
Pientalotyömaan kosteudenhallintaohje



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Visamäki, syksy 2015

Risto Isotalus



VISAMÄKI

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Tuotantotekniikka

Tekijä	Risto Isotalus	Vuosi 2015
Työn nimi	Kosteudenhallinta pientalotyömaalla	

TIIVISTELMÄ

Suomen rakennusmassassa on paljon kosteuden aiheuttamaa korjaustarvetta. Vauriot syntyvät suunnittelun, työmaan kosteudenhallinnassa tapahtuvien virheiden ja huollon puutteiden seurauksena. Osa vaurioista aiheutuu myös materiaalien kulumisen ja käyttöiän päättymisen seurauksena. Kosteudesta aiheutuvat vahingot voidaankin estää hyvällä suunnittelulla, huolellisella rakentamisella ja oikealla rakennuksen käytöllä. Opinnäytetyössä tutkitaan pientalotyömaan rakentamisen aikana tapahtuvaa kosteudenhallintaa. Työn toimeksiantajana on Vertia Oy. Yritys tekee rakennusten kosteus- ja tiiveysmittauksia ja järjestää niihin liittyvää koulutusta. Lisäksi se tekee toimialaansa liittyviä tutkimuksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitä toimenpiteitä rakentamisen aikana tehdään kosteusvaurioiden estämiseksi. Kosteus aiheuttaa sisäilman pilaantumista ja sitä kautta terveydellisiä haittoja. Kosteutta tulee rakennuksiin sekä sisäisesti että ulkoisesti. Rakentamisen aikana kosteutta joudutaan myös tuomaan rakenteisiin, jotta rakentaminen ylipäätään on mahdollista. Samoin kaikki tuotu kosteus joudutaan poistamaan, jotta rakennustyö voisi edistyä ja rakennus ottaa käyttöön. Tavoitteena on myös kerätä aineistoa, jonka pohjalta voidaan laatia ohjeistus pientalorakennustyömaan käyttöön kosteuden hallintaan ja torjuntaan.

Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisen lähdeaineiston tutkimista ja haastattelua. Työssä selvitetään voimassa olevia määräyksiä ja hyväksi todettuja käytäntöjä sekä ohjeita. Lisäksi hankitaan tietoa lähitulevaisuudessa ilmestyvistä ohjeista ja määräyksistä. Tietoa haetaan myös rakennusalan toimijoiden ohjeista, julkaisuista, tilastoista ja alan ammattilaisten haastatteluista.

Kosteusvaurioiden syntyminen rakentamisen aikana voidaan estää yksinkertaisilla toimenpiteillä. Ne perustuvat huolelliseen ennakkosuunnitteluun ja työmaa-aikaiseen toteutukseen.

Nykyiset energiamääräykset asettavat haasteita myös rakenteiden tiiviyyteen. Mikäli vaipan tiiviys on huono, aiheuttaa se myös sisäilman laadun heikkenemistä ja kosteusvaurioita. Kuivarakentamisen ohella tiivisrakentaminen on erittäin tärkeä osa työmaatoimintoja.

Avainsanat Kosteusvauriot, pientalot, rakennustyömaat.

Sivut 34s.

Visamäki
Degree Programme in Construction Management

Author	Risto Isotalus	Year 2015
Subject of Bachelor's thesis	Moisture control on a low-rise building site	

ABSTRACT

There are plenty of moisture damages in building stock in Finland in need of repair. The damages are caused by the errors in planning, moisture control during construction and the errors in the use of buildings and insufficient maintenance. Some of the damages are due to the wear of materials. Errors can be avoided by good designing, thorough construction and the right use of buildings. The purpose of this Bachelor's thesis was to study moisture control during construction. The thesis was commissioned by Vertia Oy which conducts moisture and air leakage tests of buildings and organizes training in the field.

The aim was to find out the measures needed to prevent moisture damages during building. Moisture contaminates indoor air and causes health hazards. Moisture penetrates buildings internally and externally. Moisture must even be brought into structures to make construction possible. However, all moisture must also be removed to proceed with construction. Another aim was to collect material for drawing up a manual of moisture control on low-rise building sites.

Publications in the field including regulations, good practices, instructions and statistics were studied. In addition, experts in the field were interviewed.

The result of the thesis show that moisture damages during building site can be prevented in simple ways. They are based on careful advance planning and construction work. Energy efficiency regulations will set challenges on the tightness of buildings. If the tightness is poor it will also cause moisture damages and deterioration of indoor air. The tightness of buildings is as important as dry building.

Keywords Moisture damage, small house, construction site.

Pages 34p

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TYYPILLISET PIENTALOJEN RAKENNUSTAVAT SUOMESSA.....	1
2.1	Alapohja.....	2
2.2	Runko.....	4
2.3	Kylpyhuoneet.....	6
3	KOSTEUS RAKENTEISSA.....	7
3.1	Ulkoinen kosteus.....	8
3.2	Sisäinen kosteus.....	9
4	UUSIEN TALOJEN KOSTEUSONGELMAT.....	10
5	RAKENTAMISEN AIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA JA KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA.....	11
5.1	Tuotantotapa.....	13
5.2	Materiaalit.....	14
5.3	Sääsuojaus.....	16
5.4	Kosteuden poistaminen.....	17
5.4.1	Tuuletus.....	18
5.4.2	Lämmitys.....	19
6	LAADUNVARMISTUS JA MITTAUKSET.....	20
6.1	Kosteudenhallintasuunnitelma.....	21
6.2	Kosteusmittaustavat.....	21
6.2.1	Suhteellisen kosteuden mittaus.....	22
6.2.2	Porareikämenetelmä.....	22
6.2.3	Näytepalamenetelmä.....	23
6.2.4	Pintakosteusmittaus.....	24
6.2.5	Piikkimittaus.....	24
6.2.6	Kuivatus-punnitusmenetelmä.....	24
6.3	Mittausajankohdat.....	25
6.4	Tiiveysmittaus.....	26
7	YHTEENVETO.....	27
	LÄHTEET.....	29

1 JOHDANTO

Suomen rakennusmassassa on paljon kosteuden aiheuttamaa korjaustarvetta. Vauriot syntyvät suunnittelun, työmaan kosteudenhallinnan työvirheiden ja huollon puuteiden seurauksena. Osa vaurioista aiheutuu myös materiaalien kulumisen ja käyttöiän päättymisen seurauksena. Kosteudesta aiheutuvat vahingot voidaan estää hyvällä suunnittelulla, huolellisella rakentamisella ja oikealla rakennuksen käytöllä. Opinnäytetyössä tutkitaan pientalotyömaan rakentamisen aikana tapahtuvaa kosteudenhallintaa. Työn toimeksiantajana on Vertia Oy. Yritys tekee rakennusten kosteus- ja tiiveysmittauksia ja järjestää niihin liittyvää koulutusta. Lisäksi se tekee toimialaansa liittyviä tutkimuksia.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitä toimenpiteitä rakentamisen aikana voidaan tehdä kosteusvaurioiden estämiseksi. Kosteutta tulee rakennuksiin ja rakenteisiin sekä sisäisesti että ulkoisesti. Rakentamisen aikana kosteutta joudutaan myös tuomaan rakenteisiin rakennustarvikkeiden matkassa, jotta rakentaminen ylipäättään on mahdollista. Samoin kaikki tuotu kosteus joudutaan poistamaan, jotta rakennustyö voisi edistyä ja rakennus ottaa käyttöön. Rakenteisiin jäänyt kosteus on hyvä alusta esimerkiksi homekasvustolle, jos muut homeen kasvuedellytykset täyttyvät. Homeitiöt aiheuttavat sisäilman pilaantumista ja sitä kautta terveydellisiä haittoja rakennuksen käyttäjille.

Rakentamisen aikana tehtävät toimenpiteet ja niiden huolellisuus vaikuttavat rakennuksen käyttöominaisuuksiin myös tiiviiden kautta. Rakentamalla tiivis talo vähennetään, tai jopa poistetaan kokonaan huoneilmasta rakenteisiin siirtyvä kosteus. Aikaisempien rakentamismääräysten mukaan tehdyissä taloissa ulkoseinien eristevahvuudet olivat niin pieniä, että eristeessä oleva kosteus kuivui lämmön vaikutuksesta. Eristevahvuuksien kasvettua ei eristekerros enää lämpene koko paksuudeltaan ja siihen jää kosteutta. Jotta kosteutta ei pääsisi rakenteisiin, on ulkovaippaan laitettava kosteussulku.

Opinnäytetyön tavoitteena on myös kerätä aineistoa, jonka pohjalta voidaan laatia ohjeistus pientalorakennustyömaan käyttöön kosteudenhallintaan ja -torjuntaan.

Tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisen lähdeaineiston tutkimista ja haastattelua. Työssä selvitetään voimassa olevia määräyksiä ja hyväksi todettuja käytäntöjä sekä ohjeita. Lisäksi hankitaan tietoa lähitulevaisuudessa ilmestyvistä ohjeista ja määräyksistä. Tietoa haetaan myös rakennusalan toimijoiden ohjeista, julkaisuista, tilastoista ja alan ammattilaisten haastatteluista.

2 TYPILLISET PIENTALOJEN RAKENNUSTAVAT SUOMESSA

Suomessa myönnettiin rakennuslupia asuinrakennuksille vuoden 2015 toisella vuosineljänneksellä lähes 30 % vähemmän kuin vuonna 2014 vastavana ajanjaksona. Myös aloitusten määrä jäi viime vuotista alhaisemmaksi. Kuvassa 1 on kaikkien rakennushankkeiden rakennuslupien ja aloitusten määrän kehittyminen tällä vuosituhanella. Tämän vuotinen taso tulee

olemaan pientalojen osalta alle puolet huipputasosta. Asuinrakennuksille lupia myönnettiin huhti-kesäkuussa 2015 yhteensä 7700 asunnolle, josta pientalojen osuus noin 2000 kappaletta (Tilastokeskus 2015). Rakennushankkeiden aloituksissa on tapahtunut suuri eriytyminen pääkaupunkiseudun ja muun Suomen välillä.

Yksittäisen rakennuksen ratkaisujen toteutustapaa ei määritellä tarkkaan suomalaisessa lainsäädännössä. Maankäyttö- ja rakennuslaki kuitenkin määrittelee rakentamisen tavoitteita ja menettelyjä, joita täydennetään rakentamismääräyskokoelmassa. (Niemelä 2014, 19).

Rakentamisen ratkaisujen ja toteutustapojen arvioinnissa noudatetaan hyvän rakennustavan periaatetta. Se on vahvasti sidoksissa aikaan, jona rakentaminen on toteutettu. Monet rakenneratkaisut, joita nykyisin ei suositella käyttä, ovat saattaneet olla aikanaan hyvän rakennustavan mukaisia ja suositeltuja toteutustapoja. Hyvään rakennustapaan kuuluu ammatillista kokemus- ja tietopohjaa sekä yleisiä alalla olevia käytäntöjä. Hyvää rakentamistapaa kuvaavia asiakirjoja ovat rakentamismääräyskokoelmat, RIL- ja RYL-julkaisut sekä RT-kortit. Myös jotkin rakennusalan yhdistysten julkaisut ja materiaalivalmistajien ohjeet kuuluvat hyvään rakennustapaan. (Niemelä 2014).

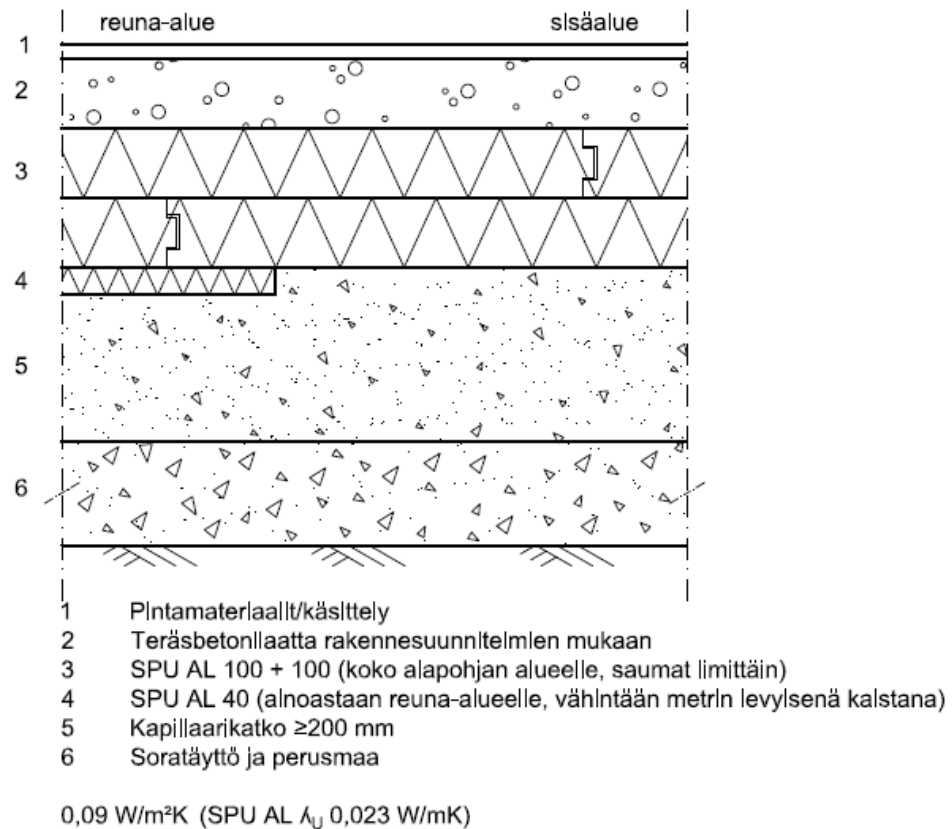


Kuva 1. Myönnettyt rakennusluvut ja aloitetut rakennukset, 1 000 000 m³, liukuva vuosisumma (Tilastokeskus 2015).

2.1 Alapohja

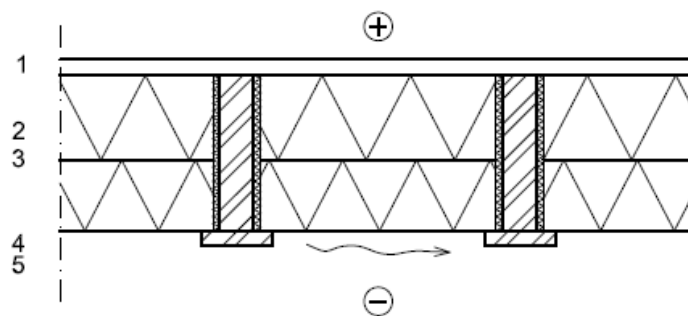
Alapohjarakenteina käytetään suomalaisissa pientaloissa maanvaraista laattaa tai tuuletettua alapohjaa. Maavarainen laatta on yleensä valmistettu teräksestä ja betonista. Maavaraisessa lattiarakenteessa on kiinnitettävä huomiota maasta nousevan kosteuden rakenteisiin nousun estämiseen. Tämä tapahtuu riittävän paksuilla vedennousua estävillä rakennekerroksilla. Laattarakenteen alapuoliset eristevahvuudet ovat kasvaneet huomattavasti. (Rakennustutkimus Oy). Nykyisin käytetään esimerkiksi materiaali-toimittajien suosittelemana passiivitaloissa 200 mm spu-eristettä, ja rakennuksen reuna-alueilla enemmänkin. Esimerkki rakenneleikkauksesta on

esitetty kuvassa 2. Tällä rakenteella päästään lattiarakenteen osalta U-arvoon 0,09 W/mK. (SPU).



Kuva 2. Maanvaraisen alapohjan rakennepoikkileikkaus passiivienergiatason rakentamisessa (SPU n.d).

Kantava alapohjarakenne voi olla teräsbetonirakenteinen tai puurunkoinen. Teräsbetonirunkoinen on usein rakennettu ontelolaatoista tai muista elementtituotteista, harvoin käytetään paikallavalettua rakennetta. Betoni-laatan eristys tulee alapohjan alapintaan, yläpuolelle tulee vain ohut askeleenieristys. Myös puurunkoinen kantava alapohjarakenne voidaan toteuttaa usealla tavalla. Käytettäessä kantavaa alapohjarakennetta, on huolehdittava riittävästä alapohjan tuuletuksesta. Tämän niin sanotun rossipohjaratkaisun valitsee noin 20 % rakentajista. (Rakennustutkimus Oy). Kuvassa 3 on esitetty puurunkoisen tuulettuvan alapohjan rakennepoikkileikkäuserimerkki. Eristeenä on 220 mm SPU:ta. Rakenteella on saavutettu U-arvo 0,14 W/m²K ja rakennuksen energiatasoksi tavoitellaan matalaenergiatasoa. (SPU). Ominaisuudet lämmönjohtavuuden osalta ovat huonommat kuin kuvassa 2 olevalla maanvaraisella rakenteella.



- 1 Lattilevy
- 2 Lattiavasat k400 rakennesuunnitelmien mukaan
- 3 SPU AL 120 + 100 mm, vaahdotus runkoon
- 4 Lattiavasojen alapinnassa tukilaudat, joita vasten SPU AL on helppo asentaa
- 5 Tuulettuva tila

0,14 W/m²K (SPU AL λ_U 0,023 W/mK)

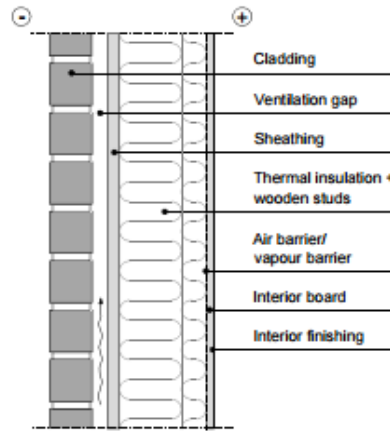
Kuva 3. Esimerkki tuulettuvan alapohjan rakenneleikkauksesta (SPU n.d.)

2.2 Runko

Runkorakenteiden vaihtoehtoina käytetään Suomessa useita eri ratkaisuja. Jokaisella vaihtoehdolla on oma kannattajakuntansa.

Yleisimmin käytetty vaihtoehto on puurankarunko. Sen valitsee noin 75 % rakentajista. Pystyrunko rakennetaan noin 50*148-200 mm lankusta. Sisäpuolella käytetään usein polyuretaanilevyä, jolloin saavutetaan ohut, energiatehokas ulkoseinä. Puurankarunkoinen rakenne voidaan ulkopuolelta pinnoittaa erilaisilla verhousilla, esimerkiksi lauta- tai tiiliverhouksella. Puurankarunko vaatii sisäpuoleltaan höyrinsulun käyttöä. Tällä estetään vesihöyryn kulkeutuminen sisätiloista rakenteeseen. Puukuitueristeillä voidaan käyttää myös tiivistä paperia, koska eriste on kosteutta sitovaa ja luovuttavaa. (Rakennustutkimus Oy).

Kuvassa 4 on tyypillisen puurankarungon rakenneleikkaus. Esimerkissä ulkoverhouksena on tiiliverhouk. Usein käytetään myös rakennetta, jossa höyrinsulkukalvo on 50 mm lisäeristeen ja runkoeristeen välissä. Joissain tapauksissa tällöin kosteutta on kertynyt rakentamisen aikana höyrinsulkukalvon pintaan ja eriste on kastunut sekä mikrobivaurioitunut. Tämän estämiseksi ”lisävilla” ja rakennuslevy asennetaan vasta betonivalujen jälkeen, jolloin muovin pintaan kondensoitunut kosteus pääsee kuivumaan.



Kuva 4. Tyypillinen puurankarungon rakenneleikkaus. Kerrokset ulkoa päin: ulkoverhous, tuuletusväli, tuulensuojalevy, puurankarunko ja lämpöeriste, höyrynsulkukalvo, sisälevy, pinnoite. (Vinha 2007).

Hirsirunkoisen talon valitsee noin 12 % pientalorakentajista. Rakenne on suositumpi haja-asutusalueella kuin taajamissa. Massiivihirsinen runkorakenne on valmistettu kokonaan hirrestä. Yksiaineisena se on kosteustekniseltä toimivuudeltaan turvallinen, koska seinän sisärakenteeseen ei muodostu kastepistettä. Yhdistelmä rakenteissa käytetään hirsirungon lisäksi erillistä lämmöneristyskerrosta. (Rakennustutkimus Oy). Hirren muodoissa ja mitoissa käytetään runsaasti eri hirsivalmistajien omia malleja ja mittoja. Perinteisten nurkkaratkaisujen tilalle on kehitetty kaupunkimaiseenkin ympäristöön kaava-arkkitehtien mielestä soveltuvia toteutuksia. Kuvassa 5 on Honkatalot Oy:n esimerkki toteutuksesta. Monet hirsirakentajat kuitenkin suosivat edelleen ristisälvosta.



Kuva 5. Honkatalot Oy:n käyttämä hirsirungon nurkkaratkaisu. Ratkaisu on nimeltään City Plus –nurkka. (Honkatalot n.d.)

Betonirunko tehdään joko elementtirakenteisena tai paikallaan valettuna. Tavallisimmin se kuitenkin tehdään pientaloissa betoniharkoista, joissa lämpöeriste on valmiiksi asennettuna. Julkisivuksi valitaan yleensä rapaus. Betonirunkoa käytetään myös usein rakennuksen kellarikerroksen runkorakenteessa, jolloin ylemmät kerrokset tehdään esimerkiksi puurankarunkoisena. (Rakennustutkimus Oy).

Muita Suomessa käytössä olevia runkoratkaisuja ovat kevytsoraharkko- ja täystiilirunkoiset rakennukset. Niiden yhteenlaskettu osuus uusista omakotitaloista on noin 6 %. (Rakennustutkimus Oy).

Pientalo on mahdollista rakentaa myös teräsrunkoisena, mutta ratkaisu on Suomessa ollut lähinnä koe- ja esittelykäytössä. Kuvassa 6 on teräsrankarunkoinen pientalo, jossa myös vesikaton tukirakenteet ovat teräksestä. Teräsrakenteita käyttämällä voidaan välttää mätänemistä ja pehmenemistä. Suomessa puuta on kuitenkin runsaasti saatavilla kohtuulliseen hintaan, mikä myös vaikuttaa metallin käyttöön. Teollisuusrakentamisessa teräsrunkorakenteet ovat päivittäisessä käytössä.



Kuva 6. Teräsrankarunkoinen pientalo, runkorakenteet valmiina (Steel frame housing n.d.).

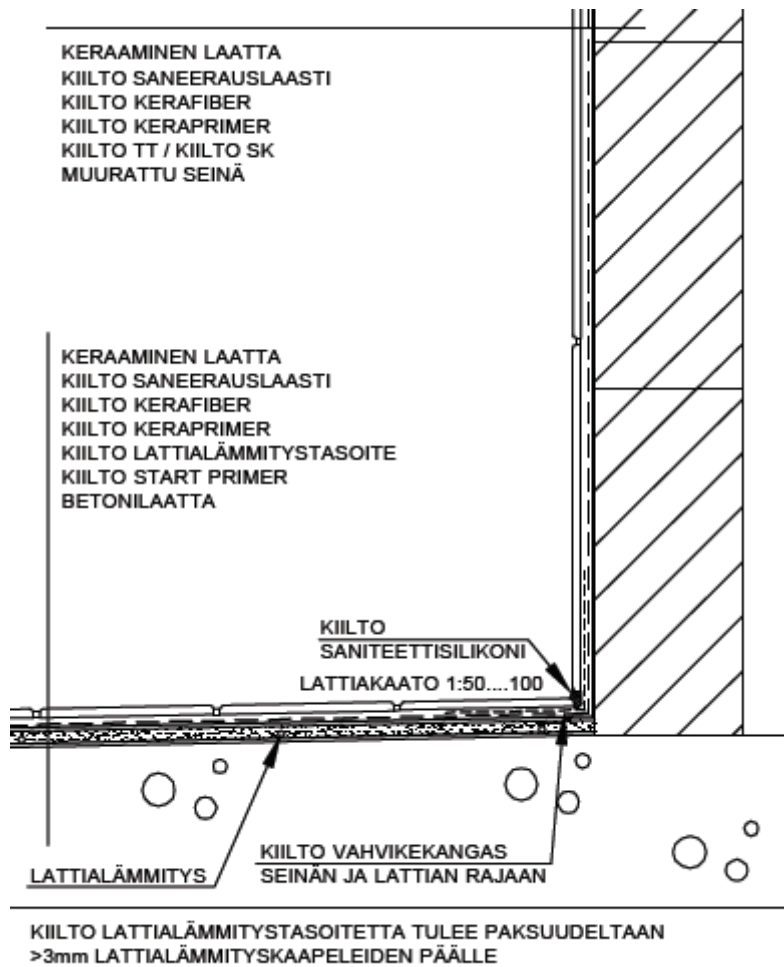
2.3 Kylpyhuoneet

Kylpyhuoneiden seinät tehdään joko ranka- tai kivirunkoisina. Rankarakenne levytetään jollakin rakennuslevyllä ja vesieristetään. Markkinoilla on tarjolla myös useita levytyyppejä, jotka ovat valmiiksi vedenkestäviä. Tällöin vesieristys tarvitaan vai sauma- ja liitoskohdissa. Jos käytetään rakennuslevyä, joka ei kestä vettä, on tehtävä huolellinen vedeneristys. Eristysjärjestelmältä vaaditaan yleensä sertifiointi. Myös vesieristeen asentajalta vaaditaan yleensä sertifiointi, Suomessa useimmiten VTT:n myöntämä. Mikäli tuotteen ja asentajan sertifiointi puuttuvat, on niiden kelpoisuus ja pätevyys osoitettava muulla tavoin.

Nykyisin käytetään seinien ja lattian pintamateriaalina useimmiten laatoitusta. Laatoitus ei käy vedeneristeeksi. Lattiat tehdään joko betonivaluna tai tasoitteella. Lattiaan asennetaan useimmiten lämmitysjärjestelmä, joko sähköinen tai vesikiertoinen. Katon pinnoitteena käytetään usein puupaneelia, joka pystyy vastaanottamaan ja luovuttamaan kosteutta. (Rakennustutkimus Oy).

Kuvassa 7 on Kiilto Oy:n rakenneleikkausmalli kostean tilan senärakenteelle, kun seinä on kivirakenteinen ja lattia betonirakenteinen. Kivirakenteisen seinän etuna on, että se kestävä kosteutta. Mikäli kosteusvaurio tapahtuu, kuivaamisen jälkeen rakenne on edelleen käyttökelpoinen. Myös muilla tuotevalmistajilla löytyy vastaviin kohteisiin tuotesarjoja. Jos halutaan käyttää samassa kohteessa eri

valmistajien tuotesarjoja, on varmistettava niiden yhteensopivuus käyttökohteessa.



Kuva 7. Märkätilan rakenneleikkaus. Myös muiden tuotevalmistajien tuotteita voidaan käyttää, mutta niiden yhteensopivuus on varmistettava. (Kiilto n.d.)

Kylpyhuoneesta tulee myös suuri osa rakennuksen hetkellisestä käytönaikeisesta kosteusrasituksesta. Tästä syystä tilan tuuletus on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti. (Rakennustutkimus Oy).

3 KOSTEUS RAKENTEISSA

Rakenteiden kosteus on suurimmillaan rakentamisen aikana. Taulukossa 1 on eri betonilaatujen sisältämiä vesimääriä ja niistä poistuvia vesimääriä, kun tasapainokosteus saavutetaan. Koska ylimääräistä vettä on pakko tuoda rakenteisiin ja rakennuksen sisälle, on sitä myös pakko poistaa. Vettä ja kosteutta poistuu, kunnes rakenteen tasapainokosteus on saavutettu. Veden poistumista haihtumalla voidaan nopeuttaa eri tavoilla. Useimmiten käytetään tuuletusta ja lämmitystä. Myös erilaisia kosteudenpoistolaitteita voidaan käyttää, mutta niiden energiatehokkuus on huonompi.

Rakenteiden kosteus on rakennuksen valmistuttua korkeampi kuin niiden tasapainokosteus. Kosteustasapaino saavuttaminen saattaa kestää, olosuhteista riippuen, vuoden. (Douglas & Ransom 2013, 149.)

Kosteuden aiheuttamat haittavaikutukset voivat olla monenlaisia. Mikro-bikasvustot ovat tyypillisiä biologisia vaurioita. Mattoliimojen vaurioituminen on tyypillinen kemiallinen vaurio. Muita haittatyyppejä ovat fyysikaaliset ja sähkökemialliset haittavaikutukset sekä esteettisenä haittana rakenteiden likaantuminen. (Niemelä 2014, 14).

Rakennusfysikaalisista ominaisuuksista kosteus on rajoittava tekijä homeen kasvun kannalta. Home kasvaa 0-50 °C lämpötilassa, mikä on asuinrakennuksissa aina. Samoin kasvun tarvitseman ravinnon määrä on niin pieni, että sitä löytyy aina riittävästi. Merkittävää homeen kasvua ei tapahdu, jos suhteellinen kosteus on alle 80 %. (Vinha 2007, 79).

Taulukko 1. Betonien rakennekosteuksia (Ratu RT 05-10710 1999, 5).

Rakennus- aine	Kosteus kg/m ³			
	Valmistuskos- teus	kemialli- sesti sitou- nut kos- teus	Tasapainokos- teus ilman kosteudella RH=50 %	Poistuva rakennekos- teus ilman kosteudella RH=50 %
Betoni				
K15	180	40	25	115
K25	180	60	30	90
K40	180	70	40	70
Kevytbetoni	100-200	-	20	80-180

3.1 Ulkoinen kosteus

Kuvassa 8 on yleisiä rakennuksen kosteuden lähteitä. Ulkoinen kosteus tulee rakenteisiin useimmiten sateena. Suomen ilmaston ennustetaan muuttuvan siten, että sademäärät ja ilman kosteus kasvavat tulevaisuudessa. Rakenne voi imeä vettä kyllästymispisteeseensä saakka. Ulkoista kosteutta on helpoin ja taloudellisin torjua sääsuojauksella. Näin pystytään minimoimaan poistettavan veden määrä.

Talvella sade tulee voi tulla myös lumena. Jotta lumi ei kastelisi rakenteita, tulee se poistaa ensisijaisesti mekaanisesti. Sulattamista tulee välttää, koska sulamisvesi imeytyy rakenteisiin ja lisää kuivaustarvetta.

Ulkoisen kosteuden torjunnassa on myös olennaista valmistaa rakennuksen ulkoverhous vesipelteineen sekä vesikatto nopeasti valmiiksi. Tällä tavalla toimimalla säästetään sääsuojauksen aiheuttamista kustannuksista.

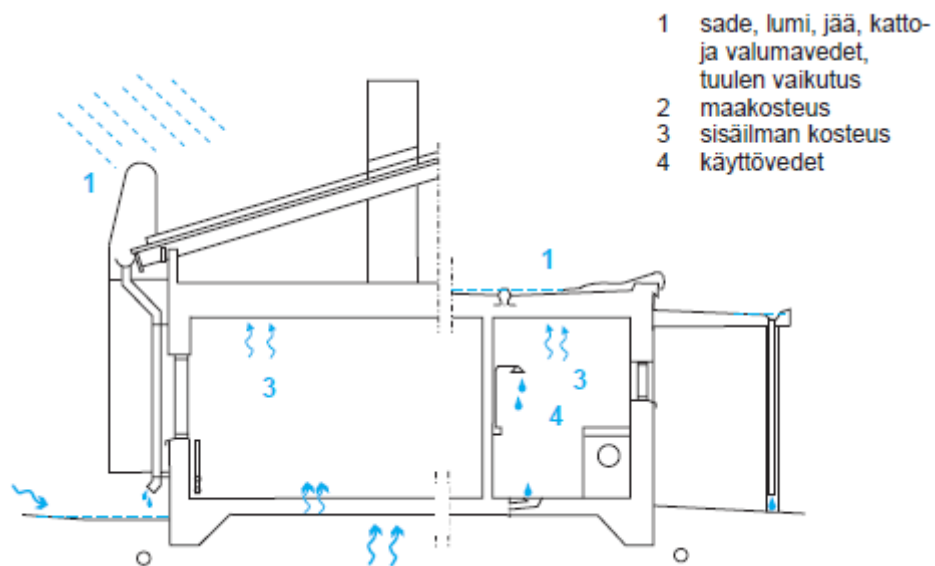
Ulkoista kosteutta voi tulla rakennukseen jo rakentamisen aikana myös maapohjasta. Tämä voidaan estää rakentamalla piha-alueet valmiiksi mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Lisäksi rakennuspohjan kuivattamis-

ta tulee huolehtia jo maanrakennusvaiheessa. Myös salaojat tulee tehdä valmiiksi, jotta vedet poistuisivat mahdollisimman tehokkaasti.

3.2 Sisäinen kosteus

Rakennuksen käytön aikana kosteutta tulee sisäisesti asukkaista ja eri toimenpiteistä, joita asumisen yhteydessä tehdään. Myös roiskevedet ja vesivahingot kuuluvat sisäiseen kosteuteen. Kaikki rakennukseen tullut ylimääräinen kosteus on siitä jollakin tavalla poistettava. Rakennuksen valmistuttua kosteus poistetaan yleensä ilmanvaihtojärjestelmän kautta. Ilmanvaihto voi toimia ilmankosteuteen reagoivien anturoiden avulla.

Rakennusaikaisia sisäisen kosteuden lähteitä ovat sisäilman kosteus, roiskevedet ja putkistovuodot. Suuria määriä kosteutta voi rakennukseen tulla rakentamisen aikana erityisesti putkistovuodoista. Kaikki putkistot on testattava ennen niiden käyttöönottoa. Lisäksi vaikeasti korjattavissa paikoissa olevat putkistot tulee tarkastaa ennen kuin ne peitetään. Vesivahinkoihin on hyvä varautua etukäteen esimerkiksi lisäämällä vesi-imuri työmaan paikallaolevaan kalustoon.



Kuva 8. Rakennuksen sisäisiä ja ulkoisia kosteuden lähteitä (Ratu RT 05-10710 1999, 1).

Rakentamisen aikana voidaan olennaisesti vaikuttaa siihen, miten käytön aikainen sisäinen kosteus käyttäytyy. Sisäilman kosteus, ellei sitä saada ilmanvaihdon avulla poistettua, pyrkii siirtymään rakenteisiin. Tämä voidaan estää höyrönsululla. Suihkun vedet voidaan ohjata lattiakaivoon riittävällä lattiakaadolla. Höyrönsulun asentaminen ja lattiakaatojen tekeminen vaativat tekijöiltään huolellisuutta, että ratkaisut toimisivat suunnitellulla tavalla.

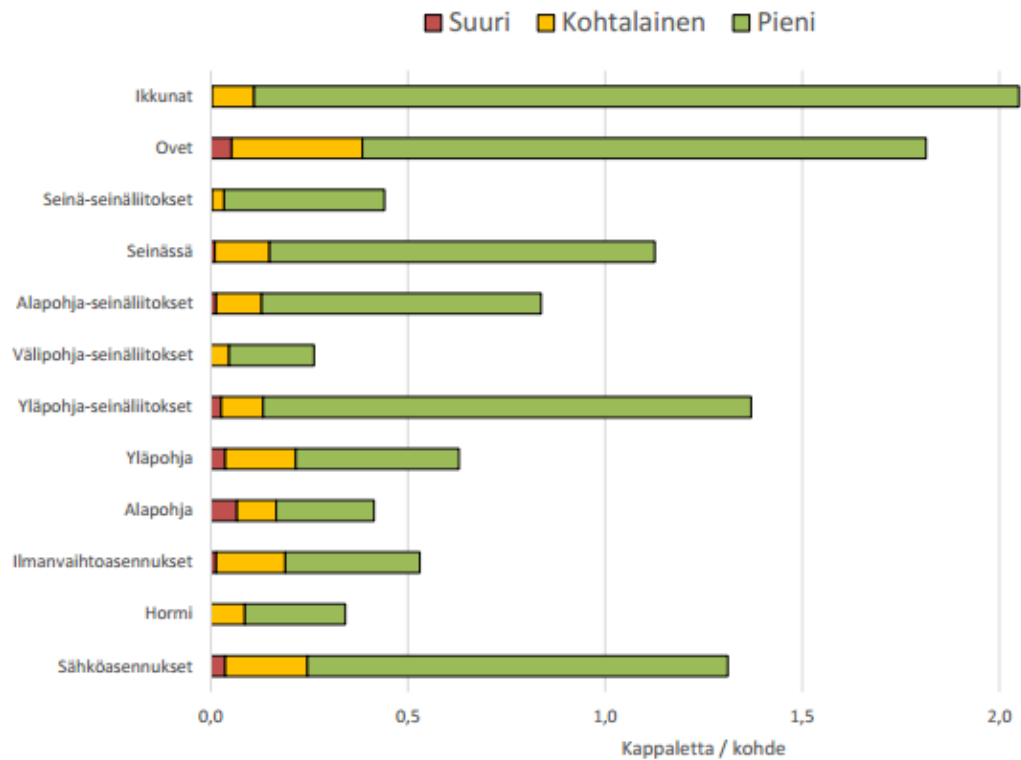
4 UUSIEN TALOJEN KOSTEUSONGELMAT

Eri aikakausina rakennetuissa taloissa tyypilliset kosteusongelmat vaihtelevat aikakauden tyyppirakenteiden mukaan. Rakenteiden virheet on vuosien saatossa saatu korjattua käyttökokemusten karttuessa. Rakentamisen aikainen kosteudenhallinnan pettäminen onkin noussut merkittäväksi kosteus- ja sisäilmaongelmien aiheuttajaksi. Rakenteet ovat voineet kosteusvaurioitua ja, pahimmillaan, mikrobivaurioituminen on tapahtunut jo rakennusaikana. (Ympäristöministeriö n.d.).

Merkittävin kosteusvaurio on yleensä betonissa tai muurauslaastissa oleva vesi, kun rakenteiden kuivatus on jostain syystä epäonnistunut (Siikanen 2014, 78). Uusissa rakennuksissa kosteusvauriot syntyvät yleensä jonkin äkillisen tapahtuman, esimerkiksi putkivuodon seurauksena. Vuotoja ja kastumista aiheuttavat myös vaipparakenteessa olevat vuodot, kuten sade-suojauksen toteuttaminen huonosti asennetulla aluskatteella. Rakennerratkaisujen kehittyminen, määräysten tiukentuminen ja tietoisuuden lisääntyminen ovat saaneet aikaan sen, että pientalojen tyyppivirheet ovat vähentyneet 2000-luvulla.

Vaipparakenteen tiiveysongelmat ovat uusissa rakennuksissa tyypillisiä kosteusvaurioon johtavia virheitä. Lisääntyneet eristevahvuudet aiheuttavat suunnittelijoiden ja rakentajien rakennus- ja kosteusfysiikan osaamiselle ja pätevyydelle lisää haasteita. Erityisesti ulkoseinän ja liittymät ja ulkovaipan höyrynsulun läpäisevät läpiviennit saattavat olla puutteellisesti toteutettuja. Myös vedeneristeiden kalvonpaksuudet tai asennukset voivat olla puutteellisia. Samoin liian aikaiset pinnoittamiset saattavat aiheuttaa kosteusvaurioita.

Merkittävimmit ulkovaipan vuotokohdat ovat uusissa pientaloissa ovien tiivisteissä ja höyrynsulkumuovien teippauksissa sekä seinän ja yläpohjan välisessä tiivistyksessä (kuva 9). Näiden asioiden korjaaminen ei maksa mitään, jos ne ovat tiedossa. Ovien tiiviys korjaantuu ovien säädöllä. Teippaukset ja tiivistykset vaativat huolellisuutta. Vuotokohdat voidaan paikantaa tiiveysmittauksen yhteydessä lämpökameralla, merkkisavulla ja käsin tunnustelemalla. (Jussila 2015).



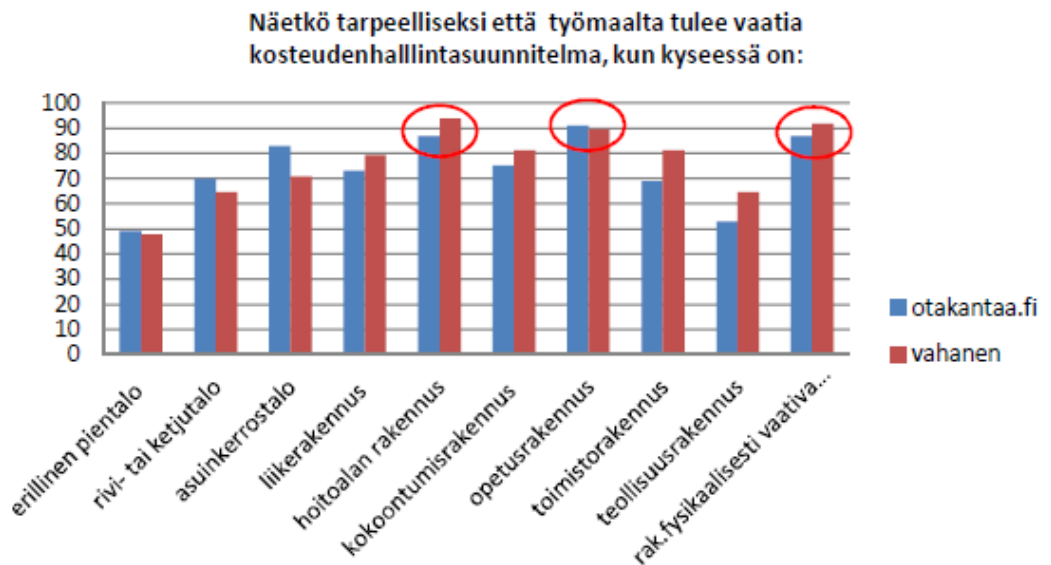
Kuva 9. Erään tutkimuksen yhteydessä löydettyjen ulkovaipan ilmavuotojen määrä. Otos 302 taloa. (Jussila, 2015)

Yleensä uusiin taloihin tulevat kosteusvauriot havaitaan jo rakennusvaiheessa, tai pian käyttöönoton jälkeen. Siten ne voidaan korjata ennen vakavia sisäilmavaurioita ja rakennevaurioiden syntymistä ja pahenemista. Vikojen havaitseminen edellyttää kuitenkin huolellista rakentamista, laadunvarmistusta ja käytönaikaista seuranta.

Käytönaikaisia kosteusvaurioita aiheuttavat uusissa rakennuksissa myös kodinkoneissa ja laitteissa tapahtuvat vikaantumiset. Niiden vaikutusta ja vuotojen havaitsemista voidaan nopeuttaa esimerkiksi asentamalla vuodonilmaisimia ja vuotokaukaloita kriittisiin kohtiin.

5 RAKENTAMISEN AIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA JA KOSTEUDENHALLINTASUUNNITELMA

Koska rakentamisen aikainen kosteuden hallinnan pettäminen on noussut merkittävimmäksi kosteusvaurioiden aiheuttajaksi uusissa pientaloissa, täytyy siihen kiinnittää erityistä huomiota. Rakentamisen aikaiseen kosteudenhallintaan on kiinnitetty viime vuosina erityistä huomiota myös valtiohallinnon toimesta, koska sisäilmaongelmat ovat nousseet kansantaloudellisesti merkittäväksi terveyshaittoja aiheuttavaksi tekijäksi. (Eduskunta 2012).



Kuva 10. Vahanen Oy:n tekemien haastattelututkimusten tulos (Vahanen Oy 2014, 3).

Rakentamisaikainen kosteudenhallinta on suunniteltava jo rakentamisen suunnitteluvaiheessa. Taulukossa 2 on esitetty kuivarakentamisen toimenpiteet rakentamisen eri vaiheissa. Insinööritoimisto Vahanen Oy (2014, 2) ehdottaa raportissaan, että rakentamiseen liittyvien määräysten uusimisen yhteydessä myös työmaakohtainen kosteudenhallintasuunnitelma tulisi pakolliseksi. Tulokseen on päädytty haastattelututkimuksen perusteella (kuva 10). Otakantaa.fi palvelussa kysely toteutettiin kaikille avoimena. Vertailujoukkona oli Vahanen Oy:n työntekijöistä koostunut joukko asiantuntijoita. Tällä hetkellä (syksy 2015) suunnitelma vaaditaan osalta rakennustyömaita, riippuen paikkakunnan rakennusvalvonnan määräyksestä ja ohjeista. Samoin ehdotetaan, että työmaalle nimetään kosteudesta vastaava henkilö. Eduskunnan tarkastusvaliokunta (2012, 154,159) ehdottaa myös, että rakentamisen lopputuloksen vastuuta lisätään rakennushankkeeseen ryhtyvän sijasta rakennusurakoitsijoiden ja suunnittelijoiden suuntaan. Tarkoituksena on ohjata vastuuta ammattilaisten suuntaan. Keinoina valiokunta näkee säädösvalmistelun ja toimintojen kehittämisen käytännössä.

Rakennustyömaan suojaustarpeeseen vaikuttaa rakennusvaiheiden vuodenaika, sillä ilmaston aiheuttamat uhat vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Sateeseen varauduttaessa on syytä varautua myös tuulen ja sateen yhteisvaikutukseen, viistosateeseen.

Talvella rakenteet saadaan parhaiten kuivaksi lämmittämällä sisäilmaa. Osittain kuivattava tila on erotettava hyvin muusta tilasta, ettei kosteus tiivisty kylmiin tiloihin. Keväällä ja loppusyksyllä lämpötilan nostamisen lisäksi kannattaa tehostaa tuuletusta. Kesällä voi joutua käyttämään apuna kosteudenkerääjiä johtuen ulkoilman suuremmasta kosteuspitoisuudesta. (Åström 2011, 105).

Rakennusaikaisia sääolosuhteita voidaan etukäteen arvioida pitkäaikaistilastojen avulla. Rakentamisen aikana sääolosuhteita ennakoidaan päivittäin sääennusteiden avulla. (Åström 2011, 105).

Taulukko 2. Kuivan rakentamisen toimenpiteet (Ratu RT S-1232 2013, 2).

Hankkeen vaihe	Toimija	Toimenpiteet
Hankesuunnittelu	Rakennushankkeeseen ryhtyvä, rakennuttaja	-tehdään päätös kuivanapidon tasosta -tehdään varaus kustannusarvioon -päätetään rakentamisen ajoitus
Rakennussuunnittelu	Suunnittelijat, päärakennesuunnittelija koordinoi	-suunnitellaan rakenteiden rakentamisaikainen toimivuus -kirjataan kosteudenhallinnan tavoitteet ja ohjeet suunnitelmiin -arvioidaan rakenteiden kosteusvaurioitumisriskit -määritellään alustavalla riskiarviolla hankkeen kosteustekninen vaativuus -tehdään suunnitelmille kosteustekninen tarkastus (tarvittaessa ulkopuolinen asiantuntija)
Työn suunnittelu ja toteutus	Päätöteuttaja ja urakoitsijat	-kirjataan vaatimukset aliurakoitsijoille tarjouspyyntöihin ja sopimuksiin sekä ohjeet työntekijöille -huolehditaan kuivanapidon toteutuksesta -käsitellään kuivanapitoa kokouksissa ja palaverissa -valvotaan olosuhteiden toteutumista

5.1 Tuotantotapa

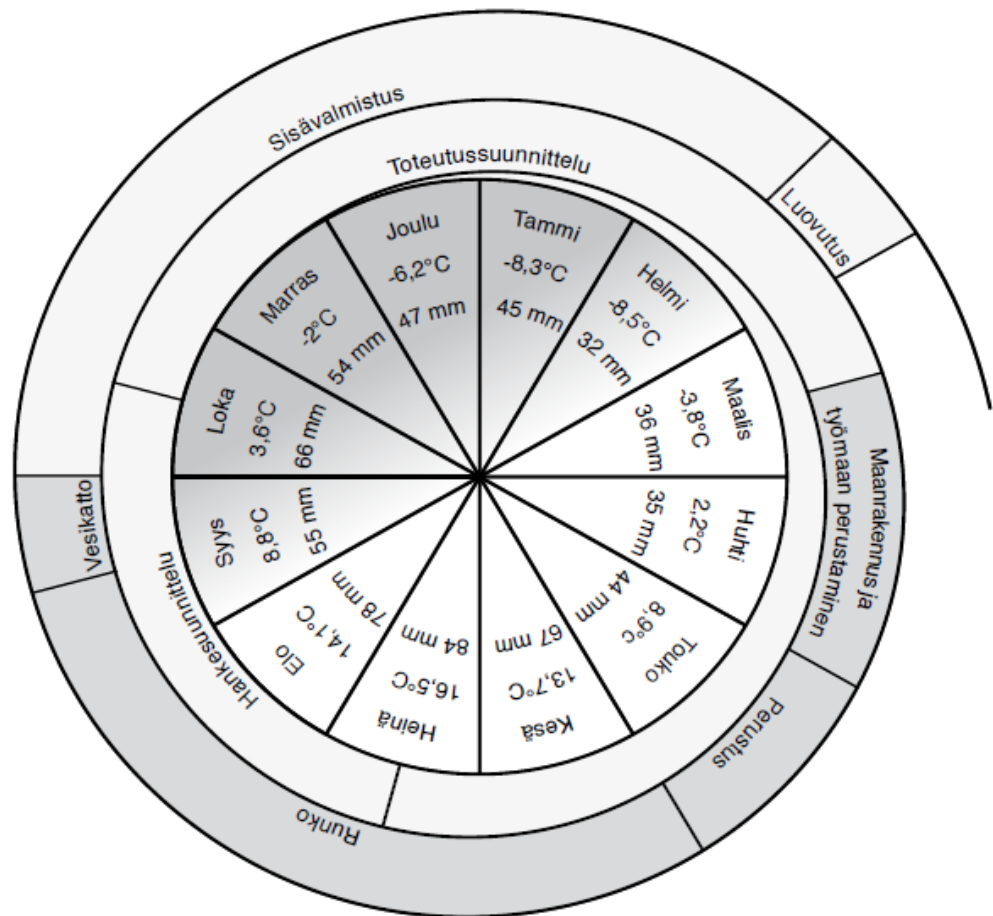
Rakennuksen tuotantotavan valinnalla ja aikataulusuunnittelulla voidaan vaikuttaa kosteudenhallintaan. On suuri ero, valmistetaanko esimerkiksi rakennuksen runko valmisosista vai kappaletavarasta. Valmisosilla päästään rakenteiden osalta lyhyeen varastointiaikaan, nopeaan pystytykseen ja lyhyeen sääaltistukseen. Siitä huolimatta myös valmisosien sääsuojaukseen tulee kiinnittää huomiota ja estää niiden turha kastuminen. (Åström 2011, 102).

Myös tuotantojärjestyksellä voidaan vaikuttaa rakennukseen kohdistuvaan kosteusrasitukseen. Kun maatyöt ovat valmiina ja pihan kallistukset tehtyinä ennen ulkoseinien ja vesikaton asennusta, voidaan pintavedet poistaa rakennuksen vierestä hallitusti pois. Tällä vähennetään erityisesti alapohjarakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Kun kattorakenteet tehdään ensimmäisenä, ne toimivat seuraavien työvaiheiden suojarakenteena. Ikkunat ja ovet kannattaa myös asentaa varhaisessa vaiheessa, kuten myös pellitykset. (Åström 2011, 102).

Aikataulun laadinnassa tulee ottaa huomioon rakenteiden kuivumiseen tarvittava aika, esimerkiksi kuivumisaika-arvioita laskemalla. Lisäksi laadunvarmistukselle on varattava oma aikansa.

Kuvassa 11 on esitetty keskilämpötilat ja keskisademäärät Jyväskylässä. Ulkokehän spiraali lähtee joulukuun kohdalta. Kun aloitusajankohtaa muutetaan ja sääolosuhteet vaihdetaan paikkakuntaakohtaisiksi, voidaan arvioida millaisia olosuhteita eri rakentamisvaiheissa on odotettavissa.

Rakennuslehti teki joulukuussa 2014 kyselytutkimuksen rakennustarkastajille. Tutkimuksen tuloksena rakennustarkastajien mukaan rakentaminen olisi suositeltavinta aloittaa keväällä, jolloin työmaat saataisiin säältä suojaan ennen syksyn sateita (Häkkinen 2015, 10).



Kuva 11. Rakennustyömaan ajoitus ja keskimääräiset sääolosuhteet. Paikkakunta Jyväskylä. (Ratu S-1232 2013, 3).

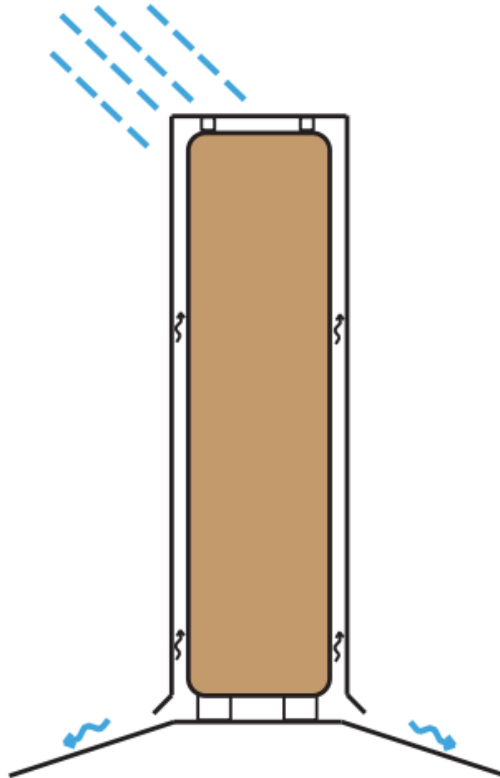
5.2 Materiaalit

Rakennusaineet ja -tarvikkeet sekä rakennusosat on suojattava haitalliselta kastumiselta kuljetusten, varastoinnin ja rakentamisen aikana. Näin vältetään niiden kuivaukselta ja siitä aiheutuville kustannuksille. Kosteiden rakenteiden ja rakennuskosteuden on annettava kuivua, tai rakenteita on kuivatettava riittävästi, ennen kuin ne peitetään kuivumista hidastavalla ainekerroksella tai pinnoitteella. (RakMK C2 1998, 4).

Koska materiaalien suojausta edellytetään usein jo kuljetuksen aikana, on se huomioitava tarjouspyynnöissä ja sopimusasiakirjoissa. Samoin työmaalla on noudatettava valmistajan varastointiin ja suojaukseen antamia ohjeita ja vaatimuksia. Kuljetukset kannattaa sopia siten, että varastointiaika työmaalla jää lyhyeksi. Myös varastoalueiden sijainnin ja käytön suunnittelussa tulee ottaa huomioon kosteusolosuhteet. (Åström 2011, 103). Kuva 12 esittää materiaalin oikean varastointitavan työmaalla. Varastointipaikka on ympäristöään korkeammalla, jotta hulevedet valuvat

tarvikkeista pois päin. Sateelta suojaava peite on asennettu siten, että tarvikkeiden ja peitteen välissä on tuuletusrako, jossa ilma pääsee kiertämään. Peite on niin suuri, että sen helma riittää suojaamaan tarvikkeiden kaikki sivut alas asti. Lisäksi materiaalit on varastoitu irti maasta esimerkiksi kuormalavan päälle. (Ympäristöministeriö 2014).

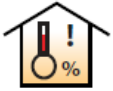




Kuvassa 13 on symbolit ja ohjeet materiaalien suojauksesta. Samoin siinä on esimerkkimateriaaleja suojausluokkiin kuuluvista tuoteryhmistä. Materiaalien suojausohjeet on kuitenkin aina tarkastettava valmistajalta tai varastoimittajalta. (Ratu RT S-1232 2013, 10).



Kuva 12. Materiaalin varastointi ja peittäminen työmaalla (Ympäristöministeriö 2014).

Materiaaleissa kannattaa ottaa huomioon, että jotkut materiaalit eivät siedä juuri lainkaan vettä, vaan vaurioituvat helposti ja niiden pintaan saattaa tulla homekasvustoa. Toiset materiaalit taas kestävät paljonkin vettä, mutta niiden on annettava kuivua ennen pinnoittamista tai päällystämistä. (Åström 2011, 103).

Materiaalien kosteustekninen toimivuus ja yhteensopivuus on varmistettava ennen asennusta. Myös materiaalien pitkäaikaiskestävyys on varmistettava erityisesti piiloon jäävien rakenteiden osalta. Asennusten aikana on seurattava työn laatua. Asentajille myönnettyt sertifikaatit esimerkiksi vedeneristyksen osalta pyrkivät osaltaan varmistamaan työn laatua. Sertifikaattien tarkoituksena on osoittaa heidän koulutuksen ja osaamisen riittävyys kyseisen työn suorittamiseen. Materiaalien sertifiointilla on tarkoitus osoittaa materiaalien laadukkuus ja sopivuus käyttötarkoitukseen.

Käyttötila	Lämmin tila	Sisätila	Suojainen tila	Ulkotila
				
Säilytys lämmitetyssä sisätilassa. Materiaalilla voi olla erityisiä olosuhdevaatimuksia, kuten lämpötila tai ilmankosteus.	Materiaali säilytetään lämmitetyssä sisätilassa.	Materiaali tulee säilyttää sisätilassa kastumiselta. Ei välttämättä lämpötilavaatimusta. Varastointipaikka esim. ulkorakennus tai varstokontti.	Materiaali voidaan säilyttää katetussa ulkotilassa. Esimerkiksi suojapeitteillä tai katoksella suojattu tila.	Materiaalilla ei ole erityistä suojaustarvetta.
Parketit, laminaatit				
Kalusteet				
Matot				
Kipsi- ja lastulevyt				
Pintatuotteet				
Suojaamattomat puuikkunat ja -ovet				
Pintapuutavara				
IV-koneet ja äänenvaimentimet				
			Laastit	
			Runkopuutavara	
			Puuikkunat ja -ovet (lyhytaikainen)	
			Metalli-ikkunat ja -ovet	
			Kuivabetoni	
			Lämmöneristeet	
			Metallikasetit	
			Puuelementit	
			Betonielementit	
			Keramiikka, tiilet ja laatat	
			Raudoitteet	
			Metallivarusteet	
			Maa-ainekset	
			Kattotiilet	
			Ulkovarusteet	

Kuva 13 Rakennusmateriaalien suojausohjeet ja symbolit. Tarkasta materiaalityöimittajan antamat ohjeet suojauksesta! (Ratu RT S-1232 2013, 10).

5.3 Sääsuojaus

Työmaalla tapahtuvassa rakenteiden suojaamisessa on kaksi kohtaa: valmistuvan rakennuksen suojaaminen ja varastoinnin aikana tapahtuva materiaalin suojaus. Sääsuojaus tarkoitus on estää rakennukselle sääolosuhteista aiheutuneet kosteusvauriot ja vähentää kuivaustarvetta. Sääsuojaus on yksi työmaan kosteudenhallintaan liittyvä toimenpide. Siihen on hyvä varautua jo kosteudenhallintasuunnitelmaa laadittaessa. Oikeat suojaustoimenpiteet ovat määräävä tekijä sääolosuhteiden hallinnassa. (Ratu RT S-1232 2013, 1).

Suojausmenetelmien valintaan vaikuttaa se, että miltä halutaan suojautua, esimerkiksi kesällä ja syksyllä vesisateelta ja talvella tyypillisesti lisäksi kylmältä ja lumelta. Suojausmenetelmä valitaan ottamalla huomioon

- rakennuksen muoto, koko ja sijainti
- rakenneratkaisut ja –materiaalit
- rakentamisajankohta
- aikataulu ja työjärjestys
- vaadittavat olosuhteet

- kustannukset ja
- tilaajan vaatimukset.

Rakennuksen muoto ja koko voivat vaikuttaa siihen, että on taloudellisempaa ja tehokkaampaa suojata koko rakennus kuin osa kerrallaan. Osa materiaaleista on sellaisia, että ne on suojattava huolellisesti. Erityisesti sellaisia materiaaleja ovat ne, jotka pilaantuvat kostuessaan.

Suojapeitteitä käytetään työmaalla esimerkiksi väliaikaisina suojina vesikatoilla ja valujen suojauksena. Lisäksi peitteitä käytetään varastoitujen tarvikkeiden suojaukseen, joten niitä on varattava työmaalle riittävästi. (Ratu RT S-1232 2013, 5,6). Kuvassa 14 on esimerkki suojapeitteen käytöstä työmaalla. Oikea-aikaisilla toimituksilla vähennetään työmaalla tapahtuvaa suojaustarvetta ja pienennetään tarvikkeiden ja materiaalien vaurioitumisriskiä.



Kuva 14. Ikkunoita varastoituna työmaalle. Kuljetuksen aikaisen suojauksen lisäksi on käytetty suojapeitettä. (Ratu RT S-1232 2013, 9).

5.4 Kosteuden poistaminen

Kaikki ylimääräinen vesi tulee poistaa rakennuksesta ja rakenteista. Tavoitteena on poistaa mahdollisimman paljon kosteutta mahdollisimman pienellä energiamäärällä. Kosteus siirtyy aina kuivempaan suuntaan, joten rakenteen kosteus voidaan poistaa sen pintaa kuivattamalla. Kuivausta voidaan tehdä rakenteen ja sisäilman lämpötilaa nostamalla, lisäämällä ilmavirtauksia rakenteen pinnalla ja alentamalla ympäröivän ilman suhteel-

lista kosteutta. Usein käytetään kahden tai useamman toimenpiteen yhteisvaikutusta, kuten esimerkiksi lämpöpuhallinta. (Ratu RT S-1232 2013, 5). Kuvassa 15 on käytössä absorptiokuivain, johon on yhdistetty letku kosteuden johtamiseksi ulos rakennuksesta.

Lämpötilan nostaminen voidaan tehdä usealla tavalla. Lämmöntuoton välineenä voidaan käyttää polttimia tai sähköisiä lämmittimiä. Jos valitaan polttoainekäyttöiset lämmittimet, on otettava huomioon niiden mahdollisesti aiheuttama kosteuden lisääntyminen. Esimerkiksi yhden nestekaasukilon polttaminen tuottaa ilmaan yli 53 kg vesihöyryä, ja siten nostaa ilman sisältämän kosteuden määrää. (Ratu RT S-1232 2013, 2,5).

Tehokkainta ja taloudellisinta kosteudenhallinta on silloin, kun suojataan, poistetaan vettä tai panostetaan tarvittaessa vesi-imurointiin. Kun vettä poistetaan, on lisäksi ymmärrettävä, mihin rakenteista poistuva vesi menee. Muuten vesi voi aiheuttaa ongelmia myöhemmin rakennuksen eri paikassa, esimerkiksi kellarissa tai seinärakenteissa. (Ratu RT S-1232 2013, 5).



Kuva 15. Kuivain rakennuksessa runkovaiheen aikana. Kosteaa ilmaa poistuu letkua pitkin ulos. (Hengitysliitto n.d.)

Talon kuivuminen riittävästi kestää normaalioloissa 8-12 viikkoa. Kuivataminen kesäaikana ei yleensä onnistu ilman erityistoimenpiteitä. Riittävä kuivuminen on kuitenkin varmistettava kosteusmittauksilla, että esimerkiksi betonirakenteisiin ei jää haitallista kosteutta ennen seuraavaa työvaihetta. (Hengitysliitto n.d.).

5.4.1 Tuuletus

Tuuletuksella varmistetaan, että sisäilma vaihtuu riittävän usein. Tarkoituksena on vaihtaa kostea sisäilma kuivaan ulkoilmaan. Tuuletus on te-

hokkainta talvella, kun ulkoilman kosteus on pieni, ja se pystyy ottamaan tehokkaasti vastaan lämmitetyn ilman sisältämää rakenteista poistunutta kosteutta.

Kostean ja kuivan ilman vaihtumisen lisäksi tuuletuksella saadaan aikaan ilmavirran liikettä kuivatettavissa tiloissa. Tälläkin on rakenteita kuivattava vaikutus. Kesällä, kun ulkoilman kosteus on suurempi, ei tuuletuksella saada aikaan vastaavaa tehoa kuin talvella. (Niemelä 2014, 55)

Kun tarvikkeita varastoidaan suojapeitteiden alle, on myös tällöin huolehdittava tuuleduksesta. Muussa tapauksessa peitteiden alle saattaa nousta ja jäädä kosteutta, joka pilaa tarvikkeet. Tuuletuksen voi järjestää varastoitamalla materiaalin irti maan tai lattian pinnasta esimerkiksi kuormalavoille. Lisäksi huolehditaan, että ilma pääsee kiertämään suojapeitteen alla (kuvat 11 ja 13).

5.4.2 Lämmitys

Lämmitystarve vaihtelee eri rakennusvaiheissa. Kosteudenhallintaan liittyvät lämmitykset alkavat runkovaiheessa, kun betonin kuivatus lämmittämällä aloitetaan. Lämmityksellä luodaan hyvät työskentely- ja alustaolosuhteet. Samoin poistetaan jäätymisvaara ja estetään materiaalien pilaantuminen ja ennaltaehkäistään vesivauriot.

Rakennusta lämmittämällä saadaan kosteutta poistettua rakenteista tehokkaimmin, erityisesti talvella. Esimerkiksi betonin kuivumisaika puolittuu, kun lämpötila nostetaan 10 °C:sta 30 °C:een taulukon 3 mukaan. Taulukossa suhteellinen kosteus RH (%) ja lämpötila °C ovat ympäröivän tilan olosuhteita. Lämmittämällä ja jäähdyttämällä voidaan myös luoda lämpötilaeroja, jolloin kosteutta saadaan siirtymään ulospäin. Samalla kosteus tiivistyy ulompiin rakennekerroksiin. (Seppälä 2013).

Taulukko 3. Betonin kuivumisaika-arviossa käytettäviä kertoimia eri kosteus- ja lämpötilaolosuhteissa (Merikallio 2003, 51).

Olosuhteet				
RH (%)	Lämpötila (°C)			
	10	18	25	30
35	1,2	0,8	0,7	0,6
50	1,2	0,9	0,7	0,6
60	1,3	1,0	0,8	0,7
80	1,7	1,2	1,0	0,9

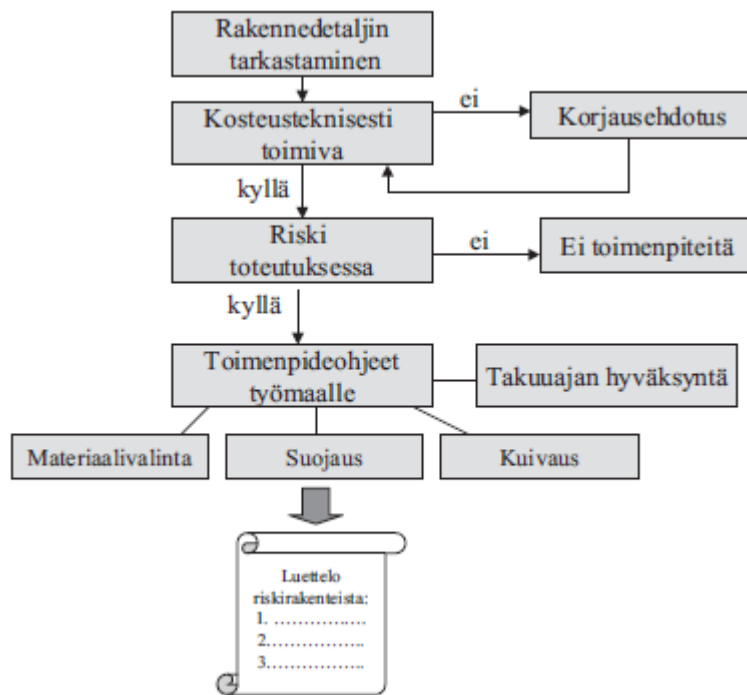
Myös lämpötilaa vaihtelemalla voidaan poistaa tehokkaasti kosteutta. Kun ilmaa lämmitetään, se sitoo itseensä kosteutta rakenteista. Tuulettamalla lämmin, kostea ilma siirretään ulos ja kylmä, kuiva ilma tilalle. Kun kylmää ilmaa taas lämmitetään, se sitoo itseensä kosteutta. Tällaisella ilman kierroilla tehty rakennuksen kuivatus on tehokkain talviaikaan, kun ulkoilman suhteellinen kosteus on alhainen. Tuuletuksen haittana on, että energiaa kulkeutuu lämpimän ilman mukana ulos rakennuksesta.

Lämmittämällä tapahtuvaa kuivatusta voidaan tehostaa ilmankuivaajien avulla. Ne vaativat toimiakseen lämmintä ilmaa. Lisäksi tilan täytyy olla tiivis, että ulkoilman kosteus ei pääse kuivattavaan tilaan. Kuvassa 14 ikkunarakoa tiivistämällä kuivaus olisi tehokkaampaa.

6 LAADUNVARMISTUS JA MITTAUKSET

Työmaan laadunvarmistus kosteudenhallinnan osalta voidaan suunnitella esimerkiksi osana kosteudenhallintasuunnitelmaa. Kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan rakennuksen suunnitteluvaiheessa ja sitä päivitetään ja toteutetaan rakentamisen aikana. Kosteudenmittaussuunnitelma on aina osa kosteudenhallintasuunnitelmaa. (Niemelä 2014, 62). Tulevaisuudessa kosteudenhallintasuunnitelma saattaa olla osa rakentamisen pakollisia viranomaisille toimitettavia suunnitelmia (Vahanen Oy 2014).

Ennen rakentamisen aloittamista kosteusvaurioriskejä kartoitetaan riskianalyysillä (kuva 16). Rakennustuotannon aikana kosteusvaurioriskiä voidaan arvioida myös ympäristömittarilla. Se toimii TR-mittauksen tavoin ja siinä arvioidaan työmaan järjestystä ja siisteyttä. Jos järjestys ja siisteys heikkenevät, nousee kosteusvaurion riski työmaalla. (Niemelä 2014, 66).



Kuva 16. Riskianalyysin eteneminen rakennustyömaalla (Merikallio 2001).

Piiloon jäävien rakenteiden kosteuteen ja laadunvarmistukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä niiden korjaaminen myöhemmin vaatii rakenteiden purkamista. Myös työsuoritusten ja materiaalien dokumentointi valokuvaamalla ja muutosten merkitseminen suunnitelmiin helpottaa rakennuksen myöhempää käyttöä, korjauksia ja muutoksia. Rakenteiden tarkastuksista pidetään pöytäkirjoja, joihin laitetaan esimerkiksi kosteusmittaustulokset ja muut tarkastettavat asiat.

6.1 Kosteudenhallintasuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelma laaditaan rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Sen laatimiseen osallistuvat suunnittelijat ja työnjohto. Suunnittelutyö etenee pääsuunnittelijan johdolla. Laatuvaatimukset tulevat kuitenkin rakennushankkeeseen ryhtyvän toimesta, ja hän on myös lain edessä päävastuullinen rakentamisen toteutuksesta. Kosteudenhallinnan tavoitteet on saavutettava tai ylitettävä. (Seppälä 2013).

Tavoitteina kosteudenhallinnalle ovat

- materiaalien ja tuotteiden haitallisen kastumisen estäminen
- rakenteiden riittävän kuivumisen varmistaminen
- kuivatustarpeen vähentäminen.

Kosteudenhallinnassa kartoitetaan kosteusriskit, tehdään kuivumisaika-arviot, hallitaan olosuhteita ja tehdään mittaussuunnitelma lämpökuvauksille sekä kosteus- ja tiiveysmittauksille. Lisäksi kosteudenhallintaan kuuluvat organisointi, seuranta ja valvonta. Kuivumisaika-arvioilla työmaa ohjataan ottamaan eri materiaalien vaatimat kuivumisajat huomioon. Olosuhteiden hallinnassa olennainen osa on valmistuneiden rakenteiden suojaaminen. Myös lumen poistaminen ja sulatustarve tulee ottaa huomioon. (Seppälä 2013).

Kosteudenhallintasuunnitelman sisältö voi olla Seppälän (2013) mukaan esimerkiksi seuraava:

1. Yleistiedot
2. Kosteudenhallinnan laatutavoitteet
3. Kosteusriskien kartoitus
4. Kuivumisaika-arviot
5. Olosuhdehallinta
6. Erityisohjeet
7. Valvonta ja mittaussuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelman huolellisella laatimisella edistetään kuivan talon rakentamista. Edellytyksenä tietysti on, että työmaan osapuolet ovat sitoutuneet suunnitelmaan ja ohjeita myös noudattamaan.

6.2 Kosteusmittaustavat

Kosteusmittauksilla arvioidaan rakenteiden pinnoitettavuutta, rakenteiden kosteussisältöä- ja rasitusta, selvitetään vaurioita sekä arvioidaan kuivumisolosuhteita. Kosteusmittauksilla myös seurataan päätettyjen toimenpiteiden vaikutusta rakenteiden kosteuteen. Mittauksista laaditaan mittaussuunnitelma, johon kirjataan

- mittaustavat
- mittauspaikat
- mitattavat rakenteet
- olosuhteiden, ajankohtien yms. reunaehdot
- mittauksen menetelmäkuvaus

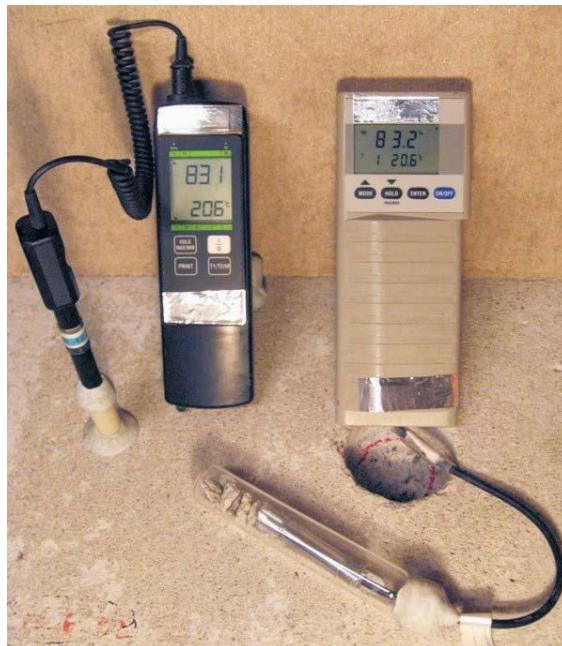
–mittausolosuhteet.

Valitusta mittaustavasta huolimatta mittaajalla tulee olla todettu pätevyys, joka osoitetaan esimerkiksi sertifiikatilla. (Niemelä 2014, 62). Mittaustulosten tulkitseminen edellyttää myös rakenteiden kosteusteknisen toiminnan tuntemista. Kosteusmittaussuunnitelman laatii vastaava työnjohtaja asiantuntijan kanssa ja se on osa kosteudenhallintasuunnitelmaa. (Åström 2011, 106).

6.2.1 Suhteellisen kosteuden mittaus

Menetelmä soveltuu parhaiten kiviainesten, esimerkiksi betonin, päällystettävyyden arviointiin. Mittausta voidaan suorittaa myös esimerkiksi huoneilmasta ja muista materiaaleista. Mittaustapa perustuu materiaalin ilmahuokosissa olevan kosteuden mittaamiseen. (Niemelä 2014, 63).

Ilman suhteellisen kosteuden mittaamisella seurataan rakentamisaikaisia olosuhteita. Sillä varmistetaan, että olosuhteet ovat oikeat työn tekemisen, materiaalien käsittelyn ja rakenteiden kuivumisen kannalta. Samalla myös voidaan varmistaa, että rakennustyömaan on mahdollista edetä suunnitellussa aikataulussa. Tarvittaessa voidaan alkaa suunnittelemaan kuivauksen tehostamista. Ilmankosteuden mittaamiseen käytetään erityisesti tähän tarkoitukseen suunniteltuja laitteita. (Ratu 1215-S 2006, 6).



Kuva 17. Porareikä- (vasemmalla) ja näytepalamittausten antamat tulokset (Ratu RT 14-10984 2010, 1).

6.2.2 Porareikämenetelmä

Yleisimmin laadunvalvonnan yhteydessä käytetään suhteellisen kosteuden mittaamiseen porareikämenetelmää. Menetelmässä tutkittavaan aineeseen porataan haluttuun syvyyteen reikä, joka puhdistetaan huolellisesti esi-

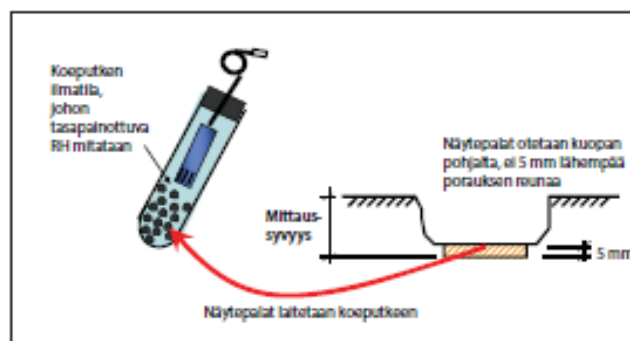
merkiksi imurilla. Jos reikä jätetään puhdistamatta, saadaan tuloksista liian korkeita suhteellisen kosteuden arvoja. Reikään asennetaan putki, jonka ilmatiiviin sulkemisen jälkeen olosuhteiden annetaan tasaantua 3-7 vuorokautta. Sen jälkeen tehdään mittaus. Mittauksessa reiän lämpötila mitataan ja anturi asetetaan reikään. Anturi tiivistetään ja mittaus tehdään 1-24 tunnin kuluttua, riippuen anturista. Lukemat kirjataan mittauspöytäkirjaan. (Ratu 1215-S 2006, 7).

Betonin ja ympäristön lämpötila voi aiheuttaa merkittäviä virheitä mittaus tuloksiin. Mittauksen aikana betonin lämpötilan tulisi olla 20 °C. Suurin sallittu poikkeama on ± 5 °C. Myös mitta-anturin ja betonin välinen lämpötilaero aiheuttaa virheen mittaustulokseen. Jos lämpötiloja ei luotettavasti pystytä hallitsemaan, on suhteellinen kosteus mitattava näytepalamenetelmällä. (Merikallio 2003). Kuvassa 17 on porareikä- ja näytepalamenetelmän antamat mittaustulokset vierekkäisistä näytteenottoaikoista. Tulokset ovat 0,1 prosenttiyksikön päässä toisistaan.

6.2.3 Näytepalamenetelmä

Näytepalamenetelmän periaate on esitetty kuvassa 18. Menetelmässä tutkittavasta rakenteesta otetaan näytepala arviointisyvyydeltä. Mitattavat näytteet suljetaan ilmatiiviisti ja viedään tasaantumaan käyttöolosuhteita vastaavaan olosuhteeseen. Sen jälkeen niiden suhteellinen kosteus mitataan.

Näytepalamenetelmä on tarkin kosteusmittausmenetelmä, koska se ei ole yhtä altis olosuhteiden muutoksille kuin muut menetelmät. Myöskään tutkimusajan olosuhteet eivät vaikuta tulokseen. Usein käytettyyn porareikämenetelmään verrattuna se on nopeampi. (Niemelä 2014, 64).



Kuva 18. Näytepalamittauksen näytteenotto (Ratu RT 14-10984 2010, 7).

Porareikämenetelmää tai näytepalamenetelmää suositellaan käytettäväksi, kun halutaan arvioida betonin päällystettävyyttä. Erilaiset pintakosteusmittausmenetelmät eivät anna tarkoitukseen soveltuvia tuloksia. Mittauksen tekijän on oltava ammattitaitoinen, joka voidaan todentaa esimerkiksi henkilökohtaisella sertifikaatilla.

6.2.4 Pintakosteusmittaus

Mittaustavalla mitataan materiaalin sähkönjohtavuutta: mitä mäempää materiaali on, sitä paremmin se johtaa sähköä. Pintakosteusmittausta ei voida käyttää, kun halutaan arvioida päällystettävyyttä tai suhteellista kosteutta, koska sillä ei voi mitata kokonaiskosteutta. Menetelmä soveltuu homogeenisen materiaalin arviointiin, kun halutaan tehdä suuntaa antavia mittauksia ja tingitään mittauksen tarkkuudesta. Esimerkiksi alakattorakenteen metalliset kannattimet voivat aiheuttaa väärän mittaustuloksen. Luotettavampien mittaustulosten saamiseksi on käytettävä porareikä- tai näytepalamenetelmää. (Niemelä 2014, 65).

Kun pintakosteusmittaria käytetään, valitaan mittalaitteesta materiaalille sopiva asteikko. Pintakosteusmittarin mittapää laitetaan tutkittavaan materiaaliin kiinni. Mittapää on usein, mallista riippuen, pallon muotoinen. Menetelmän mittaussyvyys on yleensä 20-40 mm.

Pintakosteusmittauksia voidaan käyttää, kun halutaan seurata kosteuden muuttumista, kuivumisen arviointiin ja eri kohtien välisten kosteuserojen arviointiin. (Ratu RT 14-10984 2010, 11). Ennen pintojen päällystämistä tehtävä kosteusmittaus on kuitenkin aina tehtävä näytepala- tai porareikämenetelmällä.

6.2.5 Piikkimittaus

Piikkimittausmenetelmä perustuu tutkittavan materiaalin, yleensä puun, resistanssin mittaamiseen. Materiaalin sähkönvastus pienenee, kun sen kosteus lisääntyy. Myös tällä menetelmällä saadut mittaustulokset ovat suuntaa-antavia. (Niemelä 2014, 65).

Piikkimittauksessa tutkittavaan aineeseen työnnetään kahden piikin elektrodipää. Mittaus perustuu päiden välisen konduktanssin mittaamiseen. Piikkien tulee olla puussa samassa syysä.

Mittausmenetelmä soveltuu hyvin puutavaran kosteuden mittaamiseen ennen asennusta ja asennettuun puutavaraan. Mittareilla ei saada luotettavasti todellisia tarkkoja kosteusprosenttilukemia.

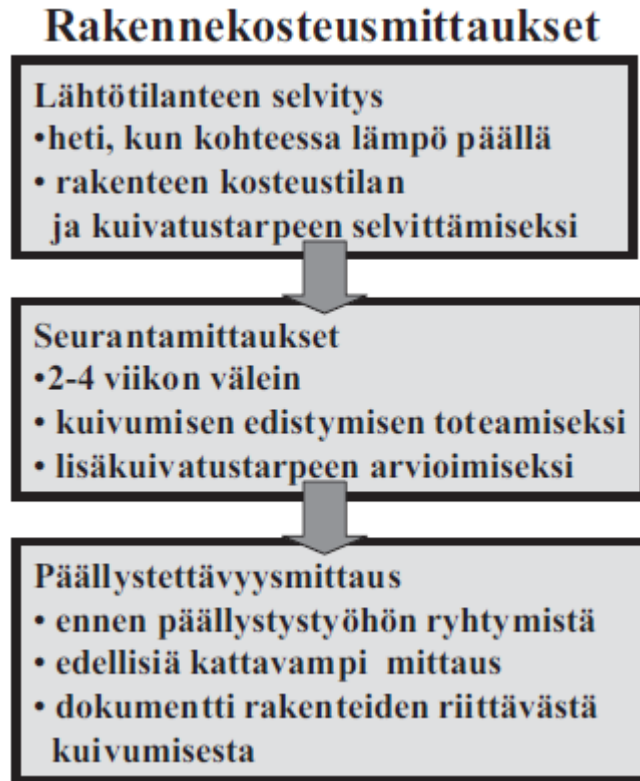
6.2.6 Kuivatus-punnitusmenetelmä

Menetelmässä tutkittava aine tai siitä otettu näytepala punnitaan, kuivataan ja punnitaan uudestaan. Kuivatusta ja punnitusta toistetaan uudestaan, kunnes kahden peräkkäisen punnituksen tulos laskee enintään 0,1 % vuorokausivauhtia. Näytteestä lasketaan massan pieneneminen eli poistunut vesimäärä. Tulokseksi saadaan alkuperäisen näytteen sisältämä absoluuttinen vesimäärä ja suhteellinen kosteus voidaan laskea. (Niemelä 2014, 65).

Menetelmän tarkkuus on sama kuin näytepalamenetelmällä, mutta se ei ole yhtä nopea (Niemelä 2014, 65). Menetelmä vaatii laboratorioluokkaa, joten sitä ei voi käyttää pelkästään työmaaolosuhteissa.

6.3 Mittausajankohdat

Kosteusmittausajankohdat suunnitellaan kosteusmittaus suunnitelman laatimisen yhteydessä (kuva 19). Ajankohtien valintaan vaikuttavat työmaan eteneminen ja arvioitu kuivuminen. Kosteusmittauksia tulisi tehdä ainakin kolmena eri ajankohtana rakentamisen aikana. (Seppälä 2013).



Kuva 19. Rakennekosteusmittausten kulku (Seppälä 2013, 22).

Ensimmäisessä mittauksessa kartoitetaan lähtötilanne heti, kun kohteeseen on saatu lämpö päälle. Samalla selvitetään rakenteen kosteustila ja arvioidaan tarve lisäkuivatukselle. Ensimmäisen mittauksen tuloksia voidaan käyttää lähtötietoina kuivumisaika-arvioille. (Seppälä 2013, 22).

Toinen mittaus tehdään vähintään kaksi viikkoa ennen suunniteltua päällystystöiden aloitusajankohtaa. Seurantamittauksia voidaan tehdä myös kahdesta neljään viikon välein esimerkiksi pintakosteusmittareilla. Näin voidaan seurata kuivumisen edistymistä. Tarvittaessa voidaan aloittaa kuivumista nopeuttavat toimenpiteet. Välimittauksia voidaan haluttaessa tehdä useampiakin. (Seppälä 2013, 22).

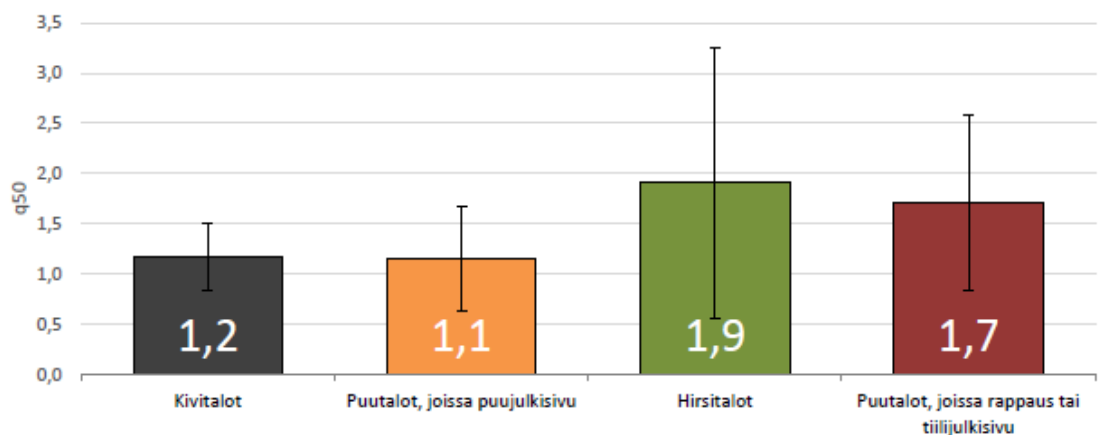
Viimeinen mittaus tehdään vähän ennen päällystystöiden aloittamista. Mittaus tehdään yleensä edellisiä laajempaan, useammasta näytekohdasta. Samalla saadaan mittauspöytäkirjasta dokumentti rakenteiden riittävästä kuivumisesta. (Åström 2011, 106).

Kosteusmittaukset ovat herkkiä häiriöille, ja tuloksista saadaan helposti virheellisiä. Työmaalla tapahtuvat mittaukset on suunniteltava sellaisiin ajankohtiin, että mittaukset voi tehdä häiriöttä. (Niemelä 2014, 69).

6.4 Tiiveysmittaus

Tärkeä osa rakennuksen kosteudentorjuntaa on tiivisrakentaminen, jolla vaikutetaan erityisesti rakennuksen käytönaikaiseen kosteudenhallintaan. Koska eristyspaksuudet ovat kasvaneet, ei eristeeseen päässyt kosteus enää kuivu rakennuksen tuottaman lämmön avulla. On siis tärkeää, että kosteuden pääsy rakenteisiin estetään. Sisäilmasta rakenteisiin pyrkivän kosteuden siirtyminen estetään käyttämällä mahdollisimman lähellä rakenteen sisäpintaa höyrynsulkua, esimerkiksi käyttöön suunniteltua muovikalvoa (kuva 4).

Rakennuksen ilmanpitävyyden saavuttamiseksi tavoite tulisi ottaa huomioon jo arkkitehti- ja rakennesuunnitteluvaiheessa. Liitos- ja läpivientidetallien suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että ne on mahdollista toteuttaa tiiviinä. Kun detallien toteutus on mietitty, tulee ne myös toteuttaa huolellisesti. (Ratu RT 80-10974 2009, 7). Tiivis rakentaminen ei sinällään vaadi rakennuksen toteutuksessa mitään erikoista. Tiiviin talon tekeminen ei myöskään ole kiinni valitusta ulkoseinärakenteesta, kuten kuva 20 osoittaa. Riittää, kun toteutus tehdään huolellisesti.



Kuva 20. Uusien talojen ilmatiiveys ulkoseinärakenteen mukaa (Jussila 2015, 7).

Rakennuksen ilmanpitävyys varmistetaan tiiveysmittauksen avulla. Tiiveysmittauksessa mittaaja sulkee ilmanvaihtokoneen, ovet ja ikkunat sekä tiivistää hormit ja ilmanvaihtokanavat. Yhteen ulko-oveen asetetaan paineovi. Ovella luodaan rakennukseen alipaine, joka saa ilman liikkumaan sisätilaan vuotokohtien kautta. Vuotokohtat paikannetaan lämpökameralla tai merkkisavulla. Ilmavuodot voidaan havaita myös kämmenellä aistimalla. Monet pienet vuotokohtat voidaan korjata jo mittauksen aikana, mutta suuremmat korjaukset tulee tehdä mittauksen jälkeen. Lopuksi tehdään painekoe, jolla saadaan rakennuksen ilmanvuotoluku. Mittaaja toimittaa tekemästään mittauksesta ja sen tuloksista raportin asiakkaalle. (Vertia Oy n.d.).

Mikäli tiiveysmittauksesta halutaan saada mahdollisimman tehokas apuväline rakentamiseen, kannattaa mittaus tehdä kaksi kertaa. Ensimmäinen mittaus tehdään kun rakennuksen tiivistys on valmis ja mahdolliset korjattavat kohteet ovat vielä helposti saatavilla (vertaa kuva 9). Toinen, lopulli-

nen mittaus tehdään ennen muuttotarkastusta, kun talo on valmis. Toisen mittauksen tuloksena saadaan talon lopullinen ilmanvuotoluku.

7 YHTEENVETO

Pientalotyömailla tapahtuvaan kosteudenhallintaan liittyvää tietoa on runsaasti tarjolla. Tarjontaa lisää se, että asiaan on kiinnitetty runsaasti huomiota. Tämä johtuu siitä, että kosteudenhallinta liittyy sisäilman laatuun, joka vaikuttaa asumisterveyteen. Erityisesti internettiin ilmestyy koko ajan aiheeseen liittyvää tietoa, jopa kokonaan uusia sivustoja avautui tämänkin tutkimuksen aikana.

Kosteudentorjunta alkaa jo rakennuksen ja rakentamisen suunnitteluvaiheessa. Ratkaisuissa otetaan huomioon kosteudentorjunnallinen näkökulma ja laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma. Valmiita mallisisältöjä löytyy internetistä ja kirjallisuudesta lukuisia, esimerkiksi www.kosteudenhallinta.fi. Lisäksi useilla kaupungeilla ja kunnilla on omia kaavakkeita koskien rakennustyömaiden kosteudenhallintaa. Tulevaisuudessa kosteudenhallintasuunnitelma tulee todennäköisesti pakolliseksi asiakirjaliitteeksi rakennuslupahakemukseen kaiken tyyppisille rakennuksille.

Rakennustyömaalla kosteudenhallintaan liittyy lukuisia toimenpiteitä toteutuksen eri vaiheissa. Suunnitteluvaiheessa laaditaan kosteudenhallintasuunnitelma ja valitut ratkaisut tutkitaan myös kosteusteknisen toimivuuden näkökulmasta.

Rakentamisen aikana estetään ympäristön aiheuttama kosteusrasitus suojaamalla rakennus ja tarvikkeet sateen vaikutukselta. Samalla täytyy ottaa huomioon myös valuma- ja pohjavesien pääsyn estäminen rakennukseen. Tehokkainta kosteudenhallinta on silloin, kun kosteuden pääsy rakenteisiin ja materiaaleihin estetään kokonaan. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista. Silloin tarvitaan kuivausta ja kosteuden poistamista. Poistaminen tapahtuu tuulettamalla tai lämmittämällä. Suoranainen vesi on tehokkainta poistaa vesi-imurilla tai muulla tavalla vetenä. Myös erityisiä kuivaimia voidaan käyttää, mutta niiden energiatehokkuus on muita menetelmiä huonompi.

Kosteudenhallinnan onnistumista tutkitaan kosteusmittauksilla. Materiaaleista voidaan mitata kosteutta monenlaisilla menetelmillä. Osa menetelmistä ei sovellu todellisen kosteuden mittaamiseen, vaan niitä voi käyttää lähinnä kuivumisen arviointiin ja seurantaan. Esimerkiksi päällystettävyyden päätösten perusteena käytettäviin mittauksiin on käytettävä porareikä- tai näytepalamittauksia.

Rakentamisen aikaisella kosteudenhallinnalla vaikutetaan rakennuksen koko elinkaaren aikaiseen käytettävyyteen. Osa kosteudenhallinnan epäonnistumisen seurauksista ilmenee välittömästi, jo rakentamisen aikana. Osa haittavaikutuksista voi ilmetä vasta vuosien päästä. Myöhemmin ilmeneviin haittavaikutuksiin johtavia virheitä voidaan havaita rakentamisen aikana esimerkiksi tiiveysmittauksilla, joilla voidaan havaita rakennuksen vaipassa olevat pienet ilmapuotokohdat ja estää niiden yhteydessä

tapahtuvat kosteusvauriot. Samalla rakennuksen ilmanvaihdon toimivuus paranee ilmavirtojen hallittavuuden parantuessa.

Huolellisesti tehty kosteudenhallinta vaikuttaa rakentamisen yleiseen laatuun ja rakennusten elinkaaren aikaiseen käytettävyyteen. Tärkein osa-alue on huolellinen rakentamisen suunnittelu ja toteutus. Lisäksi sen aiheuttama lisäkustannus on nolla. Hyötyinä saadaan hyvälaatuinen sisäilma ja terveet rakenteet.

LÄHTEET

- C2 Kosteusmääräysten toimivuuden arviointi (RakMK C2 toimivuus). Loppuraportti. 2014. Insinööritoimisto Vahanen Oy. <http://www.ym.fi/download/noname/%7B6EB2A5F6-6FB4-4FA8-B2FD-FFE0DE5E3E06%7D/106636>
- Detaljikirjasto. 2015. Viitattu 24.9.2015. Maanvarainen alapohja, passiivienergiataso. Saatavissa <http://www.spu.fi/suunnittelu/detaljikirjasto/alapohjat/>.
- Douglas, J. & Ransom, B. 2013. Understanding Building Failures. 4. p. Lontoo: Routledge.
- Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. 2012. Espoo: Kopijyvä Oy. https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf
- Hengitysliitto. Terveen talon rakentaminen. Vaihe 9. Runkorakenteiden kuivatus. Viitattu 2.10.2015. Saatavissa <http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/terveen-talon-rakentaminen/vaihe-9-runkorakenteiden-kuivatus>.
- Hirsitalot. 2015. Viitattu 24.9.2015. Saatavissa <http://www.honkatalot.fi/tuotevalikoima/hirsitalot/hirsitalot.html>
- Häkkinen, A. 2015. Kerrostalorakentamisen virheet vähenisivät yksinkertaisilla keinoilla. Rakennuslehti 2, 10.
- Jussila, H. 2015. Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa pientaloissa. Vertia Oy. Viitattu 1.10.2015. Saatavissa <http://vertia.fi/wp-content/uploads/2015/01/Ilmatiiveys-ja-vuotokohdat-uusissa-pientaloissa-4-2014.pdf>
- Kilpeläinen, M., Hekkanen, M. & Seppälä, P. 2006. Pientalon tekninen laatu. Tähtiluokitus. Opas pientalon rakennuttajille ja suunnittelijoille. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Merikallio, T. 2001. Rakennustyömaan kosteudenhallinta: mallirunko ja ohjeet. Humittest Oy.
- Merikallio, T. 2003. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Niemelä, T. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Tampere: Tammerprint Oy.
- Rakennustutkimus RTS Oy. 2015. Omakotirakentajatutkimus. <http://www.digipaper.fi/valintaopas/127667/>
- Ratu 1215-S. 2006. Työmaan laadunvarmistus, tarkastukset ja mittaukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ratu S-1232. 2013. Rakennustyömaan sääsuojaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ratu RT 05-10710. 1999. Kosteus rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu RT 14-10984. 2010. Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu RT 80-1097). 2000. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Seppälä, P. 2013. Rakentamisprosessin kosteudenhallinta –rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito. Oulun yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut / rakennusvalvonta. <http://www.ouka.fi/documents/486338/37b496fa-5e69-411d-91f8-f0a45482b291>

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Steel frame Housing. Viitattu 1.10.2015. Saatavissa http://www.steelframehousing.org/TO_US_BUILDERS.htm

Suomen Rakentamismääräyskokoelma C2. Kosteus rakentamisessa. 1998. <http://finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf>

Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennus- ja asuntotuotanto [verkkójulkaisu]. Kesäkuu 2015. Helsinki: Tilastokeskus.

Suomirakentaa.fi – neuvontaa rakentajille ja remontoijille. Runkoratkaisun valinta. 2015. <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/ulkoseinaet-ja-julkisivut/runkoratkaisun-valinta>

Suunnittelijankansio. Rakennekuvat, vedeneristys. Viitattu 24.9.2015. Saatavissa <http://www.kiilto.com/fi/rakentaminen/suunnittelijankansio/>.

Tiiveysmittaus. Vertia Oy. Viitattu 2.10.2015. Saatavissa <http://vertia.fi/tiiveysmittaus/>.

Tyypilliset kosteus- ja homevauriot 1970-luvulla ja myöhemmin rakennetuissa pientaloissa. Ympäristöministeriö. Viitattu 11.9.2015. <http://www.korjaustieto.fi/pientalot/sisailmaongelmat/kosteus-ja-homevauriot/tyypilliset-kosteus-ja-homevauriot-1970-luvulla-ja-myohemmin-rakennetuissa-pientaloissa.html>

Työmaan kuivanaapito suojaamalla - pientalotyömaat. Koulutusmateriaali 2014. Ympäristöministeriö. Viitattu 1.10.2015. Saatavissa <http://omakotitalot.hometalkoot.fi/muut-oppaat>

Vinha, J. 2007. Hygrothermal Performance of Timber-Framed External Walls in Finnish Climatic Conditions: A Method for Determining the Sufficient Water Vapour Resistance of the Interior Lining of a Wall Assembly. Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisu 658. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 29.9.2015. <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/188/vinha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ympäristöopas 111. Vesivahinkojen ehkäiseminen rakentamisessa. 2004. Ympäristöministeriö. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Åström, G. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. RIL 250-2011. Saarijärvi: Saarijärven Offset.