°C) ja riittävän alhainen sisäilman RH (n.50 %). Lattialämmityksen mahdollisimman varhaisella käyttöön otolla edistetään kuivumista. Lattialämmitystä tulee käyttää ennen vedeneristeen asennusta betonin asianmukaisen jälkihoidon jälkeen.</i>

Kuva 13. Esimerkki kuivumisaika-arvioista ja toimenpideohjeista. [Lähde: Pekka Seppälä, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, 2013, s. 17]

Kosteudenhallintasuunnitelmassa on esitetty hankkeen perustiedot, mm. hankkeen tilaaja ja osapuolet. Tärkeimpänä kosteudenhallintasuunnitelmassa on myös esillä työmaan kosteudenhallinnasta vastaavat osapuolet.¹

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 12.

Suunnitteluvaiheessa tehtyjen kosteudenhallinnan riskiarvioiden tulokset liitetään osaksi kosteudenhallintasuunnitelmaa:

- Todetut riskit ja kriittiset laatutekijät
- Hankkeen kosteusriskiluokka (1-3)
- Valittu kosteudenhallinnan menettelytaso (normaali, tehostettu, yhdistelmä)
- Suunnitteluvaiheen riskienhallintatoimenpiteet
- Työmaan riskienhallintatoimenpiteet.¹

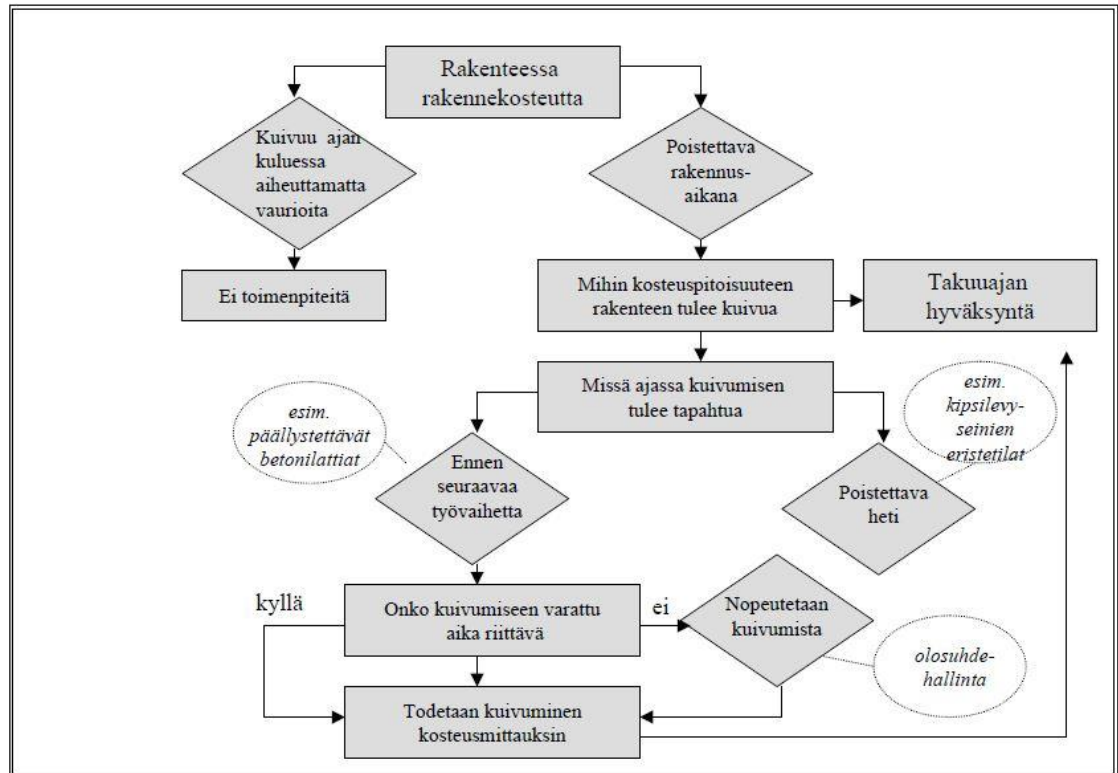
Nämä tiedot muodostavat pohjan lopun kosteudenhallintasuunnitelman laadinnalle ja toimivat lähtö tietoina työmaan kosteusriskien arvioinnissa.¹

Kosteudenhallinnan toteutukseen vaikuttaa suuresi aikataulutuksen toimivuus. Kosteudenhallinnan laajuus määräytyy hyvinkin paljon toteutusvuodenajan, käytettävien menetelmien ja materiaalien ja rakennetyypin kautta.²

Eri vuodenaikoihin tapahtuva rakentaminen vaatii erilaista suunnittelua kosteudenhallinnan toteutukselle, joka täytyy ottaa huomioon aikataulua laadittaessa. Aikatauluun täytyy esimerkiksi tarvittaessa varata aikaa talven aiheuttamien esteiden, kuten pakkasen ja lumen vaikutuksiin. Aikataulusuunnittelussa täytyy myös ottaa huomioon eri työvaiheiden kosteustekninen vaikutus. Joitakin rakentamisvaiheita ei voida aloittaa ennen kuin rakennuksen sisäiset olosuhteet ovat kyseiselle tehtävällä sopivat. Voi esimerkiksi olla, että rakenteiden täytyy antaa kuivua sopivaan kosteusasteeseen tai rakennuksen vaippa täytyy olla ummessa ennen kuin seuraava rakentamisvaihe voi alkaa. Aikataulua suunniteltaessa täytyy eri työvaiheiden järjestys suunnitella tarkkaan. Liian kireä aikataulu voi aiheuttaa rakentamisen viivästystä, tai aiheuttaa kosteusriskin mikäli rakentamisen kosteustekniset olosuhteet eivät ole suunnitelmien mukaiset seuraavan rakentamisvaiheen alkua. Esimerkiksi valettu betonilattia, jonka ei anneta kuivua tarpeeksi ennen pinnoittamista (kuva 14). Rakenteessa piilevä kosteus ei tällöin pääse poistumaan.²

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 13–14.

² Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.131.



Kuva 14. Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointikaava. [Lähde: Pekka Sepälä, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoetus ja ylläpito, 2013, s. 16]

Rakentamisen toteutukseen tehtävissä urakointisopimuksissa on oltava tarkka kuvaus kosteudenhallinnan toteutuksesta ja laajuudesta. Suunnitelmien tulee sisältää keinot ja menetelmät kuivan rakentamisen toteutukseen ja muut kosteudenhallinnan kannalta keskeiset asiat. Urakoitsijoiden kosteudenhallinnan onnistunut toteutus ei ole mahdollista, jos kosteudenhallinnan asiat eivät ole selvitetty jo sopimuksia tehtäessä. Kosteudenhallinnan tulee olla kiinteä osa koko rakennusprosessin suunnittelua.¹

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.132.

6.3.2 Työmaan kosteusriskien hallinta

Kosteudenhallintaa suunniteltaessa on aina otettava huomioon rakenteen kosteuden-sietokyky. Kaikkiin rakenteisiin voi syntyä mikrobikasvustoa olosuhteiden salliessa. Ra-kennustuotanto sisältää lukuisia kosteusriskejä, jotka täytyy huomioida. Esimerkiksi;

- Rakenteiden ja materiaalien kastuminen vesisateen tai lumien sulamisve-sien takia
- Suojauksen rikkoutuminen, puutteellisuus tai asentamatta jättäminen
- LVI-työ- tai asennusvirheistä johtunut kosteusvahinko
- Työvirheet vesikatonläpivedoissa tai vesieristysten asentamisessa
- Pinta- ja valumavesien aiheuttama kosteus rasite rakenteille, sekä raken-nuksen perustusten vesieristysten puutteellisuus tai virheellinen rakennus-tapa
- Rakennusaikaisten ja käytönaikaisten kosteusrasitusten huomioimatto-muus suunnittelussa.¹

Betonirakenteiden kosteusriskejä;

- Eristeisiin päässyt sadevesi
- Ontelolaattavälipohjien vesipesät
- Sandwich-elementin ja sokkelin liitoskohta
- Betonipintojen kuivuusaste pinnoitusvaiheessa.¹

Puurakenteiden kosteusriskejä;

- Kastuneeseen tai muista syistä hitaasti kuivuvaan puuhun syntyvä mikro-bivaurio
- Olosuhteiden vaikutus mikrobivaurion kehittymiseen
- Puun kuivumiskutistuman aiheuttamat muutoksen puussa, jos pinnoitus-vaiheen ja käyttövaiheen olosuhteet eroavat suuresti toisistaan
- Kastumisen aiheuttamat esteettiset ongelmat
- Viallisen höyrynsulun aiheuttama kosteusrasite rakenteille.¹

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotan-non kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.132.

Riskien toteutumisen estäminen vaatii ammattitaitoa ja selkeää vastuunjakoa. Suunniteltaessa kosteusherkkiä rakenteita, on hyvä varmistaa suunnittelijoiden riittävä ammattitaito. Erityistapauksissa voidaan hankkeen suunnitteluun ottaa mukaan kosteusteknisen suunnittelun ammattilainen.¹

Virheelliset rakenneratkaisut ovat usein syynä kosteusvaurion syntyyn. Jotta tällaiset virheet voitaisiin estää, täytyy kosteusriskejä arvioida tarkemmin suunnitteluvaiheessa ja pidettävä kosteudenhallinta osana suunnittelua koko suunnitteluprosessin ajan. Kosteusriskit on arvioitava tapauskohtaisesti ja niihin on laadittava toimivat ratkaisut ennen kuin suunnitelmien annetaan mennä pidemmälle. Suunnitelmien toimivuus ja yksityiskohtaisuus tulee tarkistaa ennen rakentamisen aloittamista.¹

6.3.3 Rakennustyömaan olosuhteet

Olosuhteiden hallinnan tavoitteena on ennaltaehkäistä rakennusten kosteusriskit ja varmistaa, että rakennuskohteet voidaan toteuttaa suunnitelman mukaisessa aikataulussa erilaisissa sääolosuhteissa. Olennainen osa olosuhteiden hallintaa ovat rakenteiden suojaustoimenpiteet. Hankekohtaisesti toteutetulla kunnollisella työkohteen suojauksella estetään tuotteiden vaurioituminen ja ulkonäöllisten ja muiden laatuvirheiden syntyminen. Lisäksi sillä estetään terveyshaittoja aiheuttavien mikrobi-kasvustojen syntyminen.¹

Rakentamiseen käytetyt työmenetelmät sekä rakentamisen materiaalit kuljettavat rakennukseen kosteutta, jota kutsutaan rakennekosteudeksi. Rakennekosteus on rakenteissa piilevää kosteutta, joka voi, jos sitä ei poisteta, aiheuttaa kosteusvaurion rakenteessa.¹

Rakennekosteudesta tulee pyrkiä poistamaan niin paljon kuin mahdollista. Yleisin keino rakennekosteuden poistamiseen on tuuletus, talvisin lisäksi lämmitys. Rakennekosteuden poistamisen kannalta on rakennusajankohta jälleen hyvin suuri vaikuttaja. Kuivaan aikaan vuodesta, eli keväisin tai kesäisin, on rakenteiden tuulettaminen helpointa matalan ilmankosteuden takia. Syyskesästä tai myöhemmin on tuuletus huomattavasti tehotomampi rakennekosteuden poistaja. Rakennekosteuden poistaminen on tärkeä osa kosteudenhallinnan suunnittelua, ja yksi syy miksi rakennusajankohdan tarkka suunnit-

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s. 132.

telu on tärkeä osa kosteudenhallintaa. Tuuletuksen tehokkuus keväällä ja kesällä on moninkertainen syksyyn verrattuna. Tämän seurauksena on syksyllä rakennettaessa oltava tarkempia rakennekosteutta poistaessa, esimerkiksi varmistamalla, että suunnitellut kuivausajat ovat riittävän pitkät. Koneellinen ilmanvaihto saattaa olla ainoa mahdollisuus poistaa rakennekosteutta tehokkaasti.¹

Ilmanvaihto rakennusvaiheessa on muutenkin suotavaa, sillä se poistaa työntekijöille mahdollisesti haitallisia aineita hengitysilmasta, kuten rakennuspölyä, ja parantaa siten työskentelyolosuhteita.¹

Talvella täytyy rakennekosteuden poistoon käyttää tuuletuksen lisänä myös lämmitystä, jotta kuivatusolosuhteita pystytään valvomaan. Rakenteiden kuivana pitoon talvirakentamisen aikaan kuluu myös lumen ja jään pääsyn estäminen rakennukseen. Jotta rakennuksen tuulettaminen talviaikaan olisi tehokasta, tulee suuret aukot rakenteissa peittää ja sulkea väliaikaisin keinoin. Aukot, kuten ikkunat ja ovet on hyvä peittää, jotta lämmitetty ilma rakennuksen sisällä ei pääse karkaamaan. Rakennuksen tuulettaminen onnistuu pienilläkin aukoilla, joita jää esimerkiksi väliaikaisten ovien karmien ja rungon väliin. Väliaikaisilla suojauksilla on myös hyvä estää pintavesien pääsy rakenteiden sisään.¹

Liiallinen tuuletus ei ole hyväksi lämmitettävän ilman energiankulutuksen takia. Tärkeää on varmistaa, että jokaisessa tilassa on toimiva ilmanvaihto ja että kuivatettavat rakenteet ovat esillä tasaisen kuivumisen varmistamiseksi.¹

Rakennuksen ovet, ikkunat ja muut ulkopuolelle johtavat aukot tulee saada tiiviiksi mahdollisimman pian. Sisätöiden tekoa ei tule aloittaa, ennen kuin rakennuksen holvi on tiivis. Rakennusvaiheita ja työtehtäviä suunniteltaessa on ensisijaiseksi tavoitteeksi asetettava aukkojen kiinni saaminen. Kun aukot on saatu kiinni, tulee sisäilman kosteutta tarkkailla ja tarpeen vaatiessa kuivattaa.²

Rakennuksen tiiviinä pitäminen on hyvä keino säästää työmaan lämmitysenergiassa, ja se edesauttaa kuivaa rakentamista. Syksy- ja talvirakentamisessa on vesikaton nopea

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.130–131.

² Työmaan kuivana pito suojaamalla, koulutusmateriaali, 2014, Ympäristöministeriö, s. 37.

toteutus varmistettava etukäteen toimivalla suunnittelulla ja sopivilla rakenneratkaisuilla.¹

Työmaatuotannon aikana tulee kosteudenhallintaan varautua riittävästi. Suojapeitteitä ja kuormalavoja tulee olla riittävästi, jotta rakenteet ja rakennusmateriaalit saadaan peitettyä. Lisäksi tulee varmistaa, että päivän päätteeksi kaikki on suojassa tai peitettynä. Keskenäiset työvaiheet tulee aina suojata vähintään päivän päätteeksi, mutta huonossa kelissä aina, kun mahdollista. Kastuneet materiaalit tulee heti vaihtaa.²

Tehdasvalmisteisten rakennustuotteissa valmiiksi oleviin suojauksiin ei kannata luottaa, sillä ne voivat olla vaurioituneita kuljetuksessa, tai muuten vain riittämättömiä. Rakennusmateriaalien varastointiin kannattaa aina kiinnittää huomiota, etenkin herkästi kosteudesta vaurioituvien materiaalien kanssa.²

6.3.4 Rakennustyömaan olosuhteiden hallinnan suunnittelu

Kosteudenhallintasuunnitelman olosuhdehallinta -kohdassa esitetään suunnitellut toimenpiteet, joiden tarkoitus on estää työmaalla rakennusmateriaalien ja rakenteiden kastuminen sekä auttaa luomaan parhaat mahdolliset olosuhteet rakenteiden kuivattamiseksi.³

Sääsuojaus on kosteudenhallinnassa erityisen tärkeää ja rakenteetkin tulee suojata saateelta aina mahdollisuuksien mukaan. Rakenteiden kastuminen lisää merkittävästi sekä kuivatustarvetta että materiaalihukkaa. Kastuneen rakennusmateriaalin tai rakennusosan käyttö saattaa aiheuttaa laajemman kosteus- ja homeongelman myöhemmin rakennuksen käyttäjälle.³

Rakennustyömaakosteussuojauksessa tulee kosteudelle arimmat rakennusosat tai materiaalit suojata ensisijaisesti. Erityisesti puupohjaiset rakennusmateriaalit tai lämmöneristeet ovat herkkiä kosteusvaurioille, etenkin jos ne ovat osana keskeneräistä ra-

¹ Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012, Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, s.130–131.

² Työmaan kuivana pito suojaamalla, koulutusmateriaali, 2014, Ympäristöministeriö, s.16.

³ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 17.

kennetta, kuten seinärunkoa. Pienimmillä rakennustyökohteilla voi olla mahdollista suojata koko kohde, esimerkiksi huputtamalla, jolloin kosteussuojaus on kaikin puolin varmempaa.¹

Sääsuojauksen tavoitteena on kuivaketju. Kuivaketjussa materiaalitoimittaja toimittaa tuotteen työmaalle jo valmiiksi suojattuna ja sovitussa rakennekosteudessa. Rakennusmateriaalien välivarastointia työmaalla pyritään välttämään tuomalla ne työmaalle juuri silloin, kun niitä tarvitaan. Jos tuotteen tuodaan työmaalle sellaiseen aikaan, kun niitä ei voida heti rakennukseen asentaa, täytyy silloin varmistaa rakennusmateriaalien varastoinnin sääsuojauksen riittävyys. Toimituksen aikainen sääsuojaus ei ole riittävä välivarastoinnin ajaksi. Suojauksesta tulee huolehtia koko asennuksen ajan siihen asti, kun rakenne on valmis.²

Rakennusmateriaaleja varastoidessa työmaalla tulee ottaa huomioon myös varastointialue. Pintavedet tulee ohjata pois alueelta, jota käytetään materiaalien välivarastona. Varastoitaville materiaaleille tulee myös määrittää sijainnit jo työmaasuunnitelmassa, jolloin kaikki ovat selvillä missä työmaalla on mikäkin rakennusmateriaali varastoituna. Tällöin myös rakennusmateriaalien suojaus on helpompaa.²

Seuraavat toimenpiteet vähentävät rungon kastumisriskiä;

- Valmiselementtien käyttö - lyhyt varastointiaika ja nopea pystytys sekä välitön sääsuojaus
- Kattorakenteiden tekeminen ensimmäisenä, jolloin se toimii myöhempien työvaiheiden sääsuojana
- Aluskate nopeasti paikoilleen tai höyrynsulku kermistä väliaikaiskatteena
- Nostamalla runko ylös mahdollisimman nopeasti, jolloin seuraava kerros toimii edellisen kerroksen katteena
- Nostamalla runko kerroksittain ylös mahdollisimman nopeasti, jolloin valmista kattorakennetta voidaan käyttää väliaikaisena sääsuojana
- Estämällä veden valuminen ylemmiltä holveilta alimmille sulkemalla holvin aukot vesitiiviiksi sekä estämällä veden valuminen ylemmiltä holveilta alimmille sulkemalla holvin aukot vesitiiviiksi

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 18.

² Kuivana pito suojaamalla, koulutusmateriaali, Mittaviiva Oy, Rakennusteollisuus, s. 15.

- Estämällä veden valuminen esim. ulkoseinän eristetilaan ja sisälevytyksiin
- Suojaamalla rakennusrungon sivut varhaisessa vaiheessa asennettavilla ulkoseinillä (mikäli tämä ei ole mahdollista, käytetään suoja- tai eristepeitteitä)
- Ulkoseiniin on myös asennettava ikkunat ja ovet mahdollisimman pian tai aukot tulee sulkea suojapeitteillä
- Poistamalla holville päässyt lumi mekaanisesti, ei sulattamalla
- Poistamalla holville päässyt vesi mahdollisimman pian esim. vesi-imurilla
- Suojaamalla eristetty ulkoseinä välittömästi sateelta, erityisen herkkiä kastumiselle ovat aukkojen kohdalla leikatut eristepinnat
- Käyttämällä sääsuoja korjaustyömaiden suojauksessa
- Alakerrosten kosteudelle herkkiä vaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatto on kiinni.
- Vesikaton rakenteista laaditaan erillinen suojaussuunnitelma.¹

Työmaalle saapuvien rakennustuotteiden ja -materiaalien kastumisriskiä voidaan vähentää seuraavilla toimenpiteillä;

- Edellyttämällä toimittajilta kuljetuksen aikaista suojausta
- Noudattamalla valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen
- Oikea-aikaisella toimituksella (JOT)
- Suunnittelemalla varastointialueet ja -menetelmät ajoissa
- Työmaalla tulee olla riittävästi sääsuoja kaikkien rakenteiden ja materiaalien suojaamiseen
- Suunnittelemalla työsuoritus huolellisesti ja toteuttamalla se pienissä paloissa, jotta keskeneräiset rakenteet ehditään suojaamaan saman työvuoron aikana.¹

Sääsuojausta suunnitellessa tulee myös ottaa huomioon materiaalien erilainen käyttäytyminen kastuessaan. Jotkin materiaalit voivat kastuessaan aiheuttaa välillisesti kosteusvaurion, esimerkiksi betoni- ja kevytsoratuotteet pystyvät kastuessaan imemään itseensä merkittäviä määriä kosteutta (300–400 l/m³) vaurioitumatta, mutta voivat myös

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 18.

hemmin ollessaan osana rakennetta aiheuttaa kosteusvaurion kun niiden sisään varastoitunut vesi siirtyy muihin rakenneosiin. Tällaiset kosteusriskit voivat olla rakennusvaiheessa vaikea huomata, jonka takia toimiva sääsuojaus on tärkeää. On myös materiaaleja, jotka kastuessaan vaurioituvat käyttökelvottomiksi, jolloin ne eivät sinänsä aseta kosteus- ja homeongelmariskiä rakenteelle, mutta aiheuttavat kuitenkin huomattavia kustannuksia niiden korvaustarpeen takia.¹

6.3.5 Rakennusprosessin kosteuslaatuluokitus

Rakennusprosessin kosteuslaatuluokitus on rakennusvaiheen lopussa rakennukselle annettava luokitus. Kosteuslaatuluokitus on kehitteillä oleva konsepti, joka on pääosin kehitetty Oulun rakennusvalvonnassa toimivan Pekka Seppälän toimesta ja sitä voidaan käyttää rakennustuotannon kosteudenhallinnan toteutuksen laadun määrittämiseen. Se pohjautuu rakennus- ja kosteudenhallintasuunnitelmiin sekä rakennusvaiheen toteutumatietoihin, kuten mittauksiin ja rakentamisen aikaisen kosteudenhallinnan toteutuksen laatuun. Kosteuslaatuluokat on jaettu A-D A:n ollessa korkein luokka. Kosteuslaatuluokitus liitetään rakennuksen käyttöönoton yhteydessä rakennuksen dokumentteihin energiatodistuksen rinnalle.¹

Kosteuslaatuluokitus koostuu seuraavista asioista; rakennuksen ilmanpitävyys ja kylmäsiltojen määrä, jotka määritellään ilmatiiveysmittauksilla ja lämpökamerakuvausmittauksilla; rakenteiden kuivumiskyvystä, jonka arvioi rakennesuunnittelija rakenneanalyysien ja materiaalitietojen perusteella; talotekniikan toimivuus, jonka arvioi LVI-suunnittelija ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden säätöarvojen ja mittaustulosten perusteella käyttäen sisäilmaluokituksen mukaisia viitearvoja arviointiperusteena. Lopullisen kosteuslaatuluokan määrittää pääsuunnittelija, joka kerää saadut mittaustulokset yhteen ja määrittää niiden pohjalta rakennuksen lopullisen kosteuslaatuluokan. Kosteuslaatuluokituksen kriteerit on esitetty liitteessä 3. Lopullisen kosteusluokan määrittää rakennuksen kosteusteknisesti heikoin kohta, eli yksi ala-arvoinen mittaustulos saattaa laskea rakennuksen kosteuslaatuluokan alimmalle tasolle, vaikka muut mittaustulokset olisivatkin erinomaisia.¹

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 19.

7 Johtopäätökset

7.1 Ongelmat rakentamisessa kosteusteknisestä näkökulmasta

Nykypäiväisessä kosteusteknisesti toimivassa rakentamisessa on monia ongelmia, jotka saattavat johtaa erilaisten kosteus- ja homeongelmien syntyyn. Käytettävät materiaalit, rakenteet, suunnittelukäytännöt, tuotantotavat ja ylläpito kaikki vaikuttavat rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen.

Energiat ehokkaasta rakentamisesta on tullut tänä päivänä normi, mutta se on tuonut tullessaan myös monimutkaisempia rakenteita ja uusia, tuntemattomampia rakennusmateriaaleja. Monikerrokselliset rakenteet ovat aikaisemmin yleisesti käytettyjä massiivirakenteita herkempiä kosteus- ja homevaurioille, jolloin niiden suunnittelussa täytyy ottaa rakentamisen aikainen kosteus huomioon entistä huolellisemmin.

Aikataulujen kireys rakennustuotannossa on merkittävä ongelma kosteusteknisesti toimivalle rakentamiselle. Rakenteiden kuivumisajoista tingitään mahdollisimman paljon, eikä laajalle ja toimivalle sääsuojaukselle varata tarpeeksi aikaa rakennusaikataulua suunniteltaessa. Lisäksi materiaalien varastoinnin aikainen sääsuojaus on usein puutteellista. Näistä seikoista tingittäessä saatetaan jo rakennusvaiheessa varmistaa kosteusvaurion syntyminen rakenteissa.

Merkittävä ongelma rakentamisessa on myös muutoksen vastaisuus. Rakennusmenetelmät ja -materiaalit muuttuvat, mutta niiden kanssa tekemisissä olevien rakennusammattilaisten ymmärrys ja tietotaito eivät muutu samalla tasolla. Tästä saattaa seurata kommunikaatiovirheitä rakennussuunnittelun ja rakennustuotannon eri osapuolien välillä, jolloin rakenneosia voidaan asentaa väärin ja itse rakennussuunnittelu voi tuottaa rakenneosia, jotka eivät ole kosteusteknisesti toimivia.

Tilaajalla on myös suuri rooli kosteusteknisesti toimivan rakentamisessa. Tilaaja on mahdollisuus vaatia haluamansa kosteudenhallinnan taso rakennushankkeen aikana. Mikäli tilaaja ei määritä kosteudenhallinnalle erityistä laatutasoa, on suunnittelijoilla ja rakentajalla oikeus määrittää kosteudenhallinnan laatu ja laajuus. Tällä hetkellä YSE ja muut

rakennusviranomaistahot eivät määritä, minkä tasoinen kosteudenhallinnan toteutus tulee rakennustuotantovaiheessa olla, jolloin urakoitsijoilla on vapaat kädet määrittää tuotannonaikainen kosteudenhallinnan taso haluamallaan tavalla.

Rakennuksen aikana tapahtuneet virheet johtavat myös usein kosteus- ja homevaurioiden syntymiseen. Huolimattomuus ja välinpitämättömyys rakennuksen tuotantovaiheessa edesauttavat kosteusvaurioiden synnyssä.

7.2 Suositukset ja toimintatapaehdotukset

Tiedon lisääminen ja esille tuonti on erittäin tärkeää kosteusteknisesti toimivan rakentamisen edistämiseksi. Kosteudenhallintaan perehtyneiden ja koulutettujen henkilöiden lisääminen ja heidän tietämyksensä jakaminen rakennushankkeessa on erityisen tärkeää.

Kosteudenhallinta tulee olla kriittinen osa rakennushankkeen suunnittelua heti alusta alkaen. Se tulee ottaa huomioon suunnittelun joka vaiheessa, jolloin sille tulee myös määrätä sen vaatimat resurssit.

Tilaajan tulee antaa tarvittavat tiedot haluamansa kosteudenhallinnan tasosta ja laadusta jo sopimusasiakirjoja laadittaessa, jolloin nämä tiedot ovat mukana suunnittelussa jo heti alusta alkaen. Tällä varmistetaan, että suunnittelussa varataan kosteudenhallinnalle sen vaatima aika ja resurssit.

Esimerkiksi toimivan sääsuojauksen suunnittelu jo rakennesuunnitteluvaiheessa edistää kosteusteknisesti toimivaa toteutusta. Sääsuojaukselle tulee myös varata sen vaatima aika ja muut tarvittavat resurssit.

YSE:n ja muihin rakennusmääräyksiin tulee tehdä myös kosteudenhallinnan toimivan toteutuksen edellyttämät muutokset, jolloin kosteudenhallinnan toteutus varmistetaan jo sopimusehdoissa.

Toistuvien riskianalyyksien tekeminen rakennushankkeen aikana edesauttavat kosteusteknisesti toimivan rakennuksen toteutuksessa. Riskianalyytit voivat toimia osana kos-

teudenhallintasuunnitelmaa. Tällä varmistetaan riskirakenteiden tunnistaminen aikaisessa vaiheessa, jolloin voidaan muuttaa toimintaa tarvittavalla tavalla riskin toteutumisen todennäköisyyden pienentämiseksi.

7.2.1 Riskianalyysimenetelmien soveltaminen kosteudenhallinnassa

Potentiaalisten ongelmien analyysin soveltaminen kosteudenhallinnassa:

Potentiaalisten ongelmien analyysia voidaan soveltaa kosteudenhallinnassa esimerkiksi laatimalla kosteusriskimittari, joka sisältää kaikki hankkeen tunnistetut kosteusriskit. Kosteusriskien takana olevat syyt ja tekijät merkitään myös mittariin, kuten myös riskien toteutumisen seuraukset. Kosteusmittaria voidaan siten käyttää kosteusriskien vakavuuden arviointiin sekä määrittää riskeille varautumistoimenpiteet.

Toimintovirheanalyysin soveltaminen kosteudenhallinnassa:

Toimintovirheanalyysia voidaan soveltaa kosteudenhallintaan siten, että tutkitaan jotakin tiettyä työtehtävää rakennustyömaalla ja arvioidaan sen toteutuksessa olevat kosteustekniset riskit, jotka voivat syntyä ihmisen virhetoiminnasta. Esimerkki tällaisesta voisi olla vedeneristys märkätiloissa, jossa ihmisen tekemä virhe saattaa aiheuttaa vakavan kin kosteusvaurion.

Tarkistuslistan soveltaminen kosteudenhallinnassa:

Tarkistuslistaa voidaan yksinkertaisesti soveltaa kosteudenhallinnassa siten, että laaditaan esimerkiksi kosteudenhallintasuunnitelman pohjalta lista tehtävistä ja tapahtumista, joiden täytyy tapahtua kosteudenhallinnan toteutumiseksi. Esimerkki tästä voisi olla sääsuojausten asennus, jonka eri vaiheet merkitään tarkistuslistaan. Tarkistuslista helpottaa eri vaiheiden toteutumisen valvomista, jolloin on todennäköisempää, ettei mikään kriittinen vaihe jää huomiotta.

7.3 Kehitysehdotukset ja jatkotoimenpiteet

Kosteudenhallinasuunnittelua tulee kehittää ja jalostaa toimivammaksi. Yksi keino tähän on erilaisten riskirakenteiden tunnistaminen ja niiden toimivuuden varmistaminen. Erilaisia riskianalyyskejä käyttämällä voidaan tunnistaa kosteustekniset riskit ja pyrkiä estämään niiden toteutuminen.

Liitteenä oleva potentiaalisten ongelmien analyysiin perustuva kosteusriskimittari (liite 2) on esimerkki työkalusta, jota voidaan käyttää riskikohtien tunnistamiseen ja varautumisehdotusten laatimiseen.

Rakennusfysiikan simulaatiot ovat tärkeä työkalu riskirakenteiden tunnistamisessa ja siten myös kosteusteknisesti toimivan rakenteen suunnittelussa. Simuloimalla suunniteltavana oleva rakenne eri toimintaympäristöihin voidaan paremmin jalostaa se tiettyyn ympäristöön toimivaksi. Tunnistamalla riskirakenteet jo suunnitteluvaiheessa voidaan niihin puuttua mahdollisuuksien rajoissa tai pyrkiä minimoimaan niistä syntyvän kosteusvaurioriskin todennäköisyyttä esimerkiksi vaikuttamalla rakenteen ympäristöön. Tänä päivänä tyypilliset rakenteet ovat monikerroksellisia rakenteita, joilla eivät ole vikasetoimia. Tästä johtuen näiden rakenteiden tutkiminen simulaatio-ohjelmilla on tärkeä osa rakenteen toimivuuden varmistamisessa.

8 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin tyypillisimmät kosteusriskit rakentamisessa ja rakennusten ylläpidossa sekä selvitettiin niiden syntymisen takana olevat fysikaaliset ilmiöt. Työssä käytiin myös läpi rakennushankkeen eri vaiheiden aikana tehtävät toiminnot ja menettelyt, jotka takaavat kosteusteknisesti toimivan rakentamisen ja rakennuksen ylläpidon. Lisäksi työssä selvitettiin esimerkein, kuinka riskienhallintaa voidaan toteuttaa kosteudenhallinnassa.

Kosteusvaurioiden syntyyn vaikuttaa moni eri tekijä. Kosteutta voi siirtyä rakenteisiin eri lähteistä ja niistä syntyvän vaurion vakavuus vaihtelee suuresti. Rakentamisvaiheessa syntyvän kosteusvaurion takana voi olla moni asia, esimerkiksi kosteusvaurioituneet materiaalit, puutteellinen suojaus, kommunikaatio-ongelmat tai suunnittelu- ja rakennusvirheet.

Kosteus- ja homeongelmien vakavuus määrittää niistä aiheutuvat terveyshaitat. Vaurioituneen rakenteen ominaisuudet ja materiaalit vaikuttavat mikrobikasvuston terveyshaittoihin suuresti. Kosteuden reaktiot eri rakennusmateriaalien kanssa saattaa synnyttää myrkyllisiä kemikaaleja ja kaasuja, jotka voivat vakavasti vahingoittaa tai jopa tappaa niille altistuvan ihmisen. Homeongelmien aiheuttamat oireet vaihtelevat eri kohteissa kosteus- ja homeongelman vakavuudesta riippuen. Aina, kun on epäily kosteus- ja homeongelman olemassa olost, on syytä tehdä kuntotarkastus.

Kosteudenhallinta on merkittävä osa rakennusprosessia, joksi se täytyy tunnistaa heti hankkeen alusta asti. Toimiva kosteudenhallinta lähtee tilaajan vaatimuksista ja toiveista. Tilaaja määrittää sopimusasiakirjoihin haluamansa kosteudenhallintatason, jolloin rakentajalla on selvät ohjeet joiden puitteissa kosteudenhallinta täytyy toteuttaa. Jos tilaaja ei anna erityisiä vaatimuksia kosteudenhallinnan toteutukselle, on urakoitsijoilla vapaat kädet toteuttaa tuotannonaikainen kosteudenhallinta itse hyväksi katsomallaan tavalla. YSE:n on suunnitteilla muutos, joka tarkentaisi kosteudenhallinnan perustoteutuksen tavoitteita, jolloin kosteudenhallinnan toteutus olisi jo valmiiksi sopimusehdoissa määriteltä.

Suunnittelijoiden täytyy ottaa kosteudenhallinnan vaatimukset huomioon koko suunnittelun ajan; aikatauluihin täytyy varata aikaa suojausten tekoon ja riittävään kuivatukseen ja rakenteet täytyy suunnitella siten, että niiden toimiva sääsuojaus on mahdollista.

Suunnittelun aikana laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma, joka kattaa rakentamisaikaisen kosteudenhallintatoiminnan kaikki osat. Kosteudenhallintasuunnitelman toteutumista tulee seurata ja valvoa rakentamistuotannon aikana. Kosteudenhallintasuunnitelman tekoon on hyvä hakea ulkopuolista apua asiaan perehtyneiltä kosteustekniikan asiantuntijoilta, etenkin jos rakennettava kohde sisältää erikoisia rakenteita tai on muuten erityisen kosteusriskialtis. Kosteusriskejä analysoidaan eri menetelmin ja niihin laaditaan varautumistoimenpiteitä.

Rakennusfysiikan simulaatioita voidaan käyttää hyväksi tutkittaessa rakenteen lämpö- ja kosteusteknisiä ominaisuuksia. Simulaatioilla voidaan tutkia rakenteen toimintaa eri kosteusrasitteiden vaikutuksen alaisena. Simulaatiot kuitenkin ovat vain yhtä tarkkoja kuin niille annetut arvot, joten simulaation tuloksiin täytyy suhtautua kriittisesti. Tästä johtuen simulaatiot ovatkin usein ideaalirakenteista, joiden toiminta ei vastaa täydellisesti niiden toimintaa todellisuudessa.

Tuotantovaiheessa on kosteudenhallintasuunnitelman noudattaminen erityisen tärkeää. Suunnitteluvaiheessa tunnistetut kosteusriskit tulee huomioida ja valvoa toteutusta ja mahdollistaa ennalta laadittujen riskeihin varautumistoimenpiteiden toteutuksen mahdollisuus.

Ylläpidon aikainen kosteudenhallinta perustuu toimivaan huoltoon ja tuntemukseen rakennuksen talotekniikan toiminnasta. Rakennuksen huoltokirja on hyvä työkalu toimivan ylläpidon toteuttamiseen. Toimivan ylläpidon varmistamiseksi on syytä rakennusta luovutettaessa perehdyttää rakennuksen käyttäjä LVI-tekniikan toimintaan ja märkätilojen sopivaan käyttöön.

Lähteet

1. Homeongelma työpaikalla – korva-, nenä-, ja kurkkutautilääkärin näkökulma, Pirkko Ruoppi, 2009
2. Homepakolaiset ry:n kotisivut, http://homepakolaiset.fi/1_myytti.html, luettu 30.3.2015
3. Kuivana pito suojaamalla, koulutusmateriaali, Mittaviiva Oy, Rakennusteollisuus.
4. Ohje riskienhallinnan menetelmistä, Liikennevirasto, 2011.
5. Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat, Reijo Pesonen, Risto Kar-naattu, Kuopio 2012.
6. Rakennusfysiikan simulaatiot -kurssimateriaali, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Kari Suvanto.
7. Rakennustyömaan kosteudenhallinta, Rakennustieto, Tarja Merikallio, <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK050502.pdf>, luettu 31.3.2015.
8. Rakennuttamisen riskien taloudellinen tarkastelu, kirjallisuuskatsaus ja yhteenveto, Olli Teriö, Erika Kallionpää, Anna Tiainen, Olli-Pekka Toivari, Teuvo Tolonen, Helsinki 2010.
9. Rakentajan kalenteri, Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen, Olli Teriö, Tuomas Palolahti, Anssi Koskenvesa, 2012.
10. Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, Pekka Seppälä, Oulu 2013.
11. Rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen suunnittelu, Teppo Lehtinen, Martti Viljanen, 2001.
12. Riskienhallinta radan suunnittelussa, Liikennevirasto, 2010.

13. Riskienhallinta rakennushankkeissa osana turvallisuuden varmistamista, 38/2008, Tiehallinto, 2008.
14. Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2013 vp, rakennusten kosteus- ja homeongelmat.
15. Terveen talon mittari, insinöörityö, Piia Hietsalo, Helsinki 2013
16. Tyypilliset kosteusvauriot ja niiden korjaaminen, insinöörityö, Mikko Kemppainen, 2013
17. Työhygieniä - kemialliset ja fysikaaliset tekijät, Salme Rantanen, Rauno Pääkkönen, Tampere 2008
18. Työmaan kuivana pito suojaamalla, koulutusmateriaali, 2014, Ympäristöministeriö.
19. Työsuojeluhallinnon kotisivut, <http://www.tyosuojelu.fi/fi/riskienarviointi>, luettu 27.3.2015.
20. Yleisimmät kosteusvauriot ja niiden aiheuttajat kajaanilaisissa taloyhtiöissä 2000 – luvun alussa, insinöörityö, Joonas Koponen, 2013
21. Yleisradion kotisivut, http://yle.fi/vintti/ohjelmat.yle.fi/homeloukku/lisafaktaa/oi-reet_terveysongelmat.html, luettu 25.3.2015.
22. Ympäristöministeriön Hometalkoot -aloitteen kotisivut, <http://www.hometalkoot.fi>, luettu 27.3.2015.

Haastattelut

Kari Suvanto, Yliopettaja, fysiikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Hannu Hakkarainen, Yliopettaja, rakennetekniikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Esimerkki kosteudenhallintasuunnitelman sisällöstä

Yleistiedot

- Hankkeen perustiedot
- Hankkeen kosteudenhallintatoimenpiteistä vastaava henkilö.¹

Kosteudenhallinnan laatutavoitteet

- Rakennuttajan laatutavoitteet täydennettynä suunnitelmien määrittelemillä laatukriteereillä.²

Kosteusriskien kartoitus

- Suunnittelijan riskianalyysin tulokset (kosteusriskiluokka, riskit ja kriittiset laatutekijät), valittu menettelytaso (normaali, tehostettu, yhdistelmä), kohteen kosteustekniset kriittiset rakenteet, materiaalit tai työtavat
- Vuodenajan vaikutukset (lämpötila, sade, ilmankosteus)
- Toimenpiteet riskien hallitsemiseksi.³

Kuivumisaika-arviot

- Rakenteiden päällystämiseen liittyvät kosteustekniset raja-arvot (päällysmateriaalien tuoteselosteet, sallittu kosteuspitoisuuden raja-arvo RH %, esim. RYL 2000 mukaan)
- Rakenteiden arvioidut kuivumisajat
- Aikataulusuunnittelu ja kuivumisajan suunnittelu (laskennallinen arviointi)
- Jatkotoimenpiteiden määrittely, jos rakenne ei suunnitellussa ajassa kuivu haluttuun tasoon, esimerkiksi;
 - Laadun vaihto (esim. betonin)
 - Lämpötilan lisäys
 - Ilman kosteuden pienentäminen

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 12–13.

² Mts. 12–13.

³ Mts. 12–13.

- Kastumisen estämisen tehostaminen
- Betoni: sementtiliiman poisto
- Ilmanvaihdot optimointi
- Kuivatusjärjestelmän käyttö
- Pintamateriaalin vaihto
- Työjärjestelyn muutos
- Yhteistyö LVIS-urakoitsijan kanssa, esim. lämmityksen, putkiston ja sähkövirran käyttö kosteudenhallintatoimenpiteisiin
- Materiaalivalinnat.¹

Olosuhdehallinta

- Materiaalin ja rakenneosien suojauksen ja varastoinnin järjestäminen
- Runkorakenteiden suojaaminen kastumiselta
- Työaikaisten vesivuotojen ja vesivahinkojen ennakointi- ja torjuntatavat
- Hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen
- Sisälämpötila
- Sisäilman kosteus
- Ilmankierron järjestely
- Kohteen kastumisen ehkäisy (esim. ikkunoiden asennus)
- Tarvittavat erityistoimenpiteet.²

Erityisohjeet

- Märkätilojen rakentaminen
- Valitut ja sertifioidut vesieristeet
- Seinien ja lattioiden rakenne (suositellaan kiviainesrakenteista)

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 12–13.

² Mts. 12–13.

- Varmistetaan, että valitut tasoitteet, laastit, saumausaineet jne. ovat yhteensopivia vedeneristeen kanssa
- Lattiakaivo yhteensopiva vedeneristeen kanssa
- Lattiakaivojen korokerenkaan rakenteeseen ja tiiveyteen kiinnitettävä erityistä huomiota (potentiaalinen vuotokohta)
- Kaadot ovat kunnossa
- Nurkan, kulmat ja läpiviennit vahvistettu hyväksytyllä massalla ja vahvistuksella sertifikaatin mukaisesti
- Muurauslaasti oikeanlaatuista
- Käytetään saumoissa saniteettisilikonia
- Vedeneristystyön tekijät.¹

Valvonta ja mittaussuunnitelma

- Kosteusteknisen valvonnan organisointi, tehtävät sekä poikkeamien käsittely
- Mittaukset
- Katselmukset
- Todetut poikkeamat kosteushallintasuunnitelmaan ja suoritettavat toimenpiteet
- Kosteusmittaussuunnitelma
- Tiiveysmittaussuunnitelma
- Suunnitelman allekirjoitus (kosteushallinnasta vastaava, vastaava työnjohtaja, rakennuttajan edustaja, kosteustekninen suunnittelija (rakennesuunnittelija) tai pääsuunnittelija).¹

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 12–13.

[illegible]

2 (2)

Kosteusriskien riskienhallintamittari uudisrakentamisessa (POA analyysi)				
Kohde:Esimerkkikohde	Pvm:	Laatijat:		
Tunnistettuja riskiryhmiä	Seuraukset	Tämänhetkinen varautuminen	Toimenpide-ehdotukset	Vastuu
Suunnittelun kosteusriskit				
Sijaintiriskit	Kosteusriski kasvaa	Valittu sopiva suunnitteluluokka	Suoritetaan tarkistuslaskentaa	Tilaaja
Kommunikaatoriskit	Mahdollinen riskirakenne	Pyritään selvään kommunikaatioon	Varmistetaan kommunikaation toimivuus	Tilaaja/suunnittelija
Suunnitteluvirheriskit	Mahdollinen riskirakenne	Asiantuntijoiden konsultointi	Asiantuntijoiden näkökulma suunnitteluun	Tilaaja/suunnittelija
Materiaalivalinnan riskit	Vaurioituneet rakenteet	Tarkistetaan materiaalitiedot	Suoritetaan esitestaus materiaaleista	Suunnittelija
Rakennerratkaisujen riskit	Toimimattomat rakenteet	Tarkistetaan rakenteiden toimivuus	Suoritetaan esitestaus rakenteista	Suunnittelija
Väärät suunnittelun lähtötiedot	Puutteelliset suunnitelmat	Tarkistetaan lähtötietojen oikeellisuus	Varmistetaan lähtötiedot	Tilaaja
Rakennusajankohdan riskit	Liika kosteus	Minimoidaan ajankohdan vaikutus	Aikataulutetaan kriittisetvaiheet oikein	Tilaaja/suunnittelija
Sääsuojaussuunnittelun puutteet	Kastuneet rakenteet	Suunnitelmien läpikäynti	Varmistetaan suojausten toimivuus	Tilaaja/suunnittelija
Pintavesienriskit	Väärin ohjatut pintavedet	Suunnitelmien läpikäynti	Varmistetaan pintavesien oikea ohjaus	Suunnittelija
Tuotannon kosteusriskit				
Rakennekosteuden poistoriskit	Liian kosteat rakenteet	Kosteudenpoiston suunnittelu	Varmistetaan kuivatuksen toteutus	Urakoitsija/suunnittelija
Sääsuojauksen puutteellisuuden riskit	Rakenneosat kastuvat	Lisäsuojauksen mahdollisuus	Varmistetaan suojausten toimivuus	Urakoitsija/suunnittelija
Kuivumisaikojen riittämättömyys	Kosteusvaurion riski kasvaa	Lasketaan toimivat kuivumisajat	Varataan tarpeeksi aikaa kuivumiselle	Urakoitsija/suunnittelija
Materiaalien säilyttämisen riskit	Materiaalit voittuvat	Materiaalit suojataan varastoinnin aikana	Varmistetaan suojausten toimivuus	Urakoitsija
Puutteellinen kosteudenhallintasuun.	Kosteusvaurion riski kasvaa	Kosteudenhallintasuunnitelma	Kosteudenhallinnan toteutuksen varmistus	Suunnittelija
Kosteusmittausten puutteellisuus	Kosteusvaurion riski kasvaa	Mittausten suunnittelu	Varmistetaan mittausten toteutus	Urakoitsija/suunnittelija
Kommunikaatoriskit	Mahdollinen riskirakenne	Pyritään selvään kommunikaatioon	Varmistetaan kommunikaation toimivuus	Urakoitsija/suunnittelija
Rakennusvirheriskit	Mahdollinen riskirakenne	Suunnitelmien perusteellinen läpikäynti	Mallityö/suunnitelmien tarkistus	Urakoitsija
Ylläpidon kosteusriskit				
Käyttövirheriskit	Kosteusvaurion riski kasvaa	Opastus ja ohjaus tilojen käytöstä	Laaditaan huoltokirja	Urakoitsija
Vesien/lumien poisto	Kosteusvaurion riski kasvaa	Opastus ja ohjaus tilojen käytöstä	Laaditaan huoltokirja	Urakoitsija/ylläpito
Talotekniikan toimimattomuus	Kosteuden kertyminen	Opastus ja ohjaus talotekniikan käytöstä	Laaditaan huoltokirja	Urakoitsija
Talotekniikan väärinkäyttö	Kosteusvaurion riski kasvaa	Opastus ja ohjaus talotekniikan käytöstä	Laaditaan huoltokirja	Urakoitsija/ylläpito
Ylläpitotehtävien laiminlyönti	Kosteusvaurion riski kasvaa	Säännöllinen huoltoaikataulu	Varmistetaan huollon toteutus	Ylläpito
Onnettomuusriskit	Mahd. syntyy kosteusvaurio	Korjaussuunnitelman laadinta	Rakenteiden mahd. kuivatus/vaihto	Ylläpito

Kosteuslaatulokituksen kriteerit:

Kosteuslaatulokituksen kriteerit (asteikkojen raja-arvojen tarkennukset edellyttävät mallinnuksia ja kenttämittauksia) [4], [5]:

1) Ilmanpitävyyden, q_{50} (1/h), arviointiasteikko

<0,6	A, kiitettävä
0,6-	B, erittäin hyvä
1 - 2	C, hyvä
2 - 3	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
3 - 4	E, välttävä – riskialtis
> 4	F, huono – erittäin riskialtis

2) Kylmäsiltojen arviointiasteikko (lämpötilaindeksi TI)

2.1) indeksi seinän ja katon aluelämpötiloille:

97 ... 100	A, kiitettävä
93 ... 96	B, erittäin hyvä
89 ... 92	C, hyvä
85 ... 88	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
81 ... 84	E, välttävä - riskialtis
≤ 80	F, huono - erittäin riskialtis

2.2) indeksi lattian aluelämpötiloille:

100	A, kiitettävä
99	B, erittäin hyvä
97 ... 98	C, hyvä
95 ... 96	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
93 ... 94	E, välttävä - riskialtis
≤ 92	F, huono - erittäin riskialtis

2.3) indeksi pistemäisille vioille:

93 ... 100	A, kiitettävä
85 ... 92	B, erittäin hyvä
71 ... 78	C, hyvä
69 ... 70	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
61 ... 68	E, välttävä - riskialtis
≤ 61	F, huono - erittäin riskialtis

2.4.) lämpötilaindeksi ikkunoiden, ovien ja läpivientien liitoksille ja tiivistepinnoille:

86 ... 100	A, kiitettävä
80 ... 85	B, erittäin hyvä
74 ... 79	C, hyvä
68 ... 73	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
62 ... 67	E, välttävä – riskialtis
≤ 61	F, huono – erittäin riskialtis

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 23–25.

3) Rakenteiden kuivumiskyky

A – B	Kiitettävä – erittäin hyvä, kun rakenteen kuivumiskausi alkaa viimeistään huhtikuussa, päättyy aikaisintaan syyskuussa ja rakenteen kosteuspitoisuus on vuodesta toiseen laskeva.
E – F	Välttävä - huono (erittäin riskialtis), kun rakenteen kuivuminen alkaa kesäkuussa, päättyy elokuussa ja rakenteen kosteuspitoisuus ei ole vuodesta toiseen laskeva

4) Työmaan kosteuden hallinta:

A	Kiitettävä, kun rakennus tehdään sääsuojassa (telttarakenne tai oma kattorakenne). Rakennusmateriaalit on sääsuojattu irti maasta ja tuuletus toimii. Betonirakenteiden kuivumisaika-arviot ja pinnoitettavuusmittaukset tehdään.
B	Erittäin hyvä, kun rakenteet ja rakennusmateriaalit sääsuojataan erillisillä peitteillä aina kun työt sen sallivat. Käytetyt rakennusmateriaalit eivät vaurioidu kastuessa (esim. kivirakenteet, tiilet). Kastuneet rakennusmateriaalit kuivataan ja varmistetaan mittauksin niiden kelpoisuus.
C	Hyvä, kun rakenteet ja rakennusmateriaalit sääsuojataan erillisillä peitteillä aina kun työt sen sallivat. Kastuneet vaurioherkät rakennusmateriaalit vaihdetaan, esim. kartonkipintaiset kipsilevyt ja vettyneet lämmöneristeet.
D	Tyydyttävä (lievästi riskialtis), kun rakenteet ja rakennusmateriaalit sääsuojataan erillisillä peitteillä aina kun työt sen sallivat. Kastuneet rakennusmateriaalit vain kuivataan, vaikka rakenteessa on materiaaleja, joiden ominaisuudet muuttuvat kastuessa.
E – F	Välttävä – huono (erittäin riskialtis), kun rakenteita ja materiaaleja ei sääsuojata ja kastuneita materiaaleja ei vaihdeta eikä kuivata.

5) Ilmanvaihdon hallinta:

A – B	Kiitettävä – erittäin hyvä, kun ilmanvaihdon suunnitelmissa on huomioitu ulkovaipan hyvä ilmanpitävyys. Ilmanvaihto suunnitellaan siten, ettei sisätilaan synny yli 5 Pa alipainetta eikä ylipainetta. Ilmanvaihdon käyttöönoton säädössä on tarkistettu ilmamäärien lisäksi ulko- ja sisäilman paine-ero, jonka pitää olla sisällä alipaineinen 2 ... 5 Pa.
E – F	Välttävä - huono (erittäin riskialtis), kun ilmanvaihto on suunniteltu siten, että 2 ... 5 Pa paine-eron saavuttaminen suunnitelluilla ilmamäärillä ei toteudu. Ilmanvaihtoa ei säädetä ennen käyttöönottoa tai ilmanvaihto säädetään yli 5 Pa alipaineiseksi tai ylipaineiseksi sisäilman suhteen.

¹ Pekka Seppälä, 2013, Rakentamisprosessin Kosteudenhallinta – rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito, s. 23–25.