

Rakentamisprosessin kosteudenhallinta

- rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito

Pekka Seppälä
laatupäällikkö

Oulun yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut/
rakennusvalvonta

11.11.2013

Sisällysluettelo

1. Johdanto	3
2. Rakennusprosessin kosteudenhallinnan haasteita	4
2.1 Haasteena rakenteet, tekniikka, käyttö ja pilkottu vastuu	4
2.2 Tulevaisuuden talojen haasteet	5
3. Rakennusprosessin kuivaketju edellyttää yhteistyötä	6
4. Hankkeen kosteudenhallinnan tavoiteasettelu ja suunnitteluratkaisut	8
4.1 Kosteudenhallinnan laadinta suunnitteluvaiheessa	10
4.2 Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta	10
4.3 Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteet ja sisältö	10
5. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma	12
5.1 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö	13
5.1.1 Kosteusriskien arviointi	13
5.1.2 Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyys	15
5.1.3 Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu	17
5.1.4 Kosteusmittausuunnitelma	21
5.1.5 Kosteudenhallinnan dokumentointi ja kosteuslaatuluokan määrittäminen	22
5.1.6 Rakennusprosessin kosteuslaatuluokitus	23
6 Yhteenveto	26
7 Kirjallisuusluettelo:	27
Liitteet	28
Liite 1: www.pientalonlaatu.fi : kosteudenhallinnantarkistuslista	28
Liite 2: Rakennushankkeen kosteudenhallintasuunnitelma	34

1. Johdanto

Vietämme lähes koko elämämme rakennetussa ympäristössä. Suurimman osan ajastamme oleskelemme sisällä rakennuksissa. Meillä on oikeus olettaa kotien ja koulujen toimivan terveellisinä ja turvallisina niin kauan kuin niitä kodeiksi ja kouluiksi kutsutaan. Suomessa rakennettu omaisuus on 75 % kansallisvarallisuudesta. Rakennettuun ympäristöön tehdään vuosittain 60 % kaikista Suomen investoinnista. Rakennusten korjausvelka on 30 – 50 miljardia euroa, siis Suomen valtion vuosibudjetin suuruinen. Työterveyslaitoksen tilastotietojen mukaan noin 50 %:ssa asuinnoista on korjausta edellyttäviä kosteusvaurioita. Vastaavasti 70 %:ssa kouluista on kosteusvaurioita, 50 %:ssa näkyvää hometta ja 25 %:ssa homeen hajua. Edellä kuvatut home- ja kosteusongelmien vaikutukset ovat niin laajat, että kansantaloudellisesti on järkevämpää alkaa suunnata kustannuksia rakennuskannan laadun ja kosteuden sietokyvyn parantamiseen kuin ongelmista johtuvien seuraamusten jatkuvaan hoitoon.

2. Rakennusprosessin kosteudenhallinnan haasteita

Home- ja kosteusongelmien syitä on monia. Kun ongelmia ilmenee, on jossakin vaiheessa hankkeen ohjauksessa, suunnittelussa, rakentamisvaiheessa tai rakennuksen ylläpidossa tai käytössä tehty virhe, jota ei ole huomattu tai asiallisesti hoidettu. Tiedon puute, ymmärtämättömyys tai väärä asenne rakennusprosessin eri vaiheissa on usein taustasy. Useimmiten syy kosteusvaurioon on monen tekijän summa.

Eräs merkittävä syy kosteus- ja homeongelmien syntymiseen ovat asenteet. Ongelman laajuutta ja merkitystä ei ole haluttu ymmärtää. Muutosvastarinta uusia laadukkaampia rakentamistapoja vastaan on suuri ja kosteudenhallinnan uudet ja toimivat menettelytavat ohitetaan toteamalla, että ”näin on aina ennenkin tehty ja niin tehdään nytkin”. Asennemuutoksen pitäisi lähteä erityisesti rakennuttajasta, jonka hankkeen tavoiteasettelussa tulisi asettaa kosteudenhallintaan liittyviä selkeitä laatumäärittäjiä ja omilla keinoillaan huolehtia niiden toteuttamisesta. Kunnallinen rakennusvalvonta voi tukea laaturakentamista edellyttämällä lupahdoissa rakennusprosessin hankekohtaista, riittävän kattavaa kosteudenhallintasuunnitelmaa.

Tässä ohjeessa esitetään eräitä systemaattisia menettelytapoja ja ratkaisuja kosteuden sekä kosteusongelman hallintaan ja sitä kautta homevaurion estämiseen. Menetelmän tavoitteena on tuoda esille hyvän rakentamiskäytännön ja laadunvarmistuksen keinoja: miten mahdolliset kosteusongelmat ja -riskit tunnistetaan ja miten ne hallitaan. Osittain hyödynnetään jo olemassa olevaa tietoa, osittain esitetään uusia apuvälineitä. Tarkoituksena on sitoa olemassa oleva tieto kattavaan ja selkeään prosessikokonaisuuteen ja luoda kosteuslaatuluokitus, joka perustuu yleisesti hyväksyttäviin mittausmenetelmiin. Kosteuslaatuluokituksen peruseriaatteet pohjautuvat Oulun rakennusvalvonnan kehittämään työmaan kosteudenhallinnan mallirunkoon vuodelta 2001, ennakoivaan laadunohjaukseen vuodelta 2004 sekä systemaattiseen lämpökuvaukseen ja tiiveysmittaukseen 2008. Vuonna 2011 kosteuslaatuluokitus julkaistiin RIL 250 julkaisussa. Tavoitteena on luoda selkeä ja kattava kosteuslaatuluokitus energiatodistuksen rinnalle. Paremman energiatehokkuuden tavoittelu edellyttää tehokkaampaa kosteusriskien hallintaa.

2.1 Haasteena rakenteet, tekniikka, käyttö ja pilkottu vastuu

Rakennusten kosteusvaurioiden määrä on kasvanut. Parhaimmat rakennuspaikat on rakennettu ja tämän vuoksi rakentaminen siirtyy alueille, joissa on epäedulliset kosteusolosuhteet. Rakentamisen ohjauksessa ei riittävästi edellytetä rakennuksen ympäristön kosteusteknistä suunnittelua. Pintavedet virtaavat rakennukseen päin, kasvit ja läjitetty lumi ovat liian lähellä julkisivuja. Rakennusta ja ympäristöä ei suunnitella kokonaisuutena.

Ennen ulkovaippa oli yksiaineinen massiivirakenne. Nykyään rakenteet ovat pääosin ns. kerroksellisia, jotka ovat herkempiä suunnittelu-, rakennus- ja käyttövirheille kuin vanhat massiivirakenteet. Ilmanvaihtojärjestelmä osataan kohtalaisen hyvin suunnitella, mutta usein laitteiden säätö ja huolto laiminlyödään ja käyttöönotto-opastus on puutteellista. Seurauksena on satunnaisesti toimiva ilmanvaihto, mistä useasti aiheutuu rakenteisiin kosteusrasitus.

Ennen taloon kannettiin ämpärillä vesi sisään ja toisella ulos. Sauna oli pihanperällä ja keskellä taloa oli massiivinen tulisija, jonka läpi virtasi runsaasti sisäilmaa ja korvausilma virtasi rakenteiden läpi kuvaten rakenteita ja sisäilmaa. Nyt pyykkihuolto, saunominen ym. kosteutta tuottavat

toiminnot ovat siirtyneet asuntoon. Viisihenkisen perheen kuluttama vuotuinen vesimäärä on niin suuri, että jos talon viemäri suljettaisiin vuodeksi, niin talo täyttyisi vedellä, siis 365 000 litraa/vuosi. Jos tästä vesimäärästä edes 1 promille joutuu rakenteisiin, on kosteusvaurio todennäköistä.

Rakennushankkeet pilkotaan useampien osapuolten tehtäviksi, jolloin vastuu hämärtyy. Aikataulut tehdään kaiken muun kuin laaturakentamisen ehdoilla. Rakentamisen kustannustehokkuutta on pyritty parantamaan, mutta tämä on valitettavasti liian usein tapahtunut laadun ja kosteudenhallinnan kustannuksella.

2.2 Tulevaisuuden talojen haasteet

Ilmastomuutoksen hidastaminen asettaa tulevaisuuden taloille suuria vaatimuksia. Rakentamista ohjaavat lait ja määräykset tulevat edellyttämään energiatehokkuutta ja siirtymistä vähitellen jopa lähes nollaenergiatasolle sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Uusilla rakennuskonsepteilla ja kiinteistön omalla energiatuotannolla on mahdollista päästä lähes nollaenergiatasolle. Ensimmäisiä koetaloja on jo rakennettu, mutta rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta ei ole riittävästi kokemusta ja tietoa. Tulevaisuuden talojen toteutus on kosteusteknisesti haastavaa. Esim. sisältä tuleva lämpö ei kuivata enää yhtä hyvin ulkopinnassa kostunutta paksua eristettä. Ulkovaipan sisäpinnan ilmatiiveyden sekä ulkopuolisen sääsuojauksen merkitys kasvaa, jotta rakenne pysyy riittävän kuivana.

Ilmastonmuutoksen arvioidaan vaikuttavan Suomessa tällä vuosisadalla siten, että lämpötila nousee, suhteellinen kosteus kasvaa, talvet ovat lauhempi, sademäärät, viistosateet, tuulet ja tulvat lisääntyvät, vedenpinta nousee. Nämä kaikki tulevaisuuden muutokset ovat kosteudenhallinnan kannalta epäsuotuisia. Rakentamisessa ja talojen ylläpidossa tulee näihin asioihin kiinnittää entistä enemmän huomioita.

3. Rakennusprosessin kuivaketju edellyttää yhteistyötä

Rakennushankkeeseen ryhtyvä ennakoivalla laadunmäärityksellä luo pohjan hankkeen onnistumiselle ja laatu tasolle. Tähän tarpeeseen Oulun rakennusvalvonta on kehittänyt pientalon ennakoivan laadunohjauksen, jota on käytetty vuodesta 2005 lähtien koko oululaisen pientalorakentamisen ohjauksessa. Oulussa vastaava ennakoivan ohjauksen käytäntö on otettu käyttöön pari vuotta sitten myös suurten rakennushankkeiden suunnittelun aloituskokouksissa.

Olisi suotavaa omaksua rakentamiseen ns. ”kuivaketjuperiaate”, joka on analoginen elintarvikkeiden kylmäketjuajattelulle. Rakennuksen kuivaketjusta huolehtiminen tarkoittaa käytännössä mm. sitä, että hankkeeseen on sidottu osaavat suunnittelijat, rakentajat ja valvojat, hankkeen eri vaiheisiin on varattu riittävästi resursseja ja aikaa toimenpiteille. Asiantuntijat voivat hoitaa tehtävänsä laadukkaasti. Kun suunnittelu ja rakentaminen ovat määräysten vähimmäistasoa ja toteutus on totuttua rakennustapaa, niin voidaan saada toimiva lopputulos, mutta epäonnistumisen riskit ovat erittäin suuret.

Perusongelma on, että rakennusten rakennusfysikaaliseen toimintaan liittyvät ilmiöt tunnetaan puutteellisesti eivätkä sen enempää ammattilaiset kuin käyttäjätäkään tunne riittävästi tapoja niiden hallitsemiseksi. Rakennusprosessin selkeä riskikohta on vähäinen panostus suunnitteluun ja suunnittelun arvostuksen puute. Kosteudenhallinnan kannalta kriittisiä rakenteita ei suunnitella riittävän hyvin tai pahimmassa tapauksessa niitä ei suunnitella lainkaan.

Ongelmia syntyy myös, kun työmaan sääsuojaus on joko kokonaan laiminlyöty tai hoidettu puutteellisesti. Pinnoitettavuusmittaus tehdään väärillä menetelmillä tai mittauksia ei tehdä lainkaan vaan luotetaan vanhoihin konsteihin. Kokemuksesta tiedetään, että kuivumisaikojen laiminlyönti johtaa melkein väistämättä ongelmiin.

Rakennuksen puutteellinen ilmanvaihto aiheuttaa sisäilmasto-ongelmia. Alimitoitettu ilmanvaihto voi nostaa tilojen kosteutta merkittävästi, mikä luo olosuhteet homeille ja rakennepäästöille. Sisäilmasto-ongelmaa syntyy myös, jos korvausilma tulee epäpuhtaiden venttiilien tai ulkovaipan rakojen kautta.

Valmista rakennusta pitää käyttää siinä käyttötarkoituksessa, johon se on suunniteltu, ja sitä pitää huoltaa laaditun huoltokirjan ja suunnitelmien mukaisesti. Rakennuksen kuivaketju saadaan pysymään ehjänä koko rakennuksen elinkaaren ajan, kun jokainen osapuoli toimii kosteudenhallintasuunnitelman mukaisesti. Kuvassa 1 on esitetty prosessina osapuolten tehtävät ja vastuut.

Rakentamisprosessin kosteuslaatuketjun mittaaminen tulee perustua heikoimman lenkin periaatteeseen. Tältä pohjalta on kehitetty tässä ohjeessa esitetty kosteuslaatuluokitus. Tavoitteena on määrittää kosteuslaatuluokka vakiintuneiden mittausten, kuten lämpökuvauksen ja tiiviysmittauksen tulosten perusteella, ja täydentää luokitusta suunnitteluratkaisujen ja työmaan kosteuden hallinnan arvioinnilla ja seurannalla sekä ilmanvaihdon säädöillä ja mittauksilla.

Kosteuslaatuluokituksella ja rakennusprosessin kosteudenhallinnalla on vastaavankaltainen yhteys kuin energiatodistuksella ja energiaselvityksellä. Kosteuslaatuluokka on tiivistetty todistus laajemmasta kokonaisuudesta. Kosteuslaatuluokituksen tuloksen tarkempi analyysi edellyttää koko kosteudenhallintasuunnitelmaan ja tehtyihin mittauksiin paneutumista.



Kuva 1. Kosteudenhallinnan pääkohdat [RIL 250- 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen]

4. Hankkeen kosteudenhallinnan tavoiteasettelu ja suunnitteluratkaisut

Rakentamisen kosteudenhallinta alkaa rakennuttajan laadunmääritteistä jo ennen varsinaista rakennuksen suunnitteluvaihetta. Tavoitteena on, että rakennuttaja yhdessä ammattilaisen (esim. rakennuttajainsinööri/ pääsuunnittelija) kanssa määrittelee yksinkertaisilla ja selkeillä lauseilla kosteudenhallinnan laadun tavoitetaso, joka on pääsääntöisesti enemmän kuin määräysten vähimmäistaso. Tämä rakennuttajan määrittelemä ”tarkistuslista” sitoo ja ohjaa suunnittelua, työmaavaihetta ja rakennuksen käyttöä ja huoltoa. Tämä toimintatapa on ollut Oulun rakennusvalvonnan ennakoivassa laadunohjauksessa käytössä jo lähes 10 vuotta. Seuraavassa listauksessa on laadunohjauksen ”hoksautuslistaa” koskien kosteudenkestävyyttä.

Tavoiteasettelussa otetaan kantaa mm. seuraaviin asioihin (lista perustuu Oulun rakennusvalvonnan kehittämään www.pientalonlaatu.fi – laadunmääritteisiin):

A. Suunnitteluratkaisut

A1. Rakennuspaikan kuivatus

1. Tontin muotoilu, pintavesisuunnitelma ja rakennusten korkeusasema
 - *kallistukset riittävät, pintaveden poisjohtaminen, rakennuksen korkeussijainti tontilla ja maanpintaan nähden (sokkeli vähintään 300 mm)*
2. Sadevesien, kattovesien ja pohjavesien poisjohtaminen ja viemäröinti
 - *oikeat maarakenteet, riittävä salaojajärjestelmä (putkisto, kaivot), kattoveden turvallinen poisto rakennuksesta, jne.*
3. Lumien sijoituspaikat tontilla
 - *sijainti ja etäisyys rakennuksesta riittävä, sulamisvesien valuminen rakennuksesta pois päin*
4. Puiden ja pensaiden sijoittaminen rakennusten lähetyville
 - *kasvillisuus riittävän kaukana sokkelista (puut ja pensaat vähintään 3m, kukat 1 m)*

A2. Rakennuksen perustusten kosteudenhallinta

1. Pohja- ym. veden hallinta rakennuksen perustusten alla
 - *oikeat maakerrokset (kapillaarikatkot, kallistukset) ja rakenteet perustusten ja alapohjan alla sekä sokkelia vastaan, toimiva salaojitusjärjestelmä (putket, kaivot, ympäröivät maarakenteet), jne.*
2. Ulkoseinän ja alapohjan liitoksen toimivuus
 - *tavoitteena toimivat rakenneratkaisut (lämpö- ja kosteustekninen toiminta, ilmatiiveys)*
3. Alapohjan ja väliseinien liitoskohtien lämpö-, tiiveys- ja kosteusriskit
 - *toimivat rakenneratkaisut (lämpö- ja kosteustekninen toiminta, ilmatiiveys)*

A3. Rakennusvaipan toimivuus

1. Rakennusvaipan yleinen toiminta ja laadunvarmistus
 - *toimivat rakenneratkaisut (lämpö- ja kosteustekninen toiminta, ilmatiiveys)*
 - *määritellään toteutettavia laadunvarmistustoimenpiteitä lämpökuvaus ja ilmatiiveysmittaus*
2. Katon vedenpoisto: sadevesijärjestelmä, kallistukset, räystäät, vesikaton läpäisy, sisäkallistukset ja aluskatteen asennus
 - *toimivat rakenneratkaisut (lämpö- ja kosteustekninen toiminta, ilmatiiveys)*
 - *vedenpoiston varareitti*
3. Yläpohjan riittävä tuuletus ja räystäspituus

- *toimivat rakenneratkaisut*

4. Julkisivujen tuuletus ja oikeat materiaali- ja detaljivalinnat

- *toimivat rakenneratkaisut (lämpö- ja kosteustekninen toiminta, ilmatiiveys)*

A4. Märkätilaratkaisujen toimivuus ja taso

1. Märkätilojen rakenneyksityiskohdat ja laatutaso

- *suunnitelmien taso, ratkaisujen laatutaso, toimivat rakenneratkaisut*

2. Sertifioitu vesieristysjärjestelmä ja henkilösertifioitu asennustyö

- *tavoitteet työn suorittamista varten*

2. Vesieristyksen laadunvarmennus

- *laadunvarmistuksen taso ja sisältö*

3. Märkätilan lattialämmitys ja ilmanvaihto ympärivuotisessa käytössä

- *teknisten ratkaisujen taso*

4. Vesikalusteiden ja putkien asennustapa ja sijainti

- *vedeneristystä tulee rikkoa mahdollisimman vähän.*

A5. Talotekniset ratkaisut ja kalusteet

1. Suojaputkien asennus

- *laatutavoitteet*

2. Rakenteiden sisälle asennettavat vesijohdot ja teknisen tilan vedeneristys

- *ratkaisujen taso ja laatutavoitteet*

3. Automaattinen paineellisen veden vuotohälytys

- *käytetyt ratkaisut (mittarit, paine, hälytystavat)*

4. Vesikiertoisien lattialämmityksen toimintavarmuus (pientalot)

- *teknisten ratkaisujen varmuus*

5. Jääkaapin, pakastimen ja pesukoneen sekä allaskaapin alle kaukalo

- *käytettävät ratkaisut*

B. Työmaan olosuhdehallinta

B1. Rakennustyömaan olosuhdehallinta

- *vaatimukset valmiiden rakenneosien ja materiaalien suojaukseen, kuivatuksen hallintasuunnitelma*

B2. Kosteusmittaukset

- *kosteusmittausten toteutus, pätevyudet*

B3. Kosteudenhallinnan organisointi ja seuranta

- *työnjohtomenettely ja laadunvarmistus*

C. Ylläpito ja käyttö

C1. Ylläpidon organisointi

- *tavoitteet ylläpidon tasolle ja organisaatiolle*

C2. Huoltokirjan käyttö

- *huolto-ohjeelle asetettavia vaatimuksia ja tavoitteita*

C3. Käyttäjäopastus

- *menettelytavat käytön opastukselle.*

Määritellyt tavoitteet kirjataan **kosteudenhallintasuunnitelmaan**. Vastaamalla myönteisesti tarkastuslistan kysymyksiin siirtyvät ne osaksi hankekohtaiseen kosteudenhallinnan laadun tavoitetasomäärittelyä, johon voi luonnollisesti lisätä myös hankekohtaisia erikoistavoitteita.

4.1 Kosteudenhallinnan laadinta suunnitteluvaiheessa

Kosteudenhallinnan toimenpiteitä:

- rakennuttajan laatuun ja kosteudenhallintaan liittyvät *vaatimukset ja tavoitteet on selkeästi määriteltä*
- *kartoitetaan kosteusriskit*
- rakennus-, rakenne- ja talotekniset suunnitelmat ovat tehtävään luonteeseen nähden *riittävän kattavat*
 - kosteudenkertymä- ja kuivumislaskelmat vaatimusten mukaisia
- työmaajohto täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa työnaikaisten toimenpiteiden osalta (suojaus, rakenteiden kuivumisen hallinta)
- viranomaistarkastukset ja RakMK A1:ssä mainitut muut normaalit laadunvarmistustoimenpiteet suoritetaan asianmukaisesti
- laaditaan käyttöä ja huoltoa koskevat ohjeet

Kosteudenhallinta on tärkeä suunnittelukriteeri muiden vaatimusten, esim. energiatehokkuusvaatimusten rinnalla. Kosteudenhallintaan ja energiatehokkuuden hyvät ratkaisut ovat kuitenkin pääosin täysin yhteneväiset (esim. vaipan sisäpinnan tiiveys ja ulkopinnan kosteustekninen hyvä toimivuus). Eri suunnitteluosapuolten yhteistyön tulee olla tiivistä ja edetä pääsuunnittelijan johdolla.

4.2 Rakentamisvaiheen kosteudenhallinta

Toteutuksesta on lain edessä kuitenkin päävastuullinen *rakennushankkeeseen ryhtyvä*. Tämä tarkoittaa, että hänen pitää luoda edellytykset myös hankkeen rakennusvaiheen onnistumiselle. Rakentamisen aikainen ja sen jälkeinen rakennuskosteus voi olla rakenteen merkittävin kosteusrasitus. Rakentamisen aikaiseen kosteuteen voidaan vaikuttaa mm. rakennesuunnittelun ratkaisuilla, järkevällä työn suunnittelulla ja suojaustoimenpiteillä.

4.3 Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteet ja sisältö

Työmaan kosteudenhallinnan tulee olla luonnollinen osa työmaan työsuunnittelua ja laadunhallintaa.

Työmaan kosteudenhallinnan tavoitteet ovat:

- estää materiaalien ja tuotteiden haitallinen kastuminen
- varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviivytyksiä
- vähentää kuivatustarvetta.

Työmaan kosteudenhallinta voidaan jakaa seuraaviin pääkohtiin:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- olosuhdehallinta
- lämpökuvaus, kosteus- ja tiiveysmittaussuunnitelma
- organisointi, seuranta ja valvonta

Tiedot kirjataan työmaan kosteudenhallintasuunnitelmaan. *Kuivumisaika-arvioiden* avulla ohjataan työmaata ottamaan eri rakenteiden vaatima kuivumisaika huomioon työmaa-aikataulussa. Tarvittaessa annetaan ohjeita kuivumisen kannalta kriittisten rakenneosien tehostetusta kuivauksesta.

Työmaan *olosuhteiden hallinnalla* pyritään minimoimaan rakennusten kosteusriskit sekä varmistamaan että kohteet voidaan toteuttaa suunnitelman mukaisessa aikataulussa erilaisissa sääolosuhteissa. Olosuhteiden hallinnassa olennaisena osana ovat oikein tehdyt rakenteiden suojaustoimenpiteet. Työkohteen kunnollisella suojauksella, joka voidaan tehdä erillisillä sääsuojilla tai julkisivusuojilla, estetään tuotteiden vaurioituminen ja ulkonäöllisten ja muiden laatuvirheiden syntyminen sekä terveyshaittoja aiheuttavien mikrobi-kasvustojen syntyminen. Suojauksella parannetaan usein myös työolosuhteita, jolloin työmukavuus ja -tehokkuus paranevat, sairastumisalttius vähenee sekä työnlaatu paranee. Huomattavaa on myös lumen poistamisen ja sulatustarpeen väheneminen.

Kosteusmittaussuunnitelma laaditaan siten että mittauksin voidaan varmistua että rakenteet ovat kuivuneet suunnitellusti. Mittaussuunnitelma on otettu huomioon jo työmaa-aikataulua laadittaessa, jotta työmaata hidastavilta yllätyksiltä vältytään.

5. Työmaan kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelman perustan muodostaa rakennuttajan laatutavoitteet. Suunnittelijan laatima suunnitelmien riskikartoitus (riskiarvio/riskianalyysi) täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa, jota työmaa täydentää työmenetelmien, kuivumisaika-arvioiden, sääsuojauksien, mittauksien, olosuhdehallinnan mm. asioiden osalta.

Työmaavaiheen kosteudenhallintasuunnitelma sisältö on esim. seuraava:

1. Yleistiedot

- hankkeen perustiedot
- hankkeen kosteudenhallintatoimenpiteistä vastaava henkilö

2. Kosteudenhallinnan laatutavoitteet

- rakennuttajan laatutavoitteet täydennettynä suunnitelmien määrittelemillä laatukriteereillä

3. 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

4. Kuivumisaika-arviot

- rakenteiden päällystämiseen liittyvät kosteustekniset raja-arvot (päällystemateriaalien tuoteselosteet, sallittu kosteuspitoisuuden raja-arvo RH %, esim. RYL 2000 mukaan)
- rakenteiden arvioidut kuivumisajat
- aikataulusuunnittelu ja kuivumisaajan suunnittelu (laskennallinen arviointi)
- jatkotoimenpiteiden määrittely, jos rakenne ei suunnitellussa ajassa kuivu haluttuun tasoon, esim.
- laadun vaihto (esim. betonin)
- lämpötilan lisäys
- ilman kosteuden pienentäminen
- kastumisen estämisen tehostaminen
- betoni: sementtiliiman poisto
- ilmanvaihdon optimointi
- kuivatusjärjestelmän käyttö
- pintamateriaalin vaihto
- työjärjestyksen muutos
- yhteistyö LVIS-urakoitsijan kanssa, esim. lämmityksen, putkiston ja sähkövirran käyttö kosteudenhallintatoimenpiteisiin
- materiaalivalinnat

5. Olosuhdehallinta

- materiaalin ja rakenneosien suojauksen ja varastoinnin järjestäminen
- runkorakenteiden suojaaminen kastumiselta
- työnaikaisten vesivuotojen ja vesivahinkojen ennakointi- ja torjuntatavat
- hyvien kuivumisolosuhteiden järjestäminen
- sisälämpötila
- sisäilman kosteus

- ilmankierron järjestely
- kohteen kastumisen ehkäisy (esim. ikkunoiden asennus)
- tarvittavat erityistoimenpiteet

6. Erityisohjeet

- märkätilojen rakentaminen
- valitut sertifioidut vesieristeet
- seinien ja lattioiden rakenne (suositellaan kiviainesrakenteista)
- varmistetaan, että valitut tasoitteet, laastit, saumaaineet jne. ovat yhteensopivia vedeneristeen kanssa
- lattiakaivo yhteensopiva vedeneristeen kanssa
- lattiakaivojen korokerenkaan rakenteeseen ja tiiveyteen kiinnitettävä erityistä huomiota (potentiaalinen vuotokohta)
- kaadot ovat kunnossa
- nurkat, kulmat ja läpiviennit vahvistettu hyväksytyllä massalla ja vahvistuksella sertifikaatin mukaisesti
- muurauslaasti oikeanlaatuista
- käytetään saumoissa saniteettisilikonia
- vedeneristystyön tekijät

7. 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.

5.1 Työmaan kosteudenhallintasuunnitelman sisältö

Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään hankkeen perustietoja (tilaaja, osapuolet, jne.) sekä erityisesti työmaan kosteudenhallinnasta vastaavat osapuolet.

Kosteudenhallintasuunnitelmassa esitetään yhteenvedona rakennuttajan laatutavoitteet (ks. kohta 4.3) ja suunnitelmissa esitetyt laatutavoitteet. Nämä tiedot muodostavat lähtötietoja työmaan kosteusriskien arvioinnissa ja kosteudenhallintasuunnitelman muun osien laadinnassa.

5.1.1 Kosteusriskien arviointi

Suunnitelmaan liitetään suunnitteluvaiheen aikaisen kosteudenhallinnan riskiarvion tulokset, esim.

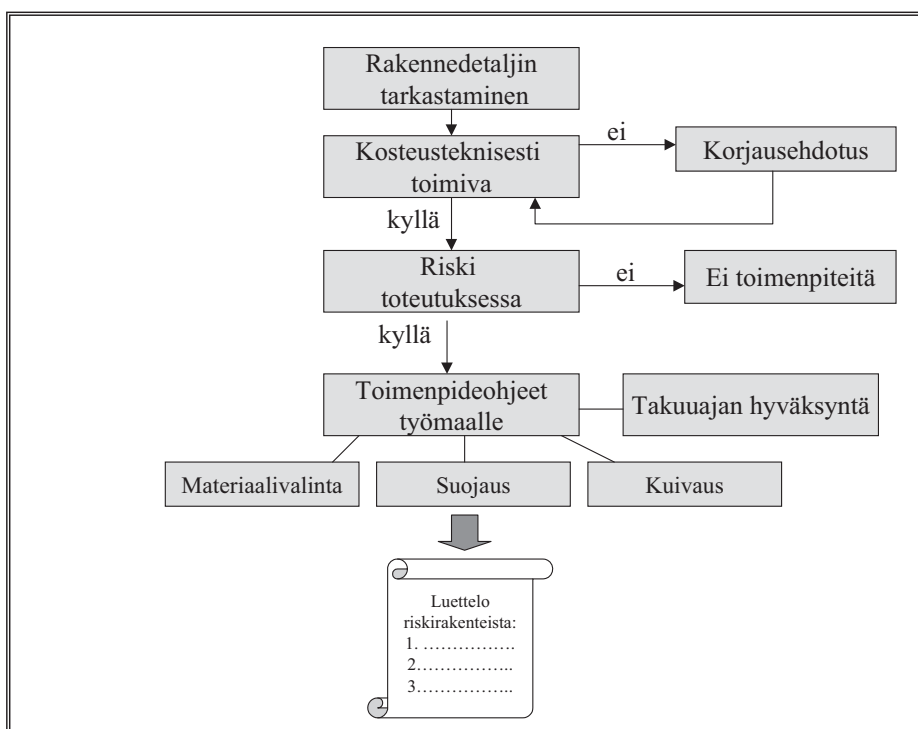
- todetut riskit ja kriittiset laatutekijät
- hankkeen kosteusriskiluokka (1-3)
- valittu kosteudenhallinnan menettelytaso (normaali, tehostettu, yhdistelmä)
- suunnitteluvaiheen riskienhallintatoimenpiteet

- työmaavaiheen riskienhallintatoimenpiteet.

Nämä tiedot muodostavat lähtötietoja työmaan kosteusriskien arvioinnissa ja kosteudenhallintasuunnitelman muun osien laadinnassa.

Työmaan kosteusriskien kartoituksessa (kuva 5.1) käydään työmaalla läpi kaikki rakennedetaljit ja arvioidaan niiden riskialttius rakenteen kosteusteknisen toiminnan ja työmaatoteutuksen kannalta. Tarvittaessa suunnitelmia voidaan korjata tai tarkentaa ja antaa toimenpideohjeita työmaalle esim. materiaalivalinnoista, sääsuojauksesta tai kuivauksesta.

Rakennesuunnitelmia tarkastettaessa tulee ensisijaisesti kiinnittää huomiota sellaisiin rakenneratkaisuihin, jotka estävät liiallisen kosteuden pääsy rakenteisiin. Ulkovaipan ilmanpitävyys on ensiarvoisen tärkeää, jottei kostea sisäilma vuoda rakenteisiin. Ulkovaipan tiiveyden tulee harventua ulkopintaa kohti.



Kuva 5.1. Rakennustyömaan kosteusriskit kartoitetaan tarkastamalla kohteen rakennedetaljit./1/

Kosteusteknisesti kriittisten rakennusosien kartoituksessa on huomioitava muun muassa seuraavat rakennusosat /11/:

- pihakansien vedeneristys ja vesienpoisto
- katutasen (pihakannen) ja sisätilojen väliset sokkelit, pihavesien pääsy lattian sisälle ja lattian alusrakenteiden kuivuminen ja kuivana pysyminen
- betonirungon kastuminen sateista tai lumien sulaminen
- kerroksellisten lattioiden kastumisvaara ja kuivuminen
- yläpohjarakenteiden kastumisvaara ja kuivuminen

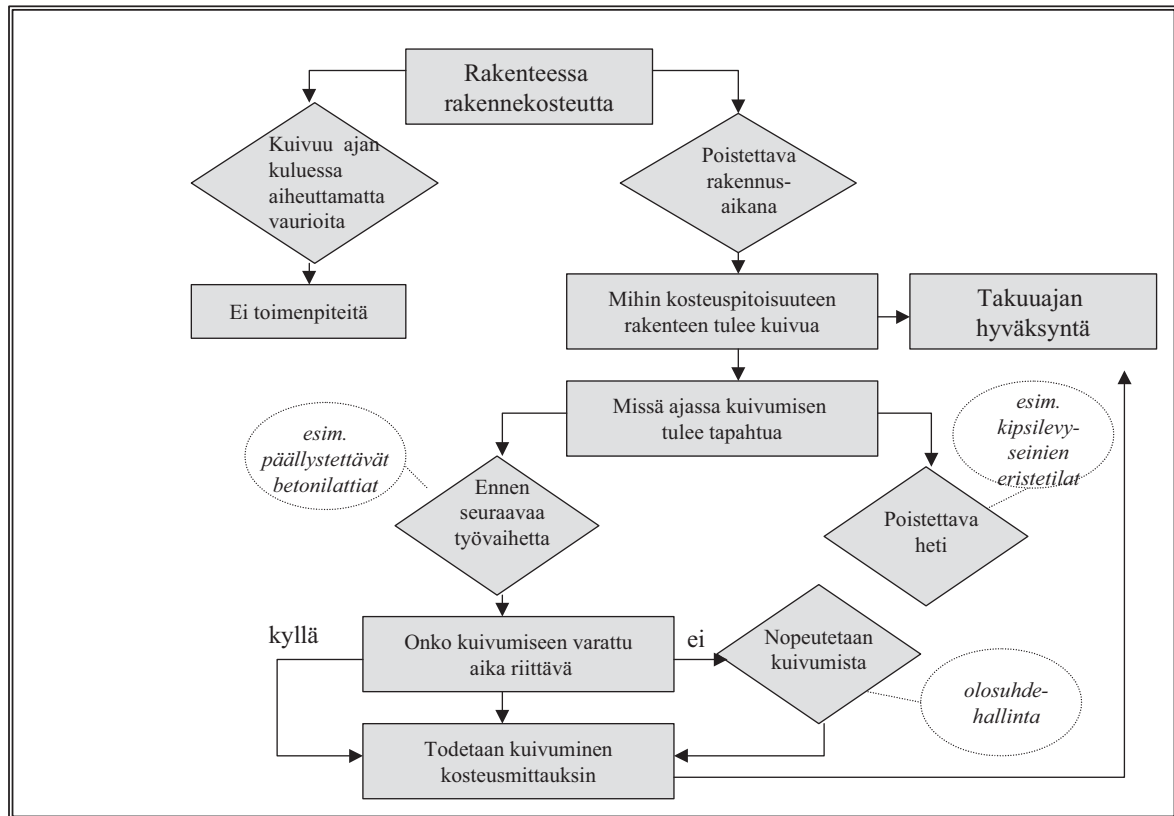
- vesien pääsy seinärakenteisiin holveilta
- vesien pääsy rankaseiniin ja pelti-mineraalivilla-pelti - seinien sisälle
- lasitiiliseinien rakenteet ja liittymät
- tiiliverhoiltujen ulkoseinien tuuletusväliin pääsevän veden hallittu ulosjohtaminen ja tuuletus, tuuletusvälin auki pysyminen.
- lasiseinien rakenteet ja liittymät
- aukkojen liittymien vesitiiveys/tuuletus
- vesieristys ja rakenteiden liikuntasaumamat
- räystääliittymät
- betonirakenteiden kuivuminen, kuivumisolosuhteet mittaukset ja betonin ominaisuudet
- lasikatot ja niiden liittymät, kynttilöiden tuuletus ja vedenpoisto
- seinien liittymiset vesikattoon, ylösnousevan seinän sisälle pääsevän veden hallittu ulosjohtaminen
- rakenteiden kuivumismahdollisuus myös valmiissa rakennuksessa (kuivumismahdollisuuden omaavat rakenteet)
- sääsuojaukset vesikattokorjauksissa sekä julkisivuja uusittaessa
- IV-konehuoneiden rakenteet
- märkätilojen rakenteet
- kipsilevyseinien kastumisen estäminen
- LV-putkistoissa ja kalusteissa mahdollisesti esiintyvien vuotojen hallittu havainnointi
- pihavesien ja kattovesien hallittu poisjohtaminen, SVK-kaivojen oikea malli ja viemärien riittävä koko (hiekkapesät, käännytyissä katoissa vesien pääsy kaivoon myös vesieristeiden pinnalta ja putkien koko, min. 100 mm
- materiaalien kastumisen estäminen kuljetuksen, varastoinnin, asentamisen ja työn aikana sekä rungon kuivumisvaiheessa
- homehtumiselle alttiiden materiaalien välttäminen, mm. puupintainen vaneri on altis homehtumaan seinien ulkopinnoissa tai muuallakin kylmissä sateelta suojatuissa tiloissa
- rakenneratkaisut, joista ei ole aiempaa kokemusta.

Kartoituksen perusteella kosteudenhallintasuunnitelmaan kootaan riskialttiit rakenteet, tuotteet ja materiaalit sekä kunkin kohdalle toimenpiteet, jotka työmaalla sovitaan tehtäväksi kosteudenhallinnan toteutumiseksi.

5.1.2 Rakenteiden kuivumisaika-arviot ja päällystettävyys

Suuriosa rakenteista sisältää ylimääräistä kosteutta ns. rakennuskosteutta, jonka tulee poistua. Rakennuskosteuden lähteitä ovat rakennusmateriaalin valmistamiseen käytetty vesi, rakennusaikainen sade sekä työmaa-aikainen vedenkäyttö. Suurimmasta osasta rakenteita tämä kosteus pääsee poistumaan aiheuttamatta rakenteelle tai sen ympäristölle ongelmia. Joissakin rakenteissa kosteuden poistuminen voi kuitenkin olla liian hidasta suhteessa rakenteen kosteudensietokykyyn. Tällaisia rakenteita ovat mm. kipsilevyistä tehdyt kevyet seinärakenteet, joissa esim. siivousvesi voi aiheuttaa nopeasti mikrobivaurion synnyn. Sisäilmaan kosketuksessa olevat mikrobivaurioituneet rakenteet tulee pääsääntöisesti poistaa. Näihin rakenteisiin rakennusaikana päässyt kosteus tulee poistaa mahdollisimman nopeasti.

Osan rakenteista on kuivuttava ennen kuin seuraavaan työvaiheeseen voidaan ryhtyä (kuva 5.2). Tällaisia rakenteita ovat lähinnä betonilattiat ja – seinät, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla. Useimmat lattiapäällystemateriaalit edellyttävät, että alusbetonin tulee kuivua päällystemateriaalin edellyttämän kriittisen kosteusarvon alapuolelle ennen päällystystä. Päällystemateriaalien kosteusraja-arvoja on annettu mm. SisäRYL 2000:ssa [4] sekä BLY7/by45 Betonilattiat [5]. Ensisijaisesti tulee kuitenkin noudattaa päällystemateriaalien valmistajien ja tuottajien antamia ohjearvoja.



Kuva 5.2. Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisaika-arviointi /1/

Kosteudenhallintasuunnitelmassa laaditaan **kuivumisaika-arviot** niille betonirakenteille, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla tai joissa kuivumisesta aiheutuvat muodonmuutokset voivat aiheuttaa vaurioita (esim. keraamisilla laatoilla päällystettävät betoniseinät). Kun rakenneratkaisu ja tavoitekosteus ovat tiedossa, betonirakenteelle voidaan laatia kuivumisaika-arvioita käyttäen muuttujina erilaisia betonilaatuja sekä kuivumisolosuhteita. Betonilaaduissa kuivumisaikaan vaikuttaa eniten betonin vesisementtisuhte ja käytetyt lisäaineet. Olosuhteista betonin kuivumiseen vaikuttavat merkittävimmin kastumisaika, lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus.

Kuivumisaika-arviota laadittaessa on syytä huomioida, että ne ovat vain suuntaa antavia. Todellinen varmuus rakenteen riittävästä kuivumisesta saadaan analysoimalla rinnan kuivumisaika-arviota, olosuhdehallintaa ja suoritettuja betonin huokostilan suhteellisen kosteusarvojen mittaustuloksia. Luotettavia mittausten menetelmiä ovat esimerkiksi poranreikä- tai näytepalamittaus. Pintakosteusmittaus ei sovellu betonirakenteen kuivumistarpeen määrittelyyn eikä myöskään pinnoitettavuus määrittelyyn.

Kosteudenhallintasuunnitelman kuivumisaika-arvion tulee myös määrittää, millaiset olosuhteet kohteeseen tulee luoda, jotta kuivumista tapahtuisi tavoiteaikataulun mukaisissa puitteissa. Aikataulullisesti kriittisiin kohteisiin on syytä laatia erityinen **olosuhdehallintasuunnitelma**, missä tarkastellaan kohteen työmaa-aikaista suojausta, lämmitystä ja kuivatusta.

Rakennustyömaan olosuhdehallinnalla ja kuivumisaika-arvioinnilla on tavoitteena estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa että rakenteet kuivuvat tavoitekosteustilaansa. Hyvällä kosteudenhallinnalla voidaan pienentää huomattavasti rakennuskustannusten lisäksi elinkaarikustannuksia. Johtopäätösten teko yksin kosteusmittaustulosten, kuivumisaika-arvion tai olutsuhdeseurannan perusteella voi johtaa virheelliseen johtopäätökseen. Päätöksentekoon tarvitaan näiden kolmen osa-alueen tuloksia ja ammattilainen tulosten tulkintaan.

Taulukko 5.2. Esimerkki kosteudenhallintasuunnitelman sisältämästä kuivumisaika-arvioista ja toimenpideohjeista. /1/

2. RAKENTEIDEN KUIVUMISAIKA-ARVIOT / PÄÄLLYSTÄMINEN				
Rakenne	Sijainti	Päällyste-materiaali	Tavoite-Kosteus RH (%)	Kuivumisaika-arviot ja toimenpiteet
API	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>

5.1.3 Työmaaolosuhteiden hallinnan suunnittelu

Kosteudenhallintasuunnitelman olosuhdehallinnan osuudessa sovitaan toimenpiteistä, joilla pyritään estämään rakenteiden ja rakennusmateriaalien työmaa-aikainen kastuminen sekä luomaan kohteeseen optimaaliset olosuhteet rakenteiden kuivattamiseksi. Työmaasuojauksen peruseriaatteena on sääsuojien riittävyys. Suojia pitää olla vähintään sama määrä kuin suojattavia rakenteita ja materiaalia. Olosuhdehallintasuunnittelusta vastaa vastaava työnjohtaja tai hänen nimeämä henkilö.

Rakennusaikaisen kosteudenhallinnan kannalta on eduksi käyttää esim. nopeasti pystytettävä runkoa, joka saadaan joko omilla vaipparakenteilla tai muulla tavoin nopeasti suojattua. Valmisosarakentaminen on eräs esimerkki, kunhan myös saumojen tiiveydestä huolehditaan nopeassa tahdissa. Myös paikallavalurunko on tässä suhteessa toimiva, koska runko on itsessään jo tiivis.

Ulkoseinän monikerros-rakentaminen on säälle alttiina ja täytyy olettaa aina kastuvan. Valmiin rakenteen kuivumismahdollisuuteen on sekä suunnitelmissa että toteutuksessa kiinnitettävä erityistä huomiota.

Riippuen käytetystä runkomateriaalista, noudatetaan ko. materiaalille laadittua rakentamisen laatuohjetta (esim: RT Betonirakenteiden laatuohje, teräsrakenteiden laatuohje, puu: RIL 240 Puurakenteiden laadunvarmistus), jossa materiaalikohtaisia kosteudenhallintaohjeita on annettu.

Kastumisen estäminen/sääsuojaus

Rakenteet ja materiaalit tulee suojata sateelta mahdollisuuksien mukaan, sillä kastuminen lisää merkittävästi sekä kuivatustarvetta että materiaalihukkaa. Kastuneen materiaalin tai rakenneosan käyttö voi myös myöhemmin aiheuttaa terveyshaitan rakennuksen käyttäjälle.

Pienet rakennukset tai rakennusosat pystytään suojaamaan rakennustöiden aikana lähes kokonaan. Sen sijaan suuria rakennuksia ei pystytä kohtuullisin kustannuksin suojaamaan kauttaaltaan rakennustöiden aikana. Suurilla työmailla tulee keskittyä kosteudelle kaikkein arimpien (puupohjaiset rakennustarvikkeet, lämmöneristeet) materiaalien suojaamiseen sateilta.

Kastumisen estämisen osa-alueita ovat mm:

- rungon suojaaminen kastumiselta
- materiaalien kastumisen estäminen
- keskeneräisten rakenteiden suojaus
- vesivahinkoihin varautuminen sekä niiden ehkäiseminen

Rakennuksen rungon kastumista voidaan vähentää mm. seuraavilla toimenpiteillä:

- valmiselementtien käyttö – lyhyt varastointiaika ja nopea pystytys sekä välitön sääsuojaus
- kattorakenteet tekeminen ensimmäisenä, joka toimii työvaiheiden suojarakenteena
- 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 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 sääsuojia korjaustyömaiden suojauksessa.
- alakerrosten kosteudelle herkkiä vaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatto on kiinni.
- vesikaton rakenteista laaditaan erillinen suojaussuunnitelma

Työmaalle tulevien ***rakennusmateriaalien ja -tuotteiden kostumista ja kastumista*** voidaan vähentää:

- edellyttämällä toimittajilta kuljetuksen aikaista suojausta
- noudattamalla valmistajan antamia ohjeita varastoinnin suhteen

- oikea-aikaisella toimituksella (JOT)
- suunnitteleamalla varastointialueet ja -menetelmät ajoissa
- sääsuojia työmaalla pitää olla riittävästi rakenteiden ja materiaalien suojaamiseen
- suunnitteleamalla työsuoritus huolellisesti ja toteuttamalla se pienissä paloissa, jotta
- keskeneräiset rakenteet ehditään suojaamaan saman työvuoron aikana

Suojaustoimenpiteissä tulee huomioida, mitkä materiaalit voivat itse *vaurioitua kosteuden vaikutuksesta* ja mitkä voivat kastuessaan *välillisesti aiheuttaa kosteusvaurion*. Esimerkiksi kipsilevy on tuote, joka voi jo korkean ilman suhteellisen kosteuden vaikutuksesta vaurioitua ja pinnoille voi muodostua orgaanista kasvustoa. Tiilet, kevytsoraharkot ja betonituotteet puolestaan voivat kastuessaan imeä itseensä huomattavia määriä kosteutta (jopa 300 -400 litraa/m³) vaurioitumatta. Kosteus voi kuitenkin muodostua ongelmaksi, kun nämä materiaalit pinnoitetaan tai päällystetään.

Vesivahingon sattuessa rakenteisiin päässyt vesi tulee poistaa välittömästi. Työmaalla sattuviin vesivahinkoihin tulee varautua valistamalla työmaahenkilökuntaa, jotta he kukin osaltaan huolehtisivat, ettei heidän työsuorituksensa seurauksena rakenteisiin pääse ylimääräistä kosteutta.

Työmaavaiheen painevesiverkoston liitokset tulee koeponnistaa ennen verkoston käyttöönottoa, työmaankäyttövesijohdot tulee sulkea yöksi ja viikonlopuiksi, työmaalla tulee olla nopeasti saatavilla vesi-imuri ja kuivatuslaitteiden nopea saatavuus tulee varmistaa.

Rakenteiden kuivatusolosuhteet

Rakenteiden kuivuminen varmistetaan tuulettamisella ja tarvittaessa lämmittämällä. Kosteuden poistumiseen rakenteista vaikuttaa merkittävästi *lämpötila ja rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus*. Ilman suhteellisen kosteuden (RH) tulee olla riittävän alhainen, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Yleensä rakenteiden kuivumisnopeus riippuu enemmän materiaalien kosteudensiirto-ominaisuuksista kuin kuivatusolosuhteista. Siksi esimerkiksi huonetilojen ilman kuivaaminen alle 50-60 %:n suhteellisen kosteuden (RH) on usein tarpeellista, sillä se ei oleellisesti vaikuta varsinkaan betonirakenteiden kuivumiseen.

Lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa nopeuttaa rakenteiden kuivumista. Sisäilman lämpötilaa nostamalla saadaan paitsi ympäröivän ilman RH laskemaan myös rakenteiden lämpötila nousemaan, jolloin niiden kosteutta siirtävä voima kasvaa. Esimerkiksi betonin lämpötilan noustessa 10°C:sta 30°C:een, betonin kuivumisaika lyhenee puolella. Rakenteita kuivattaessa sisäilman lämpötilan olisi hyvä olla vähintään 20°C ja RH 50%.

Lämpötilaero kuivatettavan materiaalin ja ilman välillä tehostaa kuivumista samoin kuin lämpötilaero ulkoilmaan. Kevyet, ilmaa läpäisevillä lämmöneristeillä varustetut rakenteet kuivuvat tehokkaimmin juuri rakenteen yli vaikuttavan lämpötilaeron vaikutuksesta. Kivipohjaisten rakennusmateriaalien alkukosteudet ovat yleensä suuria. Silloin lämpötilaero voi johtaa esimerkiksi kevytbetonirakenteissa suureen kosteusvirtaan ulospäin ja kosteuden tiivistymiseen ulompiin rakennekerrokseen. Rakennevalinnoilla (tuulettavat rakenteet, vesihöyryä läpäisevät julkisivupinnoitteet yms.) kuivattaminen voidaan silti hoitaa hallitusti.

Työmaan kuivatusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon **vuodenajat**. Rakennustyömaan sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttaa ulkoilman kosteussisältö (g/m^3), sisäilman kosteustuotto (g/m^3), sisäilman lämpötila ja ilmanvaihto. Ulkoilman suhteellinen kosteus (RH) ei muutu kovinkaan paljon vuoden eri kuukausina (keskimääräinen vaihteluväli 70-85%). Ulkoilman kosteussisältö (g/m^3) sitä vastoin vaihtelee suuresti. Talvella, kun ulkoilman lämpötila on alimmillaan, ulkoilman kosteussisältö on pienimmillään ja kesällä lämpiminä aikoina suurimmillaan. Mitä lämpimämpää ilma on sitä enemmän kosteutta (vesihöyryä) siihen mahtuu. Esimerkiksi $+20^\circ\text{C}$ ilmaan mahtuu vesihöyryä enintään $17,28 \text{ g/m}^3$ ja -20°C :ssa ilmaan mahtuu enintään $0,89 \text{ g/m}^3$.

Talvella rakenteet saadaan parhaiten kuivatettua **lämmittämällä sisäilmaa**. Riittävä lämpö ajaa kosteutta pois rakenteista ja pitää sisäilman riittävän kuivana vastaanottamaan rakenteista poistuvaa kosteutta. Osastoittain kuivattava tila tulee tehdä ilmatiiviiksi, ettei lämmin ilma pääse kulkeutumaan lämmittämättömiin tiloihin, sillä kosteus voi tiivistyä uudestaan rakennuksen kylmiin pintoihin.

Loppusyksyllä ja keväällä rakenteiden kuivumista voidaan tehostaa nostamalla lämpötilaa ja tehostamalla ilmanvaihtoa. **Kesällä ja alkusyksystä** ulkoilman kosteussisältö voi olla niin suuri, että kosteuden poistuminen sisäilmasta edellyttää **ilmankuivaajien ns. kosteudenkerääjien käyttöä**. Ilmankuivaajien käyttö edellyttää, että kuivatettava tila on tehty huolellisesti ilmatiiviiksi, ettei kerätä ulkoilman kosteutta vaan rakenteista vapautuvaa kosteutta. Ilmankuivaajat pitävät tarvittaessa ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden riittävän alhaisena, jotta ilma pystyy ottamaan vastaan rakenteista haihtuvaa kosteutta.

Rakennuksen **kuivatuksen suunnittelu- ja toteutusperiaatteita** ovat:

- ennen kuivatuksen aloittamista estetään lisäkosteuden pääsy kuivatettavaan tilaan
- poistetaan kuivatettavassa tilassa oleva irtovesi
- osastoidaan kuivatettava tila
- pyritään saamaan kohteen lopullinen lämmitysjärjestelmä toimintakuntoon mahdollisimman varhaisessa vaiheessa
- jos kohteessa on tulisijoja, niin niiden hyödyntäminen rakennusvaiheen kuivatuksessa on suositeltavaa
- mikäli kohteen oma lämmitysjärjestelmä ei ole käytettävissä tai sen lämmitysteho ei ole riittävä, käytetään lisälämmityslaitteita (esim. lämpöpuhaltimia)
- varmistetaan ennakkoon lisälämmityslaitteiden saatavuus ja toimivuus kohteessa
- varmistetaan kosteuden poistuminen riittävällä ilmanvaihdolla
- mikäli kosteuden poistaminen edellyttää ilmankuivaajien (kosteudenkerääjien) käyttöä, varmistetaan kuivatettavan tilan tiiviys (ettei kerätä ulkoilman kosteutta, eikä kostuteta viereistä kylmää tilaa)
- huomioidaan ulkoiset olosuhteet (vuodenajan vaikutus)
- suunnitellaan kriittisten rakenteiden työaikainen kuivatus ajoissa (esim. väestösuojankattorakenteen asennustilan työaikainen tuuletus)
- seurataan kuivatuksen tehokkuutta sisäilman lämpötila- ja kosteusmittauksin sekä rakennekosteusmittauksin.

Kosteudenhallintasuunnitelman rakenteiden kuivatusosuutta laadittaessa selvitetään

- tavoiteolosuhteet (ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus)

- ulkoilman olosuhteet kuivatusjakson aikana ja niiden vaikutus kuivumiseen
- rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän hyödyntämismahdollisuus
- lisälämmitys- ja kuivatuslaitteiden tarve
- alueellisen kuivatussuunnitelman tarve.

Alueellinen kuivatussuunnitelma tehdään lähinnä kohteisiin, joissa on tiukka aikataulu ja riittävä kuivuminen edellyttävät lisä lämmitys- ja kuivatuslaitteiden käyttöä. Suunnitelmassa määritetään kuivatettavan tilan osastointi, tarvittavien laitteiden määrä, sijainti ja käyttöaika.

Pääkaupunkiseudun rakennusvalvontavirastojen (www.pksrava.fi) sää- ja olosuhdesuojauksen riskiarviomenettely on esimerkki, miten olosuhteiden hallintaa voidaan tehostaa.

5.1.4 Kosteusmittaussuunnitelma

Kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään

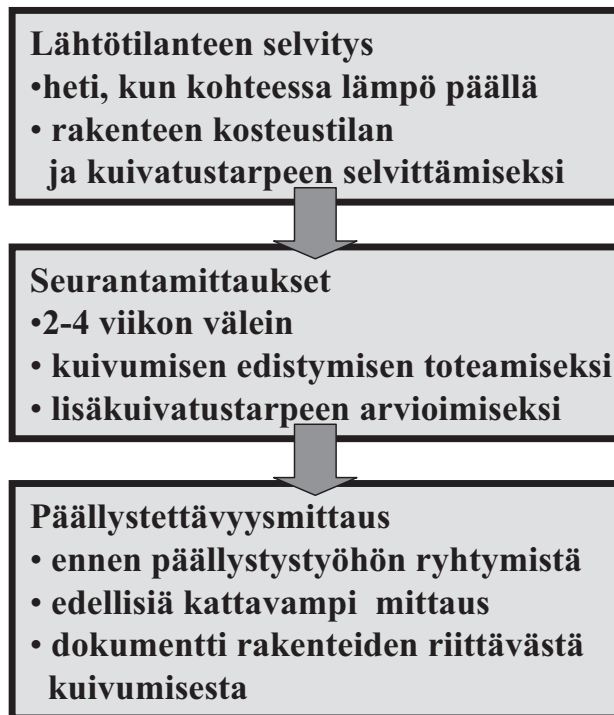
- mitä mittauksia kohteessa tehdään
- mittausmenetelmä ja laitteisto
- mittauslaitteiden kalibroinnin varmistus
- henkilösertifioitu kosteusmittaaja, jolla on riittävä mittauskokemus
- mittauksen aikataulu, laajuus ja tarvittavien mittauspisteiden sijainti.

Kosteusmittaussuunnitelman laadinta on vastaavan työnjohtajan ja hänen nimeämänsä asiantuntijan tehtävä, esim. henkilösertifioidun kosteudenmittaajan tehtävä.

Kosteudenhallintaan liittyviä mittauksia ovat sisäilman lämpötila- ja kosteusmittaukset sekä rakennekosteusmittaukset (kuva 5.4). Työmaan sisäilman lämpötila- ja kosteusmittausten tulosten perusteella päätetään tapauskohtaisesti, tuleeko kohteen lämpötilaa nostaa vai laskea, tuleeko ilmanvaihtoa lisätä vai vähentää vai tarvitaanko ilmankuivaajia.

Rakenteista tehtävien seurantamittausten avulla todetaan rakenteiden kuivumisen edistyminen suunnitellussa aikataulussaan. Mikäli mittaus tulokset osoittavat, että kuivuminen ei ole edennyt suunnitelmien mukaan, lisäkuivatustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä.

Rakennekosteusmittaukset



Kuva 5.4. Rakennekosteusmittausten kulku. Mittauksilla seurataan rakenteiden kuivumista ja varmistetaan riittävä kuivuminen.

Ensimmäinen rakennekosteusmittaus tulisi tehdä heti, kun kohteeseen on saatu lämpö päälle, jolloin saadaan käsitys rakenteiden kosteustilasta ja kuivatustarpeesta. Seuraava mittaus tulisi tehdä vähintään 2 viikkoa ennen aiottua päällystystyön aloitusta ja viimeinen (yleensä kattavampi ja tarkempi) mittaus vähän ennen päällystystyötä.

Rakennekosteusmittaukset tehdään mittaamalla suhteellinen kosteus rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetusta materiaalinäytepalasta. Mittauksia ei tehdä pintakosteudenosoittimilla. Mittaustyö vaatii erityistä huolellisuutta ja ammattitaitoa. Mittalaitteiden tulee olla tehtäväänsä soveltuvia ja kalibroituja. Mittaajalla tulee olla voimassa oleva kosteudenmittaajan henkilösertifikaatti (määräykset eivät tätä vielä edellytä) ja riittävät tiedot mittalaitteen toimintaperiaatteista ja siihen vaikuttavista tekijöistä, mitattavan rakenteen toimivuudesta sekä mitattavan materiaalin ominaisuuksien vaikutuksesta mittaukseen.

5.1.5 Kosteudenhallinnan dokumentointi ja kosteuslaatuluokan määrittäminen

Sopimusasiakirjoissa tulee sopia eri osapuolten tehtävät ja vastuut kosteudenhallinnan osalta. Kosteudenhallinnan suorittamisesta, poikkeusolosuhteista, vesivahingoista, mittaustuloksista ja rakenteiden päällystämispäätöksistä dokumentoidaan tarkoituksenmukaisissa asiakirjoissa.

Rakentamisvaiheen lopussa rakennuksen toteutumätiedot dokumentoidaan omistajalle ja rakennuksen ylläpidosta vastaavalle (osa huoltokirjaa). Tehdään kosteuslaatuluokitus ja saatu tulos liitetään lakisääteisen energiatodistuksen liitteeksi. (tämä kosteuslaatuluokitus on kehitysvaiheessa.) Päävastuu huoltokirjan lähtötietojen keräämisestä on yleensä pääsuunnittelijalla. Huoltokirja sisältö ja käyttö on esitetty tarkemmin kohdassa

5.1.6 Rakennusprosessin kosteuslaatu luokitus

Suunnitelmien ja toteutustietojen perusteella voidaan määrittellä rakennuksen kosteuslaatu luokka (A – D). Menettely perustuu seuraaviin laatutekijöihin:

1. Rakennuksen ilmanpitävyys
2. Kylmäsiltojen määrä
3. Rakenteiden kuivumiskyky
4. Työmaan kosteudenhallinta
5. Talotekniikan toimivuus.

Rakennuksen ilmanpitävyyden ja kylmäsiltojen määrän arviointiperusteet saadaan ilmatiiviys- ja lämpökuvauksmittauksesta. Rakenteiden kuivumiskyvyn arvioi rakennesuunnittelija materiaalitietojen ja rakenneanalyysien perusteella. Työmaan kosteudenhallinnan laatu arvioidaan vastaavan työnjohtajan tai valvojan dokumentoinnin perusteella. Talotekniikan toimivuuden arvioi LVI-suunnittelija ilmanvaihto- ja lämmityslaitteiden säätöarvojen ja mittaustulosten perusteella käyttäen arviointiperusteena sisäilmaluokituksen mukaisia viitearvoja. Pääsuunnittelija kerää eri vastuutahoilta mittaustulokset yhteen, määrittää lopullisen kosteuslaatu luokan ja liittää sen rakennuksen käyttöönoton yhteydessä rakennuksen dokumentteihin energiaselvityksen/energiatodistuksen rinnalle. Liitteeksi tulee em. tahojen allekirjoittamat arvioinnin perusteet. Kokonaisarviointi perustuu ”heikoimman lenkin periaatteeseen”. Esimerkiksi osa-alueiden arviointitulokset: A-A-B-A-A-A-D tuottaa lopputuloksen D.

Kosteuslaatu luokituksen 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

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 vaurioitu 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.

6 Yhteenveto

Rakentamisen kosteudenhallinta ymmärretään usein pelkästään työmaan sääsuojauksena. On erittäin tärkeää, että kosteudenhallinta koskee koko rakennusprosessia: rakennuttamista/tilaamista, suunnittelua, työmaatoteutusta, valvontaa ja dokumentointia. Näin luodaan kiinteistön ylläpidolle ja käytölle hyvät toimintaedellytykset. Kiinteistön ylläpidon tavoitteena on pitää rakennus ja lähiympäristö teknisesti ja toiminnallisesti hyvällä tasolla. Lisäksi tavoitteena tulee olla kiinteistön energiankulutuksen optimointi, kiinteistön kunnon ja arvon säilyminen sekä erityisesti kosteusvaurioiden ja sitä kautta homeongelmien estäminen.

Haasteena on rakennusten laatutason määrittäminen, suunnittelu ja työmaatoteutus. Lisähaasteita aiheuttavat ilmastonmuutos, päästövähennystavoitteet, uudet rakennusmateriaalit ja rakennusten käyttötottumusten muutokset. Tulevaisuuden muutospaineena on kokonaislaadun hallinta. Onnistunutta lopputulosta edistää osaltaan nykymuotoisen energiatodistuksen rinnalle kehitettävä kosteuslaatuluokitus, jonka määrittämiseen jo nyt on käytettävissä mittaus- ja analyysimenetelmät. Kosteuslaatuluokituksen laajempi käyttöönotto edellyttää jatkotutkimuksia eli arviointiasteikkojen tarkempaa analyysia ja kenttämittauksia.

7 Kirjallisuusluettelo:

- [1] Rakennustyömaan kosteudenhallinta: mallirunko ja ohjeet. Oulun rakennusvalvonta. 2001/
Konsulttityönä Humittest Oy/ Merikallio Tarja
- [2] C2 Kosteus, Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö.1998
- [3] RIL 107-2013. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.
- [4] Kilpeläinen, M., Hekkanen, M., Seppälä, P. ja Riippa, T. 2006. Pientalon tekninen laatu, Tähtiluokitus.
Ympäristöministeriö.
- [5] Betonilattiat 1997, BY 45/BLY7. Suomen Betoniyhdistys r.y. Suomen Betonilattiyhdistys r.y.
- [6] Merikallio T., Kosteuden hallinta rakennustyömaalla, Betonirunkoratkaisu. Humittest Oy. 1998.
- [7] Björkholtz, D. Rakennusten kuivattamien. Suomen Rakennusteollisuusliitto r.y., Oy Dick Björkholtz
Consulting Ab ja Rakentajain Kustannus Oy. 1990.
- [8] Torikka, K. Hyypöläinen, T, Mattila, J, Lindberg, R. 1999. Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus.
Tampereen teknillinen yliopisto, julkaisu 99, talonrakennustekniikka.
- [9] Oulun rakennusvalvontaviraston kosteusriskikartoitus ja ohje, 2001, päivitetty 2208.
- [10] Vakuutusyhtiöiden keskusliiton pientalojen vahinkotilastot 2004.
- [11] Sisäilmayhdistyksen nettisivut (www.sisailmayhdistys.fi)
- [12] RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto
RIL.