



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

OLLI-PEKKA TOIVARI  
KOSTEUDENHALLINNAN JA SÄÄSUOJAUKSEN TALOUDELLI-  
NEN TARKASTELU  
Diplomityö

Tarkastajat: professori Teuvo Tolonen ja tekniikan lisensiaatti Olli Teriö  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty  
Rakennetun ympäristön tiedekunta-  
neuvoston kokouksessa 6. huhtikuuta 2011

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

**TOIVARI, OLLI-PEKKA:** Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu

Diplomityö, 50 sivua, 4 liitesivua

Syyskuu 2011

Pääaine: Rakennustuotanto ja -talous

Tarkastajat: professori Teuvo Tolonen ja tekniikan lisensiaatti Olli Teriö

Avainsanat: Kosteudenhallinta, rakenteiden kuivuminen, sääsuojaus, työmaa-aikainen lämmitys

Oikein mitoitetulla kosteudenhallinnalla ja sääsuojauksella voidaan poistaa tai vähentää kosteudesta johtuvia vaurioita. Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellisuutta tarkastellaan tässä diplomityössä kahdesta näkökulmasta. Rakennuskantaosiossa keskitytään kosteudenhallinnan puutteista johtuviin ongelmiin ja tuotanto-osiossa keskitytään asioihin, joihin voidaan vaikuttaa työmaalla. Tutkimuksen päätavoite on selvittää lämmityksen ja sääsuojauksen hyödyt urakoitsijalle. Tutkimusraportissa selvitetään kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen kustannusvaikutuksia erityisesti työmaan näkökulmasta. Lisäksi annetaan kokonaiskuva kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen merkittävyydestä rakennusteollisuudessa laskentaesimerkkien avulla.

Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen kustannusvaikutuksia tutkitaan kirjallisuuskatsauksen, teemahaastatteluiden ja laskentaesimerkkien avulla. Laskentaesimerkit on muodostettu kirjallisuuskatsauksen ja teemahaastatteluiden pohjalta. Laskentaesimerkkejä on kaksi; talvi- ja syksyesimerkki. Lisäksi kummassakin esimerkissä esitetään kolme tapausta. *Hyvää sääsuojausta* käytettäessä suojaus on tiiviimpi, mutta kalliimpi kuin *perustason sääsuojausta* käytettäessä. *Heikkoa sääsuojausta* käytettäessä suojaus on halvempi, mutta toisaalta ei niin tiivis kuin *perustason sääsuojaus*.

Haastatteluissa ilmeni, että kosteusvauriot johtuvat virheellisestä suunnittelusta, huolimattomasta rakentamisesta tai rakennuksen virheellisestä käytöstä. Liiallinen kosteus tulee poistaa rakenteista käyttämällä mahdollisimman vähän energiaa ja ylimääräisen veden pääsy rakenteisiin tulee estää esimerkiksi sääsuojaustoimenpiteitä käyttämällä. Kosteusvaurioiden tyypillisiä syitä kysyttäessä haastatteluissa selkeimmin nousivat esiin putkirikot ja vesikattovuodot. Hyvinä keinoina ehkäistä kosteusvaurioita haastattelutavat pitivät valvontaa, ammattitilpeyden kohottamista ja hyvää suunnittelua, johon kuuluu osana myös kosteudenhallinnan suunnittelu. Myös rakennuksen käyttäjä on tärkeässä roolissa rakennuksen kuntoa ajatellen. Tyypillisimpinä riskirakenteina pidetään märkätiloja.

Laskentaesimerkkien kosteudenhallinnan *hyvän ja heikon sääsuojauksen* absoluuttinen kustannusero on huomattava. Lisäksi vuodenaika vaikuttaa selkeästi sääsuojauksen ja kosteudenpoiston kannattavuuteen. Suurimmat hyödyt sääsuojauksesta tulevat sääsyttyneistä kuivatusajoista. Laskentaesimerkit osoittavat, että etenkin syksyllä sääsuojaukseen ja kosteudenhallintaan kannattaa kiinnittää erityistä huomiota.

Laskentaesimerkit kosteusvaurioiden välttämistä aiheutuneista kustannussäästöistä osoittavat selvästi, että kosteudenhallinnan laiminlyönti on riskipitoista toimintaa. Liian järeällä toiminnalla voidaan aiheuttaa helposti turhia kustannuksia, mutta toisaalta mahdollisuus kannattavaan kosteudenhallintaan ja sääsuojaukseen on ilmeinen.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

**TOIVARI, OLLI-PEKKA:** Financial Evaluation of Moisture Control and Weather Guard

Master of Science Thesis, 50 pages, 4 Appendix pages

September 2011

Major: Construction Management and Economics

Examiners: Professor Teuvo Tolonen and Licentiate in Technology Olli Teriö

Keywords: Moisture control, construction dehydration, weather guard, heating on construction site

Properly sized moisture control and weather guard can reduce or remove damages caused by the moisture. Moisture control and weather guard economy has two viewpoints in this master's thesis. In building stock segment, the focus is on problems caused by faults of moisture control. In production segment, the focus is on the subjects that can be influenced on the construction site. The aim of this study is to find out the benefits of heating and weather guard for the contractor. This research report clarifies cost effects of moisture control and weather guard especially on the construction site's point of view. In addition, the report gives general views of moisture control and weather guard status in construction industry with the help of accounting examples.

Moisture control and weather guard cost effects are studied by literature review, theme interviews, and accounting examples. Accounting examples are formed with the help of literature review and theme interviews. There are two accounting examples; winter and autumn example. In addition, both examples include three cases. *Good weather guard* includes a more dense guard than the *basic weather guard* but is more expensive. On the other hand, *poor weather guard* is cheaper than, but not as dense as, the *basic weather guard*.

Based on the interviews, faults in design, regardless construction work or careless usage of building cause moisture damages. Excess moisture has to be removed from the structures using as little energy as possible. In construction site, the extra water going inside into the structures has to be restrained, for example, by using weather guard. When asked about typical reasons of moisture problems, the interviewees answered pipe breakages and leaking roofs. The interviewees mentioned surveillance, improving professional pride and good design as good ways to prevent problems caused by the moisture. Moisture control is considered as a part of good design. In addition, the user of the building has a major role in the maintenance. From interviews point of view typical risk structure is sanitary cabin.

In the accounting examples, absolute cost margins of moisture control in the *good* and *poor cases* are significant. In addition, the season plays a major role in the cost-effectiveness of weather guard and moisture control. Shorter dehydration times make the biggest benefits of weather guard. According to the accounting examples, especially in autumn, the weather guard and moisture control should be considered.

Based on the accounting examples of cost caused by preventing moisture problems, show that neglecting of moisture control is risky business. Too heavy actions can easily cause unnecessary costs. On the other hand, there are possibilities for cost-effective weather guard and moisture control.

## ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty opinnäytteenä diplomi-insinöörin tutkintoon Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksen rakennustuotannon ja -talouden yksikölle professori Teuvo Tolosen ja tekniikan lisensiaatti Olli Teriön johdolla tammikuun 2011 ja elokuun 2011 välisenä aikana.

Tutkimus on osa rakennustuotannon ja -talouden yksikön rakennustyömaiden kosteudenhallintaa käsitteleviä tutkimuksia: Future envelope assemblies and HVAC solutions ja rakennustyömaan energiansäästömahdollisuudet. Tutkimuksien rahoittajina toimivat Rakennustoimisto Pohjola Oy ja Rakennusteollisuus RT ry.

Esitän kiitokseni niille yrityksille ja henkilöille, jotka ovat jakaneet tietoaan minulle tutkimuksen eri vaiheissa. Kiitoksen ansaitsevat myös tutkimuksen johtoryhmässä suurta apua antaneet Anssi Koskenvesa, Jukka Hämäläinen ja Teuvo Tolonen. Erityskiitoksen työn kärsivällisestä ohjauksesta ansaitsee tekniikan lisensiaatti Olli Teriö. Oman kiitoksensa ansaitsevat myös muut rakennustuotannon ja -talouden työntekijät kannustavasta ja inspiroivasta työympäristöstä.

Lopuksi esitän lämpimät kiitokset arvokkaasta tuesta rakkaalle vaimolleni Eevalle ja tyttärelleni Fannille. Diplomityön lopullinen palkinto saapuu keskuuteemme hieman diplomityön valmistumisen jälkeen. Tervetuloa maailmaan sinä pienen pienen tytön tai poika.

Tampereella 28.8.2011

Olli-Pekka Toivari

## SISÄLLYS

1	Johdanto.....	1
	1.1 Tutkimuksen tausta.....	1
	1.2 Tavoitteet ja rajaukset.....	2
	1.3 Tutkimuksen suoritus .....	3
	1.4 Tutkimusraportin rakenne.....	4
2	Rakentaminen ja kosteudenhallinta.....	5
	2.1 Rakennuskanta ja kosteushaasteet.....	5
	2.1.1 Rakennuskanta .....	5
	2.1.2 Kosteushaasteet .....	7
	2.2 Rakentamisen kosteudenhallinta ja laatu.....	8
	2.2.1 Asumisen epäterveellisyys.....	8
	2.2.2 Kosteusvauriot.....	8
	2.3 Sääsuojaus ja työskentelyolosuhteet.....	9
	2.3.1 Sääsuojaus .....	9
	2.3.2 Aikataulu.....	10
	2.3.3 Tuotannon suunnittelu .....	11
	2.3.4 Betonin kosteus .....	11
	2.3.5 Rakenteiden kuivuminen .....	12
	2.4 Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu .....	17
	2.4.1 Lämmitys .....	17
	2.4.2 Kuivatus .....	17
	2.4.3 Talvityöt.....	18
	2.4.4 Tuotannon suunnittelu .....	20
3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus.....	23
	3.1 Tutkimusmenetelmät .....	23
	3.2 Tutkimuksen suoritus .....	24
4	Teemahaastattelu.....	25
	4.1 Teemahaastattelun suoritus .....	25
	4.1.1 Kosteusvaurioiden tyypilliset syyt .....	26
	4.1.2 Kosteusvaurioiden kustannukset.....	27
	4.1.3 Kosteusvaurioiden ehkäisy .....	27
	4.1.4 Kosteustekniset riskirakenteet.....	27
	4.2 Yhteenveto .....	28
5	Laskennallinen tarkastelu .....	31
	5.1 Tulosten käsittely laskentaesimerkin avulla .....	31
	5.2 Laadulliset hyödyt .....	32
	5.3 Aikataululliset hyödyt.....	34
	5.4 Turvallisuushyödyt .....	37
	5.5 Sääsuojauksen ja lämmityksen kustannukset.....	38
	5.6 Kosteudenhallintatoimenpiteiden taloudellinen optimointi.....	41

6	Pohdinta.....	44
	6.1 Tutkimuksen tarkastelu.....	44
	6.2 Tulosten tarkastelu .....	45
	6.3 Jatkotutkimusehdotukset.....	46
	Lähteet.....	47
	Liitteet .....	50

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Absoluuttinen kosteus	Vesihöyryn massa tietyssä tilavuudessa. Tyypillinen yksikkö $\text{g}/\text{m}^3$ .
Kyllästyskosteus	Määrittelee, paljonko vesihöyryä ilmassa on voi olla kussakin lämpötilassa.
$R\text{m}^3$	Rakennuksen tilavuus, jolla tarkoitetaan tilaa, jota rajoittaa ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta. Jos rakennuksessa ei ole yläpohjaa tai yläpohja liittyy ilman ullakkoa vesikattoon, katsotaan rajoittavaksi pinnaksi vesikaton yläpinta suojauksineen. Jos rakennuksen alapohjan paksuutta ei voida arvioida, lasketaan alapohjan paksuudeksi 200 mm alapohjan yläpinnasta.
Suhteellinen kosteus	Kertoo montako prosenttia absoluuttinen kosteus on vallitsevan lämpötilan kyllästyskosteudesta.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

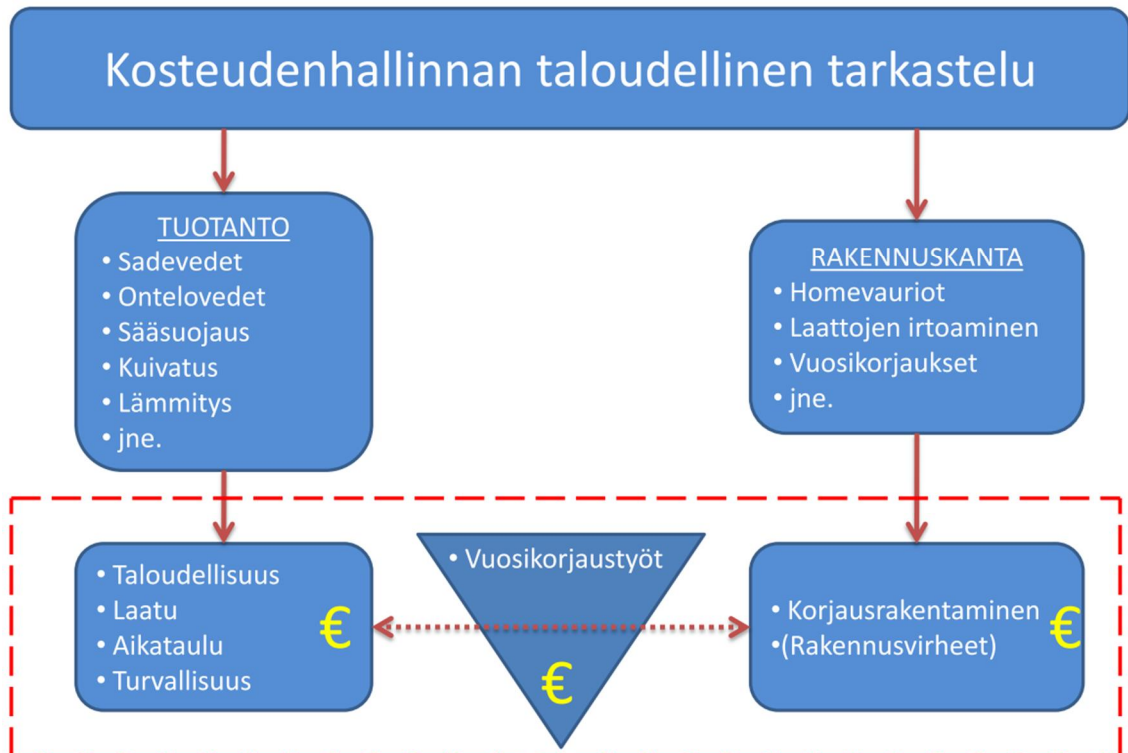
Kosteudenhallinta vaatii taloudellisia panostuksia työmaalla. Kosteudenhallinnan kustannukset pystytään teoriassa laskemaan ja litteroimaan tapauskohtaisesti, joten kosteudenhallinnasta aiheutuvat kustannukset pystytään osoittamaan helposti. Käytännön työmaaolosuhteissa kosteudenhallintakustannuksien litteroinnissa on havaittu kuitenkin ongelmia.

Ongelmia syntyy erityisesti kosteudenhallinnan puutteista johtuvien ongelmien selvittämisessä. Lisäkustannuksiin johtavat syyt ja niiden suuruus ovat usein vaikeasti määritettävissä. Työmaalla ei välttämättä ajatella kosteudenhallinnan laiminlyönnin mahdollisia kerrannaisvaikutuksia. Työnaikainen puutteellinen kosteudenhallinta voi realisoitua vuosien päästä rakennuksen käyttöönotosta. Tuolloin on usein vaikea osoittaa vaurion johtuvan työmaan puutteellisesta kosteudenhallinnasta. Urakoitsijan näkökulmasta olisi tärkeää osoittaa kosteudenhallinnan taloudellinen kannattavuus.

Oikein mitoitetulla kosteudenhallinnalla ja sääsuojauksella voidaan poistaa tai vähentää kosteudesta johtuvia vaurioita. Tästä seuraa laadun parantuminen, josta on selkeää hyötyä asiakkaalle.

Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellisuutta tarkastellaan kahdesta näkökulmasta. Rakennuskantaosiossa keskitytään kosteudenhallinnan puutteista johtuviin ongelmiin ja tuotanto-osiossa keskitytään asioihin, joihin voidaan vaikuttaa työmaalla. Tutkimuksen toimintakenttää selventää kuva 1.1.





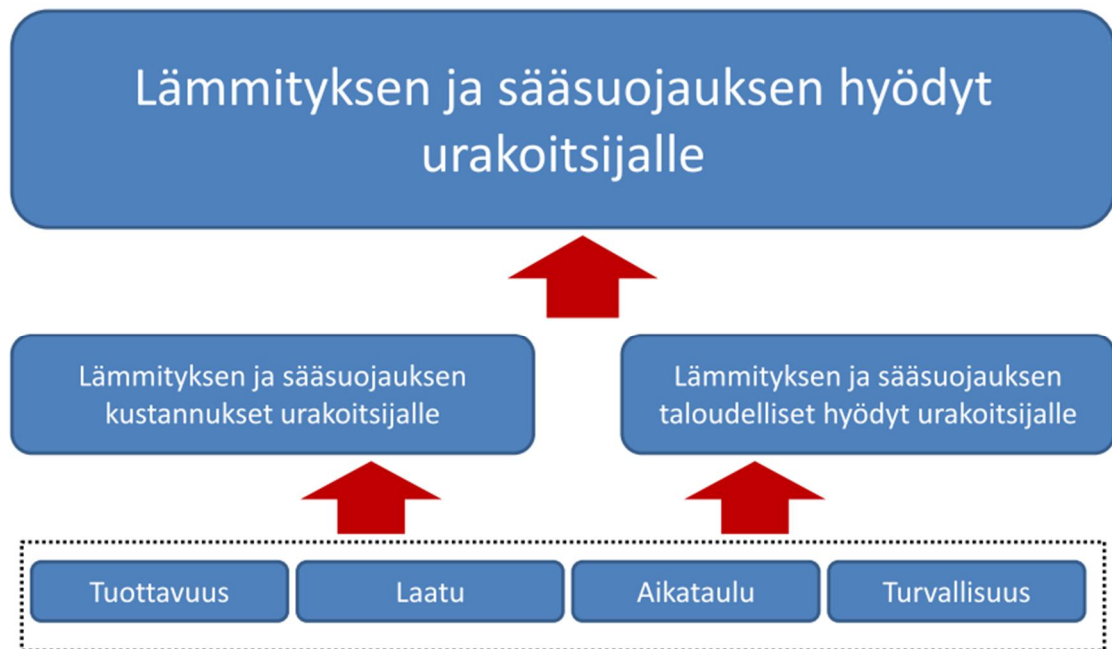
*Kuva 1.1. Tutkimuksen toimintakenttä. Kosteudenhallinnan taloudellinen tarkastelu on jaettu kahteen osaan; tuotanto ja rakennuskanta. Tuotantoon liittyviä tärkeitä tekijöitä ovat taloudellisuus, laatu, aikataulu ja turvallisuus. Kosteudenhallinnan puutteista johtuviin ongelmiin liittyy korjausrakentaminen ja rakennusvirheet. Vuosikorjaustyöt linkittävät nämä asiat toisiinsa.*

Diplomityö kuuluu osana rakennustuotannon ja -talouden (RTT) yksikön rakennustyömaiden kosteudenhallintaa käsitteleviä tutkimuksia (Frame, Future envelope assemblies and HVAC solutions ja Rakennustyömaan energiansäästömahdollisuudet; Rakennustoimisto Pohjola Oy). Tutkimusten päärahoittajina ovat Rakennustoimisto Pohjola Oy ja Rakennusteollisuus RT ry. Diplomityön tilaajana toimii RTT-yksikkö.

## 1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoite on selvittää lämmityksen ja sääsuojauksen hyödyt urakoitsijalle. Osatavoitteiksi määriteltiin lämmityksen ja sääsuojauksen kustannusten selvittäminen ja niiden tuomat taloudelliset hyödyt urakoitsijalle. Osatavoitteet on edelleen pilkottu pienempiin osakokonaisuuksiin, jotka esitetään kuvassa 1.2.

Diplomityön pohjalta rakennusalan yritykset saavat apua kosteudenhallintatoimenpiteiden mitoittamiseen, minkä ansiosta yrityksillä on mahdollisuus parantaa kannattavuuttaan. Oikein mitoitettulla kosteudenhallinnalla projektien taloudellinen ennustettavuus kasvaa ja taloudelliset riskit pienenevät. Projektien hinnoittelussa mukanaoleva riskivaraus pienenee ja tätä kautta hintoja on mahdollista laskea. Tästä hyötyvät sekä yritykset että asiakkaat.



**Kuva 1.2.** Tutkimuksen tavoitteet. Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää lämmityksen ja sääsuojauksen hyötyjä urakoitsijalle. Lämmityksen ja sääsuojauksen kustannukset ja hyödyt on jaettu neljäksi osa-alueeksi: tuottavuus, laatu, aikataulu ja turvallisuus. Tutkimus on rajattu koskemaan talonrakennusta ja erityisesti betonirunkoisia asuin kerrostaloja.

Kirjallisuuskatsaus suoritettiin laajalla perspektiivillä, jotta tutkimusalueesta saatiin mahdollisimman kattava kokonaiskuva. Kirjallisuuskatsauksen toimintakenttää havainnollistaa tutkimuksen laajempi toimintakenttä kuvassa 1.1.

Tutkimus rajattiin koskemaan asuin kerrostalotuotantoa pääurakoitsijan näkökulmasta. Tutkimuksessa keskityttiin sekä täyselementti- että osaelementtituotantoon. Päämateriaalina oli betoni.

### 1.3 Tutkimuksen suoritus

Tutkimus sisältää kirjallisuuskatsauksen, joka käsittelee kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellisuutta laajalla perspektiivillä. Kirjallisuuskatsauksen jälkeen tutkimus täydentyi asiantuntijoiden haastatteluilla. Haastateltavia tahoja olivat korjausurakoitsijat, tavarantarkastajat, vuosikorjaajat ja vakuutusyhtiöt. Haastatteluilla pyrittiin löytämään sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tietoa tutkimuksen eri osa-alueista. Kirjallisuuskatsaus limittyi haastattelujen kanssa.

Haastattelujen jälkeen haastattelut analysoitiin ja tehtiin haastattelu yhteenveto. Haastattelujen ja kirjallisuuskatsauksen pohjalta muodostettiin kaksi laskentaesimerkkiä. Tutkimuksen viimeinen vaihe oli johtopäätökset, jossa arvioitiin lämmityksen ja sääsuojauksen kannattavuutta kerätyn aineiston ja laskentaesimerkkien perusteella.

## 1.4 Tutkimusraportin rakenne

Tutkimusraportin luvussa kaksi käsitellään kirjallisuudesta löytyvää tietoa lämmitykseen ja sääsuojaukseen liittyen. Kolmannessa luvussa käsitellään käytetyt tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus. Lukuun neljä on kerätty haastattelun pohjalta laadittu aineisto. Luvussa viisi käsitellään tuloksia haastatteluihin ja kirjallisuusselvitykseen pohjautuen. Viimeisessä luvussa on käsitelty tutkimusta yleisesti, tarkasteltu tuloksia sekä annettu lukijalle jatkotutkimusehdotuksia.

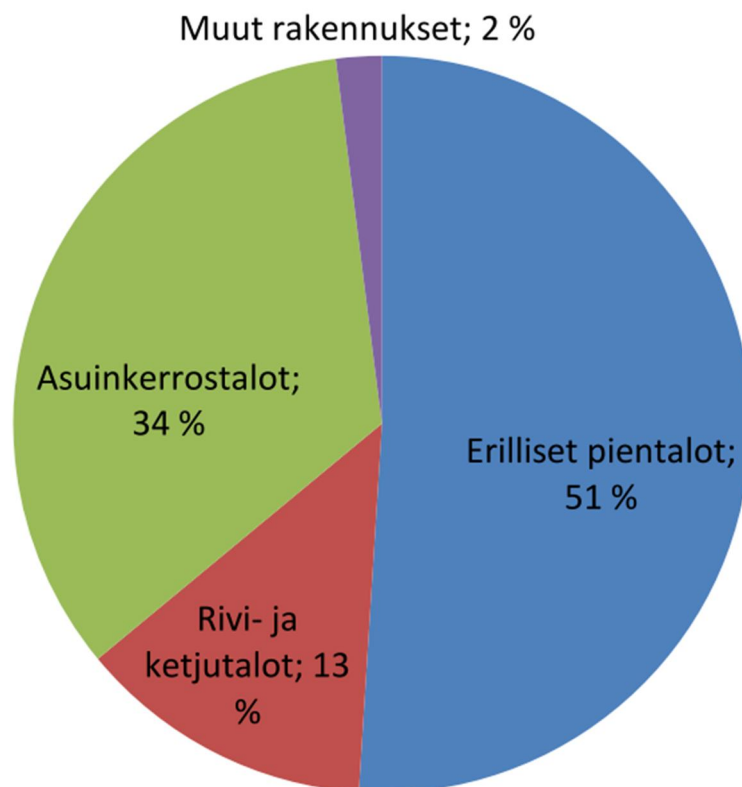
Kokonaisuutena tutkimusraportissa selvitetään kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen kustannusvaikutuksia erityisesti työmaan näkökulmasta. Lisäksi annetaan kokonaiskuva kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen merkittävydestä rakennusteollisuudessa erilaisen, skenaarioita sisältävien, laskentaesimerkkien avulla.

## 2 RAKENTAMINEN JA KOSTEUDENHALLINTA

### 2.1 Rakennuskanta ja kosteushaasteet

#### 2.1.1 Rakennuskanta

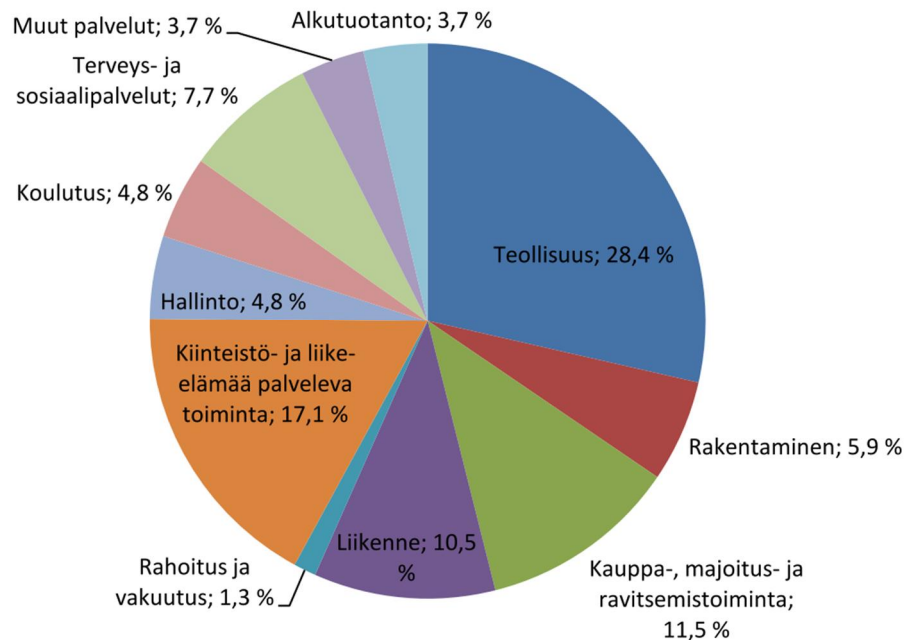
Vuonna 2009 asuinrakennukset ja muut talorakennukset muodostivat 47 % Suomen kansallisvarallisuudesta. Lukuna tämä on noin 362 mrd. € Suomessa on 2,4 miljoonaa rakennusta ja 2,8 miljoonaa asuntoa. Asuinkerrostaloja on 56 000 ja näissä on yhteensä 1 221 000 asuntoa ja asukkaita 1 770 000. (Rakennetun omaisuuden tila 2011.) Noin 34 % suomalaisista asuu kerrostaloissa. Kuvassa 2.1. on esitetty suomalaisten asumisen jakautuminen rakennustyypeittäin.



**Kuva 2.1.** Suomalaisten asumisen jakautuminen rakennustyypeittäin vuonna 2010. Suomalaiset asuvat tyypillisesti erillisissä pientaloissa tai asuinkerrostaloissa. Asuinkerrostalojen osuus on 34 %. (Rakennetun omaisuuden tila 2011.)

Uusien asuntojen tarve Suomessa on noin 35 000 asuntoa vuodessa. Muiden länsimaiden kehitys viittaa siihen, että asuntorakentamisen tarve jatkuu samalla tasolla vielä 10–20 vuotta. (Rakennetun omaisuuden tila 2011.)

Rakennuksiin sijoitettu pääoma länsimaissa on noin 10 % bruttokansantuotteesta (Sharrard et al. 2007). Suomessa rakentamisen osuus bruttokansantuotteesta vuonna 2000 oli 5,9 % (Jalava & Kokkinen 2002). Bruttokansantuotteen jakautuminen toimialoittain on esitetty kuvassa 2.2.



**Kuva 2.2.** Bruttokansantuotteen jakautuminen Suomessa toimialoittain vuonna 2000. Suomessa bruttokansantuotteesta rakentamisen osuus vuonna 2000 oli 5,9 % (Jalava & Kokkinen 2002).

Yhdysvalloissa vuonna 2002 rakentamiseen käytettiin 2,6–3,0 % koko energiankulutuksesta. Tämä todistaa alan merkittävyyden energiankuluttajana (Sharrard et al. 2007). Suomessa rakentamiseen käytetyn energian määrä vaihtelee suuresti eri kirjallisuuslähteissä. Jukka Hämäläisen (2010) diplomityössä tehdyn kirjallisuusselvityksen pohjalta vaihteluväli on 48–260 kWh/Rm<sup>3</sup> (Häkkinen 2005; Senaatti-kiinteistö 2004, Hämäläinen J. 2010 mukaan). Talonrakentamisen energiankulutuksen osuus on 1990-luvulla ollut noin 7 % Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. Rakennustyömaan energiankulutus on noin 7 % talonrakennustuotannon primäärienergiasta. Vuonna 1987 asuinkerrostalotyömaan energiankulutus oli 29,4–32,9 kWh/Rm<sup>3</sup>. (Perälä & Kontuniemi 1990.) Lämmittäminen kuluttaa rakentamiseen käytetystä energiasta runkovaiheessa 18 %, sisätyövaiheessa 50 % (Häkkinen 2005). Sharrardin et al. (2007) tutkimuksen mukaan USA:ssa rakennustyömaalla käytetystä energiasta 19 % oli sähköä, 24 % maakaasua ja 57 % bensiiniä ja dieseliä.

### 2.1.2 Kosteushaasteet

Uusien energiamääräysten mukanaan tuoma eristepaksuuksien kasvu ja tarve tiiviimpään rakennukseen saattavat aiheuttaa kosteusongelmia. Ongelmat johtuvat veden tiivisyydessä väärään kohtaan rakennetta. Jan Elfvingin (2009) mukaan ongelmat aiheutuvat vaativista ja testaamattomista rakenneratkaisuista.

Kauppalehden artikkelin *Omakotitaloista homeessa jopa 250 000* (2011) mukaan Suomessa on noin miljoona omakotitaloa, joista 250 000:ssa on korjaustarve johtuen kosteus- ja homevaurioista. Kosteus- ja homevauriot aiheuttavat vuosittain yksityisille henkilöille merkittäviä taloudellisia kuluja. Taloudellisia menetyksiä suurempi haitta on fyysinen ja henkinen murhe, joita kosteus- ja homevauriot aiheuttavat. Vaurioiden takia kiinteistö menettää suuren osan markkina-arvostaan. Kaikkia terveydellisiä haittoja ei tunnisteta kosteus- tai homeongelmista aiheutuviksi. Riidat kosteusvauriotapauksissa johtuvat yleensä tietämättömyydestä, joka yleensä johtuu puutteellisesta kuntotarkastuksesta. Ongelmia saattaa syntyä myös siitä, että asiakas ei ymmärrä, mitä ammattilaisen tekemässä raportissa kerrotaan.

Nevalainen et al. (1996) tutkimuksen mukaan 80 % tutkituista taloista sisälsi jälkiä kosteusongelmista. 50 % tapauksissa asukas itse tiesi ongelmasta. Osa tapauksista johtui suunnittelu- tai rakennusvirheistä, osa luonnollisesta materiaalien ikääntymisestä. Tutkimuksen mukaan noin 500 000 asunnossa on kosteudesta johtuvia korjaustarpeita. 1950-luvulla rakennetuissa taloissa tyypillisiä ongelmia havaittiin katossa ja kellari- sekä pohjakerrostiloissa. 1960-luvun taloissa ongelmia oli tyypillisesti katoissa, kellarissa sekä pohjakerroksessa, seinissä ja putkistoissa. 1970-luvun kosteusongelmat olivat tyypillisesti kerrostaloasunnoissa. 1980-luvun asunnoissa ongelmia havaittiin kylpyhuoneen seinissä. Kosteusongelmat aiheuttavat selvästi kohonneen riskin sairastua esimerkiksi hengitystiesairauksiin.

Suomen rakennusmääräyskokoelmassa (RakMK C2 1998) kosteudenhallintaan on otettu kantaa seuraavasti: ”Rakennusaineet ja -tarvikkeet sekä rakennusosat on suojattava haitalliselta kastumiselta kuljetusten, varastoinnin ja rakentamisen aikana. Kosteiden rakenteiden ja rakennuskosteuden on annettava kuivua tai rakenteita on kuivatettava riittävästi, ennen kuin ne peitetään kuivumista hidastavalla ainekerroksella tai pinnoitteella”.

Oman haasteensa rakentamiseen tuo pohjoisen sääolosuhteet. Sää vaihtelee paljon verrattaessa vuosia toisiinsa, joten talven sääolosuhteiden ennustettavuus on melko heikko. Etelä-Suomessa talven pituus on keskimäärin 140 vuorokautta. (Ratu C8-0377 2010.) Säästä johtuen talveen varautuminen on taloudellisessa mielessä riskialtista toimintaa.

## 2.2 Rakentamisen kosteudenhallinta ja laatu

### 2.2.1 Asumisen epäterveellisyys

Kosteusvauriot ovat yksi merkittävimmistä terveydelle haitallisista elinympäristön tekijöistä. Liiallinen kosteus aiheuttaa materiaalien biologista ja kemiallista hajoamista, joiden reaktiotuotteina syntyy terveydelle haitallisia aineita.

Home käsittää kansankielessä homeitiöiden lisäksi muitakin mikrobeja kuten sädesieniä, bakteereja, hiivoja ja muita sieniä. Hometta voi syntyä minkä tahansa materiaalin pinnalle. Homeiden kasvuun käyttämää ravintoa voidaan olettaa olevan saatavilla. Tärkein tekijä homeenkasvun suhteen on riittävä kosteus ja lämpötila (Salmi & Kemoff 1996.) Homesienien kasvuun rakennusmateriaaleissa vaikuttavat ilmankosteus, lämpötila ja materiaalien laatu. Jos suhteellinen kosteus on yli 80 % ja lämpötila välillä +5 – +30 °C on olemassa riski homeen kasvuille. Jos lämpötila on -5 – +5 °C on homeen kasvu mahdollista vain, jos suhteellinen kosteus on yli 90 %. (Viitanen 1996.)

### 2.2.2 Kosteusvauriot

Kosteusvauriot johtuvat virheellisestä suunnittelusta, huolimattomasta rakennustyöstä tai rakennuksen virheellisestä käytöstä (Lumme & Merikallio 1997). Yleisimmin kosteusongelmat johtuvat vuotavasta vedestä. Alla on lueteltu yleisimpiä syitä kosteus- ja homeongelmiin Salmen ja Kemoffin mukaan (1996):

- liitosten ja saumojen (läpivientien) vuodot
- tuuletuksen puute ylä- ja alapohjassa
- ilmapuodot
- pinta- ja roiskevedet
- korkea maanpinta suhteessa talon lattian pintaan
- sade ja tuulenpaine
- puutteellinen salaojitus
- diffuusio
- kondensoituminen
- maaperäkosteus
- rakennekosteus.

Sisäisiä kosteuslähteitä Salmen ja Kemoffin (1996) mukaan ovat muun muassa putkivuodot, laitevuodot, ilman kostuttaminen, siivous, ruuanlaitto sekä runsas veden käyttö peseytymisessä. Nykyisin koetaan, että kosteusongelmia on enemmän kuin ennen. Syitä kosteusongelmien lisääntymiseen ovat puutteet suunnittelussa, aikataulun kireys rakentamisessa ja kuivumisaikojen puute, valvonnan puute, välinpitämättömyys, ammattitilpeyden puute ja tietämättömyys. Rakennuksen käytössä on ajan saatossa tapahtunut muutosta. Seikkoja, jotka ovat muuttaneet kosteustasoja rakennuksessa asumisen muutoksista johtuen, ovat jälkikäteen tehdyt pesutilat, saunojen määrän lisääntyminen ja pesutilojen korkeampi käyttöaste. (Salmi & Kemoff 1996.)

Yleisimpiä syitä kosteusvaurioihin Puhakka et al. (1996) mukaan ovat:

- Kosteat rakennusmateriaalit ja niiden riittämätön kuivaus rakennusaikana.
- Putkisto- ja vesivuodot kattojen, ikkunoiden, räystäiden, räystäskourujen ja saumojen kautta.
- Maakosteus ja valumavesien pääsy rakenteisiin, kun salaojitus on puutteellinen tai maa rakennuksen alla on märkää.
- Täytemaan kapillaarisuus, jolloin kosteus nousee rakenteisiin.
- Puupohjaiset materiaalit ovat suorassa kosketuksessa maahan tai kosteaan betoniin: esimerkiksi matala sokkeli, eristämätön liitos tai kosteina pysyvät muuraukset ovat kiinni puupohjaisissa materiaaleissa.
- Puuosat on tuettu eristämättömään betonilaattaan tai alimpaan betonilaattaan, jolloin viat ilmenevät kosteusvaurioiden yhteydessä: esimerkiksi koolattu puulattia tai kaksoisbetonilattia.
- Kosteiden tilojen puutteelliset kosteuseristyksen ja saumat.
- Virheellinen ryömintätilan, julkisivujen tai kattorakenteiden ilmanvaihto suhteessa kosteusrasitukseen.
- Sisäilman puutteellinen tai virheellinen ilmanvaihto suhteessa kosteustuottoon tai sisäilman vuotaminen viileisiin rakennusosiin, erityisesti yläpohjarakenteisiin.
- Aluskatteen puuttuminen peltikatteen alta.
- Lämmöneristetty rakennus on jäänyt pitkäksi aikaa kylmilleen ja vaille huoltoa.
- Ilmanvaihdon puutteellinen käyttö ja huollon laiminlyönti.
- Kosteusongelman tai -vaurion korjauksen laiminlyönti tai puutteellinen korjaus.

Edellä mainitut Puhakan (1996) luettelemat syyt kosteusvaurioihin johtuvat rakentamisessa, suunnittelussa tai käytössä tapahtuneista virheistä. Syiden tarkempaa kohdistamista on vaikeata tehdä ja usein vaurio johtuu useammasta osatekijästä.

## **2.3 Sääsuojaus ja työskentelyolosuhteet**

### **2.3.1 Sääsuojaus**

Sääsuojauksen käyttö rakentamisessa säästää energiaa ja varmistaa työn toteutukselle kelvolliset olosuhteet, sillä suojaaminen estää pakkasen, lumen ja tuulen jäähdyttävän vaikutuksen rakennettavaan tai suojattavaan kohteeseen. Lisäksi säästyvät myös ajoittaiset lumityöt, jotka ovat usein talvirakentajan haasteena. Sääsuoja estää osaltaan myös työkalujen ja tarvikkeiden hukkumista hankeen. Liukastumisvaara vähenee oleellisesti, mikä on erittäin tärkeää etenkin sirkkelin ja muiden vaarallisten koneiden läheisyydessä liikuttaessa. (Rantamäki & Kivijakola 1988.) Kuvassa 2.3 on esimerkki sääsuojauksesta: Seurasaaren ravintolan huhtikuussa 2011 valmistunut vesikaton korjaus.





*Kuva 2.3. Seurasaaren ravintolan vesikaton korjaustyömaa talvella 2011. Kuva sääsuojauksesta on otettu päivällä. Kuvasta näkee, että sääsuojan läpi pääsee riittävästi valoa työskentelyä varten. (kuva: Olli Teriö).*

Sääsuojan on oltava riittävän tiivis, mutta sen on mahdollistettava myös tuuletus. Sen tulee olla nopeasti koottava ja purettava. Sääsuojien käyttö pienentää työmenekkejä ja kasvattaa työn tehokkuutta. Sääsuojauksen suunnittelu on aloitettava jo suunnitteluvaiheessa, jotta suojaustarve saadaan optimoitua kokonaistaloudelliseksi. Sääsuojilla tulee olla riittävän suuri käyttöaste, jotta ne olisivat kannattavia. Talvirakentamisen onnistumisen edellytyksenä on, että tiedetään, miten häiriöiden syntyessä toimitaan. Talvirakentaminen tulee suunnitella ottamalla huomioon rakennuspaikan erityispiirteet. (Ratu C8-0377 2010.)

### **2.3.2 Aikataulu**

Työmenekin kasvu talvella johtuu talvesta aiheutuvista haitoista, lisistä, työn keskeytyksistä, talvitöistä ja työnaikaisista asennuksista. Työn hidastuminen johtuu pääosin säästä. Talvesta johtuvia lisiä ovat muun muassa valujen suojaukset ja lumen poisto muoteista. Kiinteästi talveen liittyviä töitä ovat esimerkiksi lumen luonti ja rakenteiden lämmitys. Pakkasesta ja lumesta aiheutuu myös materiaalien rikkoutumista ja katoamista. Materiaalikustannuksia tulee usein myös enemmän verrattuna kesään. Talvella tarvitaan esimerkiksi enemmän peitteitä ja jotkin rakenteet vaativat talveen soveltuvia kalliimpia materiaaleja esimerkiksi talvilaastia. (C8-0377 2010.)

Tehtävien nopeuttamisen keinoja ovat resurssien lisääminen, työmenekkien pienentäminen ja työsaavutusten kasvattaminen. Työmaavaiheen työmenekkejä voidaan pienentää esimerkiksi esivalmistusastetta lisäämällä. Työsaavutuksien kasvattamiseen voidaan käyttää materiaali- ja koneteknisiä keinoja. (Tanhuanpää & Lahdenperä 1996.)

Tehtävien vähentämisellä voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennushankkeen kokonaisaikaan. Yhden tehtävän poistaminen lyhentää kokonaisaikaa yhden aloitusvälin verran, kun kyseessä ovat loppu-alku-riippuvuudet. Tehtävien vähentäminen tulee ensisijaisesti kohdistaa kriittisen polun tehtäviin. Keinoja ovat muun muassa ei-jalostavien työnosien poistaminen ja tehtävien yhdistäminen esimerkiksi esivalmistusta lisäämällä. Edelleen tehtäviä voidaan vähentää suunnittelutehtäviä yhdistämällä, tehtävien välistä riippuvuutta vähentämällä ja rakennettavuutta parantamalla. Ei-jalostavia työnosia voidaan poistaa työhäiriöiden eliminoinnilla, uudelleen tekemistä vähentämällä ja tehokkaammalla työn organisoinnilla. (Tanhuanpää & Lahdenperä 1996.)

### 2.3.3 Tuotannon suunnittelu

Rakenteiden kuivumisen kannalta vesikatton sulkeminen muodostuu rakennushankkeissa kriittiseksi. Hissi- ja IV-konehuone asennetaan yleisesti ylimpään kerrokseen, näin ollen kyseiset työvaiheet voidaan käynnistää vasta runkotyön jälkeen. Vaipan tiiviiksi saattaminen edellyttää vaiheen lyhyttä kestoä, mikä voidaan toteuttaa esimerkiksi esikokoonpanoa käyttäen. Esikokoonpano voidaan toteuttaa myös työmaalla runkotyön aikana ja runkotyön päätyttyä rakenteet nostaa oikeille paikoilleen. IV-konehuoneen laiteasennukset tulisi käynnistää välittömästi elementtiasennuksen jälkeen, jotta järjestelmät saadaan toimintakuntoon aikaisin kerroksittaisen luovutuksen edellyttämällä tavalla. (Tanhuanpää & Lahdenperä 1996.)

Eristeiden kastuminen ja holvin tiiveys ovat työmailla tyypillisiä ongelmia. Kerralla tiivis välipohja vaatii tuotannonohjaukselta huolellisuutta. Tiiviyden kannalta ontelolaa-taston saumaus on erityisen tärkeä työvaihe. Rakenteet tulee suunnitella siten, että kuivuminen on mahdollista. Tiivis holvi vaatii, että sadevedet ohjataan hallitusti pois holvilta. Ontelovedet tuovat myös rakennukseen ylimääräistä kosteutta. Rakenteiden kuivuminen tahdistaa voimakkaasti pinnoitteiden tekoa. (Teriö 2003.)

### 2.3.4 Betonin kosteus

Lumpeen ja Merikallion (1997) mukaan betonin kosteuspitoisuutta lisäävät betonimas-san suuri vesi-sementtisuhde, rakennusvaiheessa imeytynyt sade- tai kasteluvesi, käytön aikana tapahtuvat putkivuodot ja betoniin maaperästä imeytynyt vesi. Betonin suhteellinen kosteus päällysmateriaalista riippuen tulisi olla 80–97 %. Päällysteiden liimoilla on myös omat raja-arvonsa, jotka saattavat erota päällysteiden vaatimista raja-arvoista. Useimmat liimat eivät kestä yli 85 % suhteellista kosteutta. Korkeasta kosteuspitoisuudesta johtuen liimat tai päällysteet voivat hajota ja aiheuttaa hajotessaan terveydelle vaarallisia aineita. Nopean kuivumisen edellytys on, että kuivattaminen aloitetaan aikaisin, koska betonin kovettuessa se myös tiivistyy ja samalla sen kosteudensiirtokyky

heikkenee huomattavasti. Tämä on myös eräs syy siihen, miksi vanhan betonin kuivuminen vesivahingon jälkeen on huomattavasti hitaampaa kuin uuden betonin kuivuminen. (Lumme & Merikallio 1997)

Ontelolaattarakenteissa ongelmia aiheuttaa laatan kastuminen rakennusaikana. Ontelolaataaston tiiviiden takia veden imeytyminen on hidasta, mutta toisaalta veden haihtuminenkin on hidasta. Lisäksi ontelolaatat vaativat joko pintalaatan tai paksun tasoiterakroksen, joka osaltaan tuo rakenteeseen lisäkosteutta ja entisestään hidastaa rakenteen kuivumista. Ontelolaattojen saumavaluissa käytetty massa sisältää usein paljon vettä, joka lisää kosteusrasitusta. (Lumme & Merikallio 1997.)

### 2.3.5 Rakenteiden kuivuminen

Puutteellinen kuivatus tai liian lyhyt kuivatusaika lisäävät rakenteiden kosteuspitoisuutta (Lumme & Merikallio 1997). Rakenteiden kuivuminen vaatii riittävän alhaisen suhteellisen kosteuden. Käytännössä tämä saavutetaan nostamalla kuivattavan tilan lämpötilaa. Kuivauksen onnistumisen kannalta on tärkeää huolehtia kostean ilman tuulettamisesta ulkoilmaan. Tuulettamisen on oltava hallittua ja rakenteiden tulee olla tiiviitä, jotta varmistetaan tuulettamisen taloudellisuudesta (Hämäläinen 2010).

Talviaikaan kuivumisolosuhteet saadaan hyviksi lämmittämällä rakennusta. Myös kesäaikaan rakennuksen lämmittäminen ulkoilmaa lämpimämmäksi edistäisi kuivumista. Itse betonirakenteen lämmittäminen lyhentää myös kuivatusaikaa, koska betonin kosteudensiirtokyky paranee. Rakennepaksuuden kaksinkertaistuessa kuivumisaika olosuhteista riippuen kasvaa suurimmillaan nelinkertaiseksi. Lattiatasoite kastelee alustaa huomattavan syvältä. Esimerkiksi 20 mm paksuinen tasoitemassa nostaa 35 mm syvyydellä alusbetonin suhteellista kosteutta jopa 10 % ja kosteuspitoisuus palautuu alkupe räiseen arvoonsa vasta neljän viikon kuluttua. Myös seinien tasoitettyöt tuovat huomattavan kosteusrasituksen rakennukseen. Esimerkiksi jokainen 5 mm tasoiterakros aiheuttaa noin yhden viikon lisäkuivatustarpeen. Kokonaisuudessaan olisi edullista pyrkiä valamaan rakenteet valmiiseen pintaan. (Lumme & Merikallio 1997.)

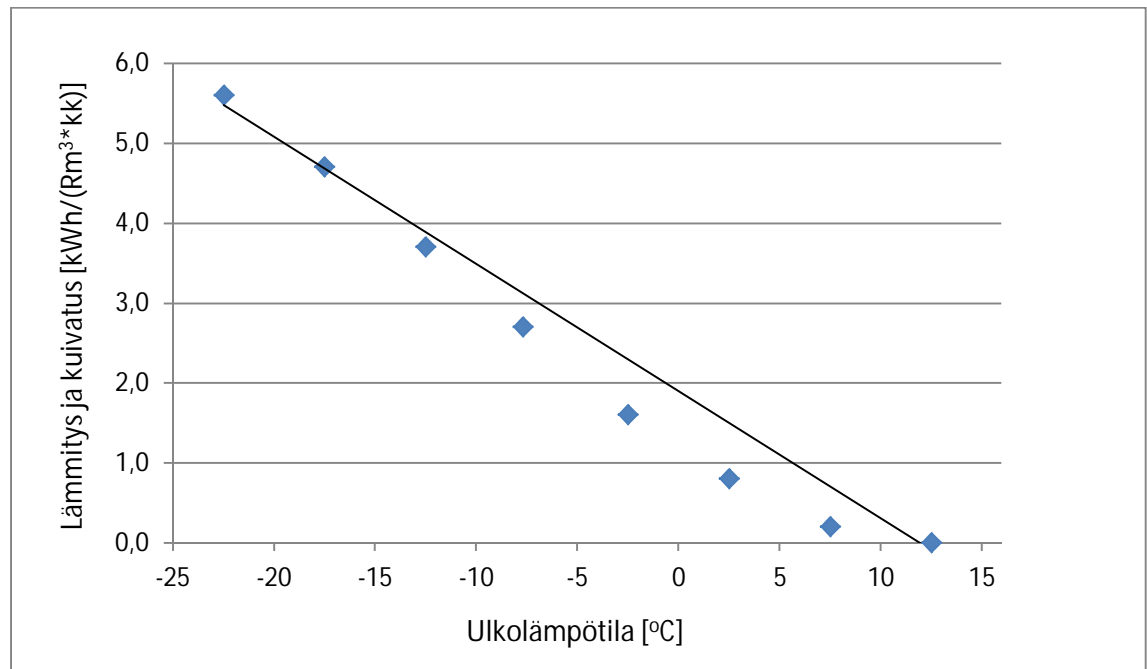
Lämmönlähteen sijaitessa betonin sisällä on kuivattaminen huomattavasti tehokkaampaa kuin betonin ulkopuolella olevan ilman lämmittäminen. Betonin lämpötilan kohotessa vesihöyryn osapaine rakenteen sisällä kasvaa. Samalla betonin vesihöyryn läpäisevyys lisääntyy. Kuivumista edistää huomattavasti betonin ja ympäristön välinen riittävän suuri lämpötilaero. Rakennetta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus täytyy kuitenkin muistaa pitää riittävän alhaisena, jotta betonista poistuva kosteus voi siirtyä ympäröivään ilmaan. Betonin pinnassa olevan tiiviin sementtiliimakerroksen hionta pois varhaisessa vaiheessa nopeuttaa haihtumista. Nopeammin päällystettävät betonit kuivuvat 2-3 kertaa tavanomaista nopeammin. Nämä ominaisuudet perustuvat tavanomaista suurempiin sementtimääriin ja lisäaineisiin, jotka edesauttavat tehokkaasti veden haihtumista betonista. (Lumme & Merikallio 1997.)

Ontelolaattaelementeissä on ajankohdalla ”lämpö päällä” ylimääräistä haitallista vettä noin 25 kg/m<sup>3</sup>. Saumoja valettaessa kosteus lisääntyy noin 2 kg/m<sup>2</sup>. Paikalla beto-

noiduissa kohteissa haitallisen ylimääräisen veden määrä on noin 40–50 l/m<sup>3</sup>. Sateesta johtuen määrä saattaa nousta 55–65 l/m<sup>3</sup>. (Orantie 1986.)

Rakennuksen vaipan tiiviiksi saaminen on ehdoton edellytys rakennusrungon kuivumisen kannalta. Kuivumisen mahdollistamiseksi on ovi- ja ikkuna-aukkojen sulkeminen, vesikaton asentaminen ja lämmityksen aloittaminen ajoitettava lähelle elementtityön päättymistä. (Tanhuanpää & Lahdenperä 1996.)

Kuivumisen esivaiheessa betonin kuivuminen on todella nopeata, noin 10–30 kg/h. Kun betonin pinnalla oleva vapaa vesi on haihtunut, siirrytään toiseen vaiheeseen, jossa kuivuminen hidastuu radikaalisti. Toisen vaiheen kuivumisnopeus on noin 0,5 kg/h. (Kokki & Mäkelä 1982.) Kuvassa 2.4 on esitetty lämmityksen ja kuivatuksen käyttämän energian suhdetta ulkolämpötilaan. Noin +13 °C ja sitä lämpimämmillä ulkolämpötiloilla lämmitykseen ja kuivatukseen ei kulu energiaa.



**Kuva 2.4.** Rakenteiden lämmitykseen ja kuivatukseen käytetty energia ulkolämpötilan funktiona. Noin +13 °C ja sitä korkeammassa lämpötilassa lämmitykseen ja kuivatukseen ei kulu energiaa. (Kone-Ratu 07-3034 1996).

Betonin kovettumisvaiheessa lankalämmityksen tehontarve on noin 40–100 W/m. Muottien sähkölämmityksessä tehontarve suurmuottien molemmissa pareissa 150–200 W/m<sup>2</sup>. Suurmuottien muottikierto on yleensä 1-2 vrk (Kokki & Mäkelä 1980). Näin ollen muottikierron tehontarve suurmuotteja käytettäessä 300–800 W/m<sup>2</sup>-muottia.

Infrapunasäteilylämmitys soveltuu hyvin laajapintaisten suhteellisen massiivisten rakenteiden lämmitykseen. Kun betonoitu holvi on lämpösuojustu välittömästi betonoinnin jälkeen ja säteilytila on peitteillä suojustu tuulen jäädyttävän vaikutuksen estämiseksi, voidaan kokonaisenergiatarpeen mitoitusarvona talviolosuhteissa käyttää 90–120 kWh/betoni-m<sup>3</sup>. Tehon mitoitusarvo on tällöin 6-7 kW/m<sup>2</sup>-seinämuottia. Kasetti- ja teollista pöytämuottitekniikkaa ja infrapunasäteilylämmitystä käytettäessä on ko-

konaisenergiantarve talviolosuhteissa 120–180 kWh/betoni-m<sup>2</sup>. Tämä edellyttää, että betonoitu holvi on lämpösuojattu välittömästi betonoinnin jälkeen ja säteilytila on peitteillä suojattu tuulen jäähdyttävältä vaikutukselta. Tehon mitoitusarvo on tällöin 3,5–11 kW/m<sup>2</sup>-seinämuottia. (Kokki & Mäkelä 1980.) Kokin ja Mäkelän (1980) mukaan kuumailmalämmitys on betonin epätaloudellisin lämmitystapa. Tästä huolimatta käytännön työmaaolosuhteissa kuumailmalämmitys on Suomessa vallitseva lämmitystapa.

Huoneilmassa kuivuva betoni luovuttaa vähitellen ympäristöönsä vettä 50–120 kg/betoni-m<sup>3</sup>. Ympäristön suhteellisen kosteuden laskiessa kuivuminen nopeutuu, ei kuitenkaan enää merkittävästi suhteellisen kosteuden ollessa alle 50 %. Taulukossa 2.1 on esitetty betonissa oleva ylimääräinen vesi betonin lujuuden mukaan jaoteltuna. (Kokki & Mäkelä 1980.)

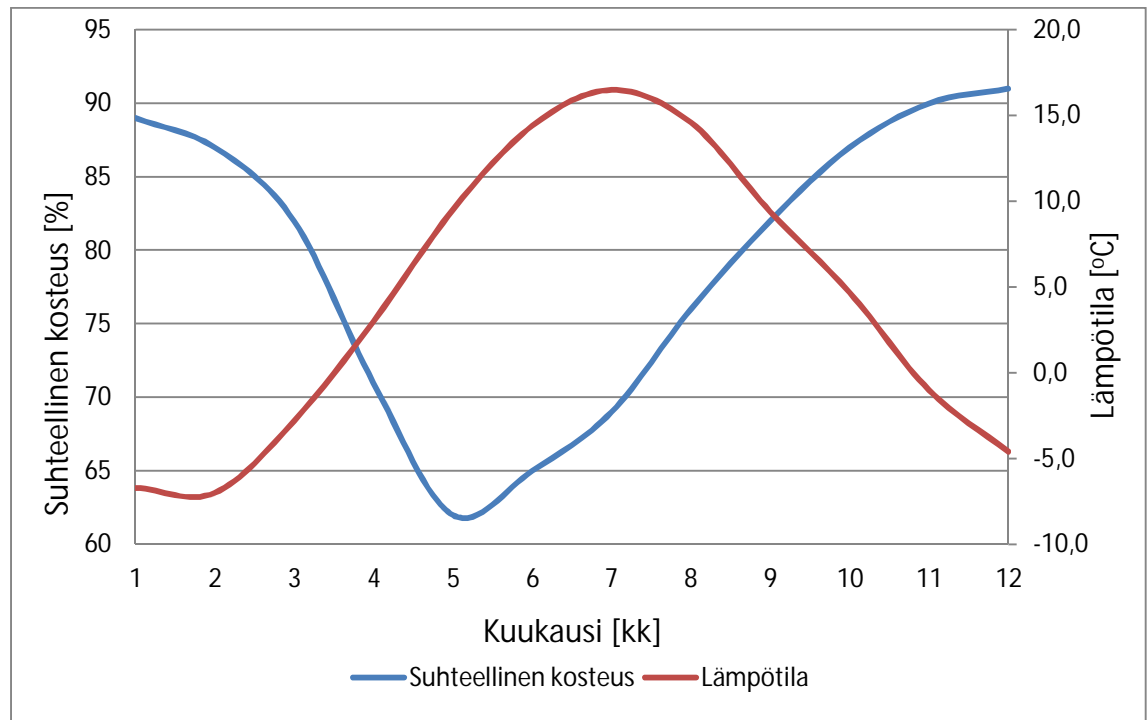
**Taulukko 2.1.** Betonissa oleva ylimääräinen vesi betonin lujuuden mukaan jaoteltuna (Kokki & Mäkelä 1982).

Betonin lujuusluokka	Betonissa oleva ylimääräinen vesi [l/m <sup>3</sup> ]
K15	115
K25	90
K40	70

Kokin ja Mäkelän (1980) empiiristen tutkimusten mukaan paikalla rakennetun asuinkerrostalon lämmittämiseen ja kuivattamiseen kuluu lämmitysenergiaa 30–50 kWh/Rm<sup>3</sup>, eli 2-3 kWh/(Rm<sup>3</sup>viikko) lämmityksen keston ollessa 4-6 kuukautta ja ajoituksessa kylmään vuodenaikaan. Tämä on noin puolet rakennustyömaan koko energiankulutuksesta. Mittausten mukaan sisävalmistusvaiheessa ilmanvaihtuvuus lämmityksen alkuvaiheessa on keskimäärin 2–3 krt/h sisälämpötilan ollessa +5 – +10 °C ja loppuvaiheessa 1–1,5 krt/h sisälämpötilan ollessa +15 – +20 °C. Rakennuksen rungon ollessa elementtirakenteinen on kuivatustarve huomattavasti pienempi. Teoreettisesti laskien, rakennuksen rungon ollessa paikalla rakennettu, ilmanvaihdon tarve talvella kosteuden poistamiseksi ja sisätilan suhteellisen kosteuden pitämiseksi alle 50 % on ensimmäisenä lämmityskuukautena 1–1,5 krt/h, kun oletetaan sisälämpötilan olevan +5 – +10 °C. Seuraavina kuukausina ilmanvaihdon tarve on 0,5–1 krt/h, sisälämpötilan ollessa 10–20 °C.

Haihtuminen on sitä tehokkaampaa mitä korkeampi lämpötila on. Ilmanvaihdosta on pidettävä huolta, jotta suhteellinen kosteus ei pääsisi nousemaan liian korkeaksi. Tuuletusilman mukanaan kuljettama vesimäärä on suurimmillaan silloin kun ilma vaihtuu 4-6 krt/h, ulkoilman lämpötilan ollessa -10 C°. Lämpötilan ollessa korkeampi voi ilman vaihtuminen olla nopeampaa. Haihtumisnopeus alkaa voimakkaasti hidastua suhteellisen kosteuden alentuessa riittävän alas. Esimerkiksi lämpötilassa +20 °C haihtumisnopeus alkaa hidastua voimakkaasti suhteellisen kosteuden alittaessa 50 %. Lämpötilan ollessa +30 °C voimakas hidastuminen alkaa suhteellisen kosteuden ollessa noin 70 %. 4-6 krt/h ilmanvaihto on usein taloudellisin ilmanvaihdon määrä. (Talvilisäkustannukset talonrakennustyömailla.)

Suomessa sääolot vaihtelevat vuoden periodilla paljon, erityisesti lämpötilan osalta. Kuvassa 2.5 ovat kuukauden keskilämpötilat ja suhteelliset kosteudet Tampereella vuosina 1971–2000 (Liite 1)



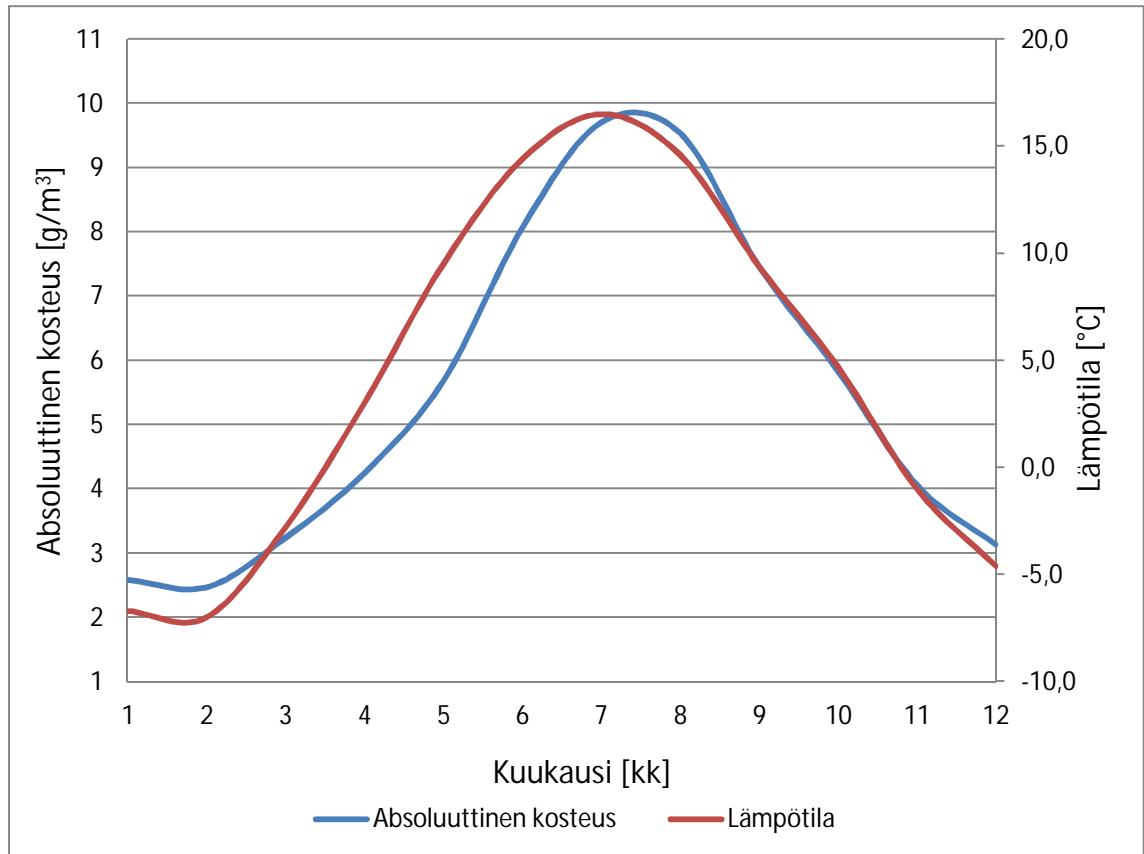
**Kuva 2.5.** Suhteellinen kosteus ja lämpötila. Arvot ovat kuukausikeskiarvoja Tampereelta vuosilta 1971–2000. Kuukausien keskilämpötila vaihtelee  $-7\text{ °C}$  ja  $+17\text{ °C}$  asteen välillä. Suhteellinen kosteus vaihtelee  $62\%$  ja  $91\%$  välillä. (Liite 1.)

Talvella suhteellinen kosteus on korkea, mutta lämpötilasta johtuen absoluuttinen kosteus on matala. Kuvassa 2.6 on esitetty kuukauden keskimääräiset absoluuttiset kosteudet. Absoluuttinen kosteus voidaan laskea kaavalla 1.

$$v_k = 4,85 + 3,47 * \left(\frac{T}{10}\right) + 0,945 * \left(\frac{T}{10}\right)^2 + 0,158 * \left(\frac{T}{10}\right)^3 + 0,0281 * \left(\frac{T}{10}\right)^4 \quad (1)$$

$$v_k = \text{Absoluuttinen kosteus [g/m}^3\text{]}$$

$$T = \text{Lämpötila [°C]}$$



**Kuva 2.6.** Absoluuttinen kosteus. Arvot ovat kuukausikeskiarvoja Tampereelta vuosina 1971–2000. Arvot on laskettu kuukausittaisten keskiarvolämpötilojen ja suhteellisten kosteuksien avulla. Laskentatapa aiheuttaa tuloksiin virhettä. Arvot ovat suuntaantavia. (Liite 1.)

Rakennuksen kuivattamisen periaatteena tulee olla, että rakennuksesta poistuu mahdollisimman paljon kosteutta mahdollisimman vähäisellä lisäilman lämmityksellä. Rakennuksen lämmityksen aloittamisessa ja toteuttamisessa sekä lämpösuojauksen järjestämisessä tulee Kokin ja Mäkelän (1982) mukaan noudattaa seuraavia periaatteita:

1. Rakennuksen sisätilojen lämmittäminen erillisellä lämmittimellä ja/tai lopullisella lämmitysjärjestelmällä aloitetaan vasta, kun lämpösuojaustoimenpiteet mahdollistavat lämpötilan kohoamisen ja pysymisen rakennuksessa.
2. Ulkopuolisten aukkojen tarve rakennustarvikkeiden sisäänotossa suunnitellaan ja estetään niiden kautta rakennuksen jäähtyminen rakentamalla ”tuulikaapit”.
3. Sisäolosuhteita tarkkaillaan ja kosteus poistetaan tuulettamalla tai ilmakeiväajilla. Kuivuminen nopeutuu lämpötilan kohotessa ja suhteellisen kosteuden alentuessa. Sisätilan suhteellisen kosteuden alentaminen alle 50 % ei edistä kuitenkaan enää kuivumista.
4. Ikkunat, parvekkeen ovet, porrashuoneen ulko-ovet ja mahdolliset muut aukot suljetaan aina huolella.
5. Erillisten lämmittimien ja ilmakeiväajien käyttö ja lopullisen lämmitysjärjestelmän päällekytkentäkohdat suunnitellaan välitavoitteineen.

6. Sisätiloja osastoimalla vähennetään ilmavirtauksia rakennuksen sisällä ja estetään lämpimän kostean ilman kulkeutuminen ja tiivistyminen rakennuksen kylmiin yläosiin.
7. Ilmakuivaajien taloudellinen käyttö edellyttää, että kuivattava tila on hyvin suljettu. Tilan tulee olla myös lämmitetty. Ilmakuivaajien käyttö on perusteltua saateisina ja lämpiminä aikoina syksyllä, kun niiden käytölle asetettavat vaatimukset on otettu huomioon huonosti tuulettuvissa tiloissa, esimerkiksi kellareissa, ja erikoistöissä.

## 2.4 Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu

### 2.4.1 Lämmitys

Tavanomaisissa olosuhteissa perustusvaiheen energiankulutus on ollut noin 50–200 kWh/jäätynyt maapohja-m<sup>2</sup>, roudan syvyyden ollessa noin 1 metri. Lumi on hyvä lisäeriste routasuojaukseen. Kun routasuojaus toteutetaan vastuslangoilla, riittävä teho vastuslangoilla on noin 20–50 W/m lisäsuojauksesta, lankavälistä ja lankojen sijainnista riippuen. (Kokki & Mäkelä 1980.)

Rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä pyritään kytkemään mahdollisimman nopeasti rungon edistymisen ja julkisivujen valmiuden mukaan. Aukkojen lämpösuojaukset kuitenkin tulee olla kunnossa (Kokki & Mäkelä 1980). Kokin (1980) mukaan kosteuden poistumisen kannalta syksy on ongelmallisin vuodenaika.

Asuinkerrostalotyömaalla rakennusajan ollessa 9–12 kk kulutetaan energiaa mittausten mukaan 30–130 kWh/Rm<sup>3</sup>. Työmaarakennusten lämmittämiseen asuinkerrostalotyömaalla kuluu mittausten mukaan lämmitysenergiaa 5–15 % työmaan koko energiankulutuksesta rakennustyön ajoituksessa lämmityskaudelle (Kokki & Mäkelä 1980).

### 2.4.2 Kuivatus

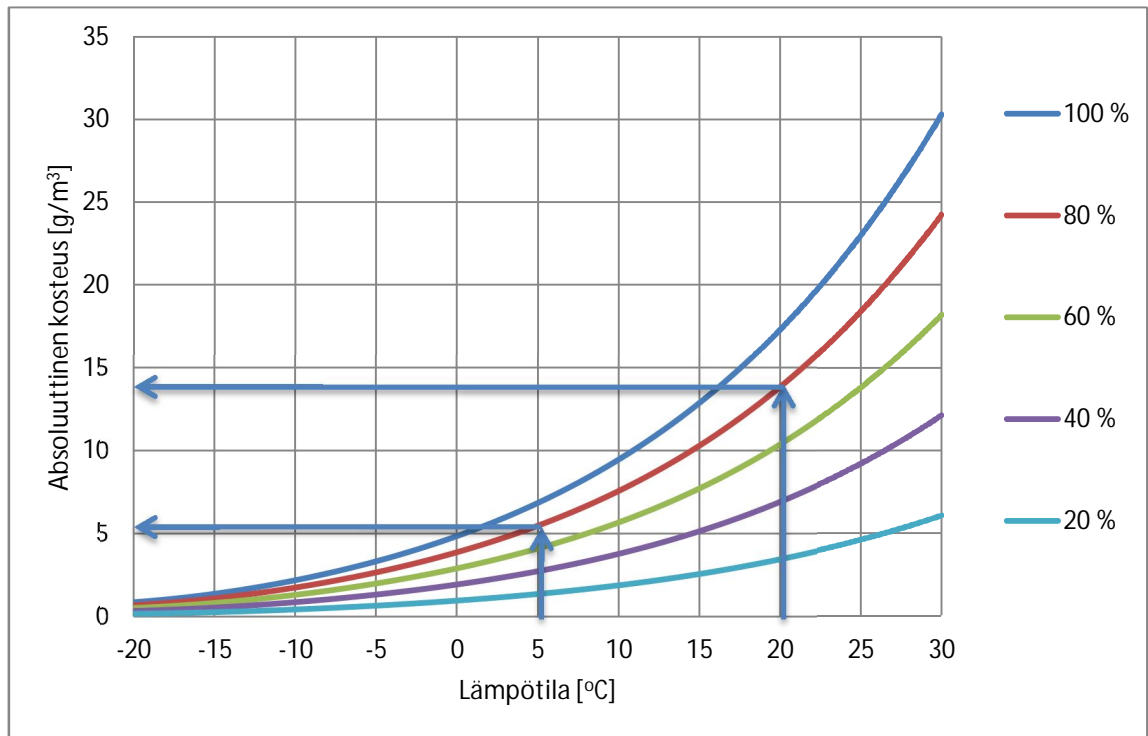
Ilman vaihtuvuudella on suuri merkitys rakenteiden kuivumisen kannalta. Ilman vaihtuvuuden ollessa liian pieni rakenteet eivät ehdi kuivua riittävästi ennen pinnoitusta. Ilman vaihtuvuuden ollessa liian suuri energiaa kuluu tarpeettomasti. Tuulen nopeuden ollessa 3 m/s ja sisä- ja ulkolämpötilojen eron ollessa 15 °C ilman vaihtuvuus ikkunoiden kiinni ollessa on noin 0,4 krt/h. Yhden ikkunan ollessa auki 10 cm nousee ilman vaihtuvuus noin arvoon 1,5 krt/h. Kaksi vastakkaisilla puolilla puoliksi avonaista ikkunaa nostaa ilman vaihtuvuuden arvoon 10 krt/h. (Kokki & Mäkelä 1982.) Ilmanvaihto tulee mitoittaa ja toteuttaa niin, että kosteutta poistuu mahdollisimman paljon mahdollisimman pienellä lisäenergiantarpeella.

Pientämällä rakennuksen ilmanvaihtoa 0,5 krt/h sisälämpötilan pysyessä samana säästetään lämmitysenergiaa 10–20 %. Jokainen rakennusaikaa lyhentävä viikko sisävalmistusvaiheessa säästää lämmitysenergiaa 2–3 kWh/(Rm<sup>3</sup>viikko) lämmityskautena. Julkisissa rakennuksissa lämmitysenergian säästöt ovat todennäköisesti edellä mainittu-



ja arvoja suuremmat, mikäli lämmityksen ja lämpösuojauksen suunnittelu ja järjestäminen ovat hyvin toteutettuja. (Kokki & Mäkelä 1980.)

Kuvassa 2.7 on esitetty ilman sisältämä kosteus eri lämpötiloissa. Ylin käyrä kuvaa kaavaa 1, eli tilannetta jolloin suhteellinen kosteus on 100 %. Kuvassa 2.7 on esitetty käyrät viidelle suhteellisen kosteuden arvolle alkaen 20 %, jatkuen 20 prosenttiyksikön välein 100 % asti.



**Kuva 2.7.** Absoluuttisen kosteuden ja lämpötilan välinen suhde erilaisilla suhteellisilla kosteuksilla. Lämpötilan ollessa +5 °C ja suhteellisen kosteuden 80 % on ilmassa noin 5,5 g/m<sup>3</sup> ja lämpötilan ollessa +20 °C ja suhteellisen kosteuden 80 % on ilmassa kosteutta noin 13,8 g/m<sup>3</sup>.

Lämpötilan ollessa alle 0 °C ilmassa on aina alle 5 g/m<sup>3</sup> kosteutta. Tämä tarkoittaa sitä, että talvella ilma on kuivaa verrattuna kesän olosuhteisiin.

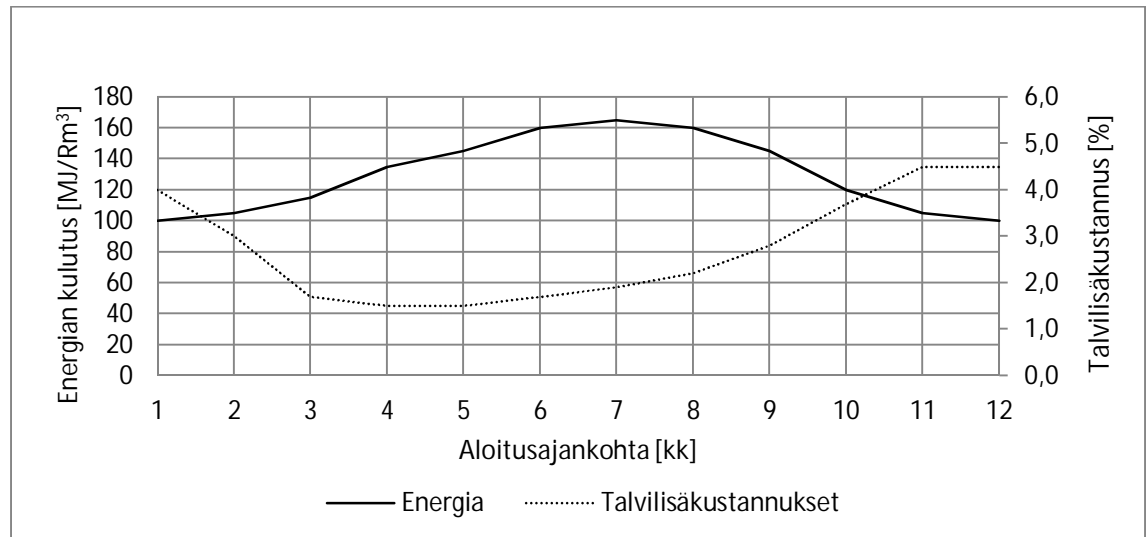
### 2.4.3 Talvityöt

Talvesta johtuva kustannuslisä kerrostalotyömaalla saattaa olla perustusvaiheessa noin 13,0–15,0 % perustusvaiheen kustannuksista verrattuna kesään. Runkotyövaiheessa lisä on noin 5,5–7,5 % ja sisätyövaiheessa noin 3,3–3,7 %. (Ratu C8-0377 2010.)

Energiakustannusten lisääntyminen aiheutuu lämmityksen ja kuivatuksen lisääntymisestä, lumen ja jään sulatuksesta ja lisääntyneestä valaistuksen tarpeesta. Koneista aiheutuvat kustannukset syntyvät siitä, että talvella tarvitaan erilaisia koneita kuin kesällä. Esimerkiksi routa aiheuttaa koneille suuremman tehontarpeen. Rakennusaika pitenee talven johdosta. Talvilisätyöt tuovat oman lisänsä aikaan. Lisäksi aikaa pidentää pakkas-

rajat ja talvilomat. Kokonaistyöaika voidaan pidentää kasvattamalla työryhmien määrää. (Ratu C8-0377 2010.)

Talvikustannusten määrittämiseen tarvitaan tietoja rakennuskohteesta, ajoituksesta, suunnitelmista ja paikkakunnasta. Kuvassa 2.8 on esitetty asuinkerrostalon aloitusajan kohdan vaikutus talvilisäkustannuksiin ja työmaan energiankulutukseen. Edullisin lämmitysvaihtoehto valitaan vaihtoehtolaskelmien perusteella. Talviolosuhteiden aiheuttama energian tarve on merkittävä. (Ratu C8-0377 2010.)



**Kuva 2.8.** Asuinkerrostalon aloitusajankohdan vaikutus talvilisäkustannuksiin ja energian kulutukseen (Kokki & Mäkelä 1980).

Talvilisäkustannuksiin voidaan vaikuttaa hankkeen ajoituksella, käytettävällä tuotantotekniikalla, suunnitelmilla sekä hankkeen sisäisellä ajoituksella. Myös työmaalla voidaan vaikuttaa talvilisäkustannuksiin esimerkiksi suojaamalla materiaalit hyvin. Hankkeen ajoitus kustannuksiin tulee huomioida kustannuksia laskettaessa. Kriittisimmät työvaiheet tulisi ajoittaa kesään. Pienissä hankkeissa talvilisäkustannusten osuus kaikista kustannuksista on suhteessa suurempi verrattuna suurempiin hankkeisiin. Tuotantotekniikasta aiheutuvat talvilisäkustannukset aiheutuvat pääasiassa paikkavalettavien töiden aiheuttamista lämmitysenergiakustannuksista. Esivalmistusasteen ollessa korkeampi talven vaikuttavuus kustannuksiin vähenee. Rakennerratkaisuja suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon talven erityispiirteet rakentamiseen. Lumi tulisi poistaa mekaanisesti, koska sulatuksesta syntyvä vesi aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia kuivattamisen muodossa. Pidempiaikaisessa työkohteessa sääsuojien käyttö on järkevää. Lämmityksen ja kuivauksen kannalta tehontarpeen määrittäminen on tärkeää. Lisäksi rakenteiden tulisi olla tiiviitä ja eristäviä. Kosteuden poistumisesta tulee silti huolehtia. Liiallisen tai liian pienen lämmityksen seuranta tapahtuu mittauksin. (Ratu C8-0377 2010.)

Oy Rastor Ab on tutkinut 1950-luvulla talvilisäkustannusten määrää suhteessa rungon valmistuspäivämäärään. Suurimmat kustannukset ovat silloin, kun runko on valmis helmi-maaliskuulla. Tämä jälkeen kustannukset tippuvat jyrkästi alaspäin, johtuen sisätöiden ajoittumisesta kesälle. Pienimmät talvilisäkustannukset ovat silloin, kun run-

ko on valmis kesäkuussa. Pienimmän ja suurimman lisäkustannuksen ero on kolminkertainen. (Talvilisäkustannukset talonrakennustyömailla.)

Rakentamisajankohdalla on merkittävä vaikutus talvilisäkustannuksiin. Lisäksi pakasmäärällä on vaikutusta kustannuksiin (Talvilisäkustannukset talonrakennustyömailla). Rakennustyöt myöhästyvät usein joko huonon työnjohdon tai häiriöiden johdosta (Chester & Hendrickson 2005). Ennakointi tuotannon suunnittelussa kannattaa, sillä talvi lisää riskiä häiriöihin ja tätä kautta myös myöhästymisen riskiä.

#### **2.4.4 Tuotannon suunnittelu**

Liian lyhyt tai liian pitkä rakennusaika voivat aiheuttaa merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Tästä syystä rakennusajan oikea arviointi on ensiarvoisen tärkeää. Stoy et al. (2007) mukaan Saksassa talvi hidastaa rakennusnopeutta noin 30 %. (Stoy et al. 2007.) Rakennusprojektin myöhästyminen lisää urakoitsijan kustannuksia ja tätä kautta pienentää urakoitsijan katetta ja huonontaa mainetta (Bromilow & Henderson 1976; Ng et al. 2001 mukaan).

Projektin myöhästyminen voi aiheuttaa kustannusylitystä sekä riitoja tilaajan ja urakoitsijan välillä. Rakennussektorilla on tarvetta ennustaa rakennusaika entistä luotettavammin (Chan & Kumaraswamy 2002).

Tanhuanpää et al. (1999) tutkimuksen perusteella on mahdollista saada säästöjä sekä ajassa että kustannuksissa. Tutkittava hanke oli noin 7 000 m<sup>2</sup>, 26 000 m<sup>3</sup> toimistorakennushanke. Esimerkkihankkeessa häiriöiden vähentäminen säästi ajassa viikon ja kustannuksissa noin 1,02 % hankkeen työkustannuksista. Tuoteosien kehittäminen säästi ajassa 1,5 viikkoa ja kustannuksissa noin 2,87 % hankkeen työkustannuksista. Rakentamisjärjestys säästi ajassa 3,5 viikkoa ja kustannuksissa 2,05 %. Logistiikalla saavutettiin kahden viikon ja 1,84 % säästöt. Lattiatasotteilla säästöä ajassa syntyi yksi viikko ja kustannuksissa 0,61 %. Integroidulla suunnittelulla säästöä ajassa syntyi kaksi viikkoa ja kustannuksissa 0,61 %. Asiakastarpeiden hallinnalla säästöä syntyi ajassa viikko ja kustannuksissa 0,82 %. Kaikilla toimenpiteillä saavutettiin yhteensä 3 kuukauden aikasäästö ja kustannuksissa säästy 9,84 % hankkeen työkustannuksista. Tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että yhden kuukauden aikasäästöllä voidaan saavuttaa 3 % säästö rakentamisen työkustannuksista. Tutkimustuloksia on selvennetty taulukossa 2.2. Näiden kustannussäästöjen lisäksi aikaistuneet vuokratuotot tuovat merkittävästi lisää tuloja (Tanhuanpää et al. 1999.)

**Taulukko 2.2.** *Esimerkki toimistorakennushankkeen säästömahdollisuuksista. Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että yhden kuukauden aikasäästöllä säästetään työkustannuksista noin 3 %. (Tanhuanpää et al. 1999.)*

	Säästö työkustannuksista	Säästö viikoissa
Häiriöiden vähentäminen	1,0 %	1
Tuoteosien kehittäminen	2,9 %	1,5
Rakentamisjärjestys	2,1 %	3,5
Logistiikka	1,8 %	2
Lattiatasoitteet	0,6 %	1
Integroitu suunnittelu	0,6 %	2
Asiakastarpeiden hallinta	0,8 %	1
Yhteensä	9,8 %	12

Tanhuanpään et al. (1999) tutkimuksen pohjalta voidaan sanoa, että rakennustyömailla on potentiaalia säästää sekä ajassa että kustannuksissa.

Aikasidonnainen kustannus tarkoittaa sitä, että kustannus on riippuvainen ajasta, eli 100 % aikasidonnainen kustannus nousee tai laskee suoraan verrannollisesti aikaan. Rakentamisaajan lyheneminen säästää hankkeen aikasidonnaisia kustannuksia. Lisäksi rakentamisaikaiset korkokulut alenevat. (Tanhuanpää et al. 1999.) Tuottoja tulee myös rakennuksen aikaisemman käyttöönoton ansiosta. Tanhuanpää et al. (1999) mukaan esimerkkikohteen rakentajalle aiheutuvat aikasidonnaiset kustannukset ovat noin 10 % seurantakohteen kokonaiskustannuksista. Taulukossa 2.3 on listattuna Talo 90 nimikkeistön aikasidonnaiset nimikkeet.

**Taulukko 2.3.** Talonrakentamisen kustannusten aikasidonnaisuus Talo 90 nimikkeistön mukaan jaoteltuna. Suluissa oleva prosentti tarkoittaa kustannusten aikasidonnaisuuden määrää kaikista kustannuksista. (Kiviniemi 1996.)

	Suoraan aikasidonnaiset nimikkeet	Osittain aikasidonnaiset nimikkeet	Aikasidonnaiset nimikkeet
C11 Työnjohto	(100 %)		
C12 Työmaatoimisto	(100 %)		
C13 Varaston hoito	(100 %)		
C15 Vartiointi	(100 %)		
C18 Luottamustoimet ja työterveyden huolto	(100 %)		
C27 Majoitustilat	(100 %)		
C34 Työmaatilojen hoito	(100 %)		
C37 Työnaikainen siivous	(100 %)		
C39 Työnaikaiset korjaukset	(100 %)		
C91 Työmaan vakuutukset	(100 %)		
C92 Vakuutuskulut ja sopimussakot	(100 %)		
C97 Työkalukorvaukset	(100 %)		
C98 Matkakorvaukset	(100 %)		
C19 Työsuojelu ja työturvallisuus		(90 %)	
C21 Työmaarakennukset		(80–90 %)	
C23 Aitaus ja mainoskilvet		(20 %)	
C25 Työnaikaiset sähkötyöt		(-)	
C26 Viestintälaitteet		(-)	
C33 Rakennusten suojaus		(30–60 %)	
C35 Työmaakuljetukset		(10–30 %)	
C36 Liikenteen hoito ja ohjaus		(70 %)	
C41 Työmaalla tuotettu energia		(-)	
C42 Sähkö		(70–80 %)	
C43 Vesi		(70–80 %)	
C62 Työkalut ja välineet		(10–30 %)	
C71 Mittaukset		(-)	
C44 Kaasu			(70–80 %)
C45 Polttoaineet			(70–80 %)
C46 Kaukolämpö			(80 %)
C51 Torninosturi			(-)
C53 Rakennushissit			(90 %)
C54 Telineet			(65–70 %)
C61 Työkoneet			(100 %)
C81 Lumi- ja jäätyöt			(100 %)
C84 Lämmitys ja kuivatus			(90 %)
C96 Rakennusalueen vuokrat			(-)

Hankkeen käynnistäminen talvella lisää hankkeen talvilisäkustannuksia. Hankkeen laajuuden ja keston kasvaessa ajoituksen kustannusvaikutus pienenee, koska jokin rakennusvaihe osuu silloin aina talvelle. (Tanhuanpää et al. 1999.)

## 3 TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN SUORITUS

### 3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä tutkimuksessa on käytetty kirjallisuusselvitystä ja haastattelututkimusta. Haastattelututkimuksella on mahdollista selvittää vastausten takana olevia motiiveja ja taustatietoja, joten vastauksille saadaan samalla kerättyä selittäviä tekijöitä paremmin kuin esimerkiksi lomaketutkimuksessa. Haastattelussa tapahtuva vuorovaikutus auttaa haastattelijaa ymmärtämään vastausten todellisen merkityksen. Haastattelun epäedullisena puolena on se, että haastateltavien asenteet saattavat vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. (Hirsjärvi & Hurme 2009.) Haastattelijan ammattitaitoa on havaita haastateltavien asenteet ja huomioida se tuloksien käsittelyssä.

Yksi syy haastattelututkimukseen päätymiseen oli oletamus, että tutkimuksen aihealue tuottaa monitahoisia vastauksia. Lisäksi haastattelulla voidaan helposti syventää haastattelijan tietoutta aiheesta. Kolmantena argumenttina haastattelun puolesta on mahdollisuus saada selville myös arkaluontoisempia kysymyksiä. Viimeisen argumentin onnistumiseen haastattelijalta kuitenkin vaaditaan herkkyyttä tilanteen tulkitsemiseen. Hyvä haastattelija osaa toimia intuitionsa mukaisesti ja voi poiketa normaalikaavoista tai haastattelurungosta. (Hirsjärvi & Hurme 2009.)

Tutkimuksessa käytetty haastattelutekniikka oli puoliavoinhaastattelu tai toiselta nimeltään teemahaastattelu. Teemahaastattelussa haastattelijalla on kysymysrunko valmiina haastatteluun lähdeittäessä, mutta haastateltavasta ja vastauksista riippuen haastattelija voi viedä kysymystä pidemmälle tai toisaalta ohittaa kysymyksen, jos käy ilmi, että haastateltavalta ei löydy tietoa kysytystä aiheesta. Näin ollen teemahaastattelu on lähempänä strukturoimatonta kuin strukturoitua haastattelua. Teemahaastattelussa on olennaisinta edetä teemojen, ei niinkään yksittäisten kysymysten mukaan. (Hirsjärvi & Hurme 2009.)

Haastattelun aikana haastattelija tekee tarkentavia lisäkysymyksiä haastateltavan antamien vihjeiden perusteella. Näin varmistutaan siitä, että ymmärretään mitä haastateltava tarkoittaa. Haastattelijan tulee olla ottamatta kantaa haastattelun aihealueisiin eikä haastattelija saa omilla ilmeillään tai eleillään osoittaa mielipiteitään. Joskus voi kuitenkin olla tarpeen ottaa kantaa keskusteluun, jotta haastattelun jatkaminen olisi mahdollista. Haastatteluissa on myös joskus järkevää antaa haastateltavalle käyttökelpoista tietoa tutkitusta aiheesta, jotta haastateltava kokee myös itse hyötывänsä haastattelutilanteesta ja tutkimuksen tuloksena syntyvästä raportista. Tutkija ei kuitenkaan saa unohtaa rooli-

aan tutkijana. (Tamminen 1993.) Tutkijan rooli on tutkia aihetta ja raportoida tutkimustulokset objektiivisesti.

### 3.2 Tutkimuksen suoritus

Kirjallisuusselvitys toteutettiin laajalla perspektiivillä, jotta tutkimusalueesta saataisiin mahdollisimman kattava kokonaiskuva. Kirjallisuusselvityksen loppuvaiheessa tutkimusongelma tarkentui ja voitiin arvioida, millä keinoilla on mahdollista päästä tutkimuksen tavoitteisiin. Toisena tutkimusmenetelmänä päädyttiin käyttämään haastattelu-tutkimusta.

Kirjallisuusselvitys aloitettiin tammikuussa 2011 ja kirjallisuusselvityksen aktiivinen vaihe saatiin päätökseen toukokuussa 2011. Haastatteluja kertyi yhteensä 13 kappaletta. Haastatteluilla pyrittiin saamaan sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tietoa tutkimuksen aihealueesta. Haastatteluiden tärkeimmistä asioista koottiin yhteenvetotaulukko. Kirjallisuusselvityksen ja haastattelujen pohjalta muodostettiin kosteudenhallintaa kuvaava prosessikaavio ja suoritettiin esimerkkilaskut, joiden avulla pyritään arvioimaan sääsuojauksen ja lämmityksen kannattavuutta.

Laskentaesimerkeissä kuivumisaikojen laskennassa käytettiin Lassilan (2011) kandidaatintyössä käyttämää Microsoft Excel-laskentapohjaa. Kustannusvaikutuksia arvioidessa käytettiin apuna taulukkoa 2.3 (Kiviniemi 1996). Työtehon parantumista arvioitiin Tanhuanpää et al. (1999) tekemiin säästömahdollisuuksiin pohjautuen. Tapaturmien kustannusvaikutuksia selvitettiin sähköpostikeskusteluin Jukka Hämäläisen ja Timo Ristamäen kanssa. Tapaturmien määrät olivat realistisia oletuksia mahdollisista tapaturmista. Sääsuojauksen ja lämmityksen kustannuksia arvioitiin Lassilan (2011) Microsoft Excel-laskentapohjaa käyttäen. Hinnoittelussa käytettiin Konevuokraus hinnastoa (2010) ja sähkönhintana sähkön kuluttajahintaa kesällä 2011. Sääsuojien asennus- ja vuokrakustannuksia arvioitiin sähköpostikeskusteluissa Laitisen (2011) ja Hämäläisen (2011) kanssa. Laskennassa käytetyt ilmasto-olosuhteet perustuivat tilastoihin (Suomen tilastollinen vuosikirja 2008). Sisätilan ilmasto-olosuhteet ilmoitettiin vakioiksi laskentaperiodille laskennan helpottamiseksi. Laskennassa ei huomioitu imagon parantumisen kustannusvaikutuksia.

## 4 TEEMAHAASTATTELU

### 4.1 Teemahaastattelun suoritus

Tutkimuksen haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina lukuun ottamatta yhtä poikkeusta, joka toteutettiin parihaastatteluna. Haastateltavat työskentelivät pääasiassa eri yrityksissä, joka aiheutti päätyämisen yksilöhaastatteluun. Etuina yksilöhaastattelussa on käytännönjärjestelyjen helpompi toteutus ja toisaalta haastateltavat antavat vastauksia avoimemmin, kuin jos heidän kilpailijansa olisivat samassa haastattelutilaisuudessa. Saman yrityksen sisällä parihaastattelu toimi kuitenkin hyvin. Parihaastattelussa haastateltavien vastaukset saivat aikaan tutkimuksen kannalta positiivista keskustelua tutkimuksen aihepiiristä.

Haastateltavia ryhmiä tutkimuksessa oli neljä: vuosikorjaajat, vakuutusyhtiöt, tavarantarkastajat ja korjausurakoitsijat. Korjausurakoitsijoita haastateltaessa pyrittiin selvittämään, kuinka paljon työmaasta johtuvia kosteusvaurioita tulee korjausurakoitsijoiden korjattavaksi. Tärkeä osa haastattelua oli selvittää kosteusvaurioiden kustannuksia ja keinoja vahinkojen ehkäisyyn. Haastattelujen tavoitteena oli löytää kosteusvaurioiden syitä ja kartoittaa erityisesti työmaasta johtuvien kosteusvaurioiden syitä.

Tavarantarkastajien haastatteluissa tärkein tavoite oli selvittää, mitä toimeksiantoja kosteusasioihin liittyen tavarantarkastajille tulee. Tavarantarkastajilta kysyttiin kosteusvaurioiden syitä, kustannuksia ja keinoja kosteusvaurioiden ehkäisyyn.

Vuosikorjaajien haastatteluilla pyrittiin selvittämään, kuinka paljon ja minkä tyyppisiä kosteuteen liittyviä ongelmia tulee vuosikorjausten puolella vastaan ja mitkä näistä ongelmista liittyivät työmaasta tai urakoitsijasta johtuvista virheistä. Tämän lisäksi heiltä kysyttiin, millaisia kustannuksia kosteusvauriot aiheuttavat vuosikorjauksissa. Viimeisenä aihealueena kysyttiin keinoja kosteusvaurioiden ehkäisyyn.

Vakuutusyhtiöiden haastattelulla pyrittiin selvittämään, millaisia kosteusvaurioita haastateltavat vakuutusyhtiöt vuositason korvaavat ja mitkä syyt ovat aiheuttaneet nämä vahingot. Tämän lisäksi heiltä kysyttiin kosteusvauriokorjauksen kustannuksista ja keinoja ehkäistä kosteusvaurioita.

Haastattelu rakentui teemojen varaan. Pääteemoja haastattelussa oli neljä: *perustiedot yrityksestä, kosteusvaurioiden tyypilliset syyt, kustannukset kosteusremontissa ja vahinkojen ehkäisy*. Haastateltavat ja haastattelun runko löytyvät liitteistä 2 ja 3.

*Perustiedot yrityksestä* teemalla pyrittiin selvittämään haastateltavan yrityksen kokoa ja sen suhtautumista kilpailijoihin markkina-alueellaan. *Perustiedot yrityksestä* teeman avulla pyrittiin selvittämään vastausten merkitys suhteessa markkinoihin. Samalla pyrittiin myös tutustumaan haastateltavaan ja luomaan luottamusta haastattelijan ja haastateltavan välille.



*Kosteusvaurioiden tyypilliset syyt* teemalla pyrittiin selvittämään nimensä mukaisesti kosteusvaurioiden syitä. Erityisesti työmaan tai urakoitsijan toiminnasta aiheutuvat kosteusvauriot olivat kiinnostuksen kohteina. Kosteusvauriotapausten määrä oli tärkeä tieto, jotta saatiin selville, kuinka yleinen ongelma todellisuudessa on. Kosteusvaurioiden suunnitteluun ja valvontaan liittyvillä kysymyksillä pyrittiin selvittämään nykykäytäntöjä ja sitä olisiko niissä parantamisen varaa. Kosteusvaurioiden syiden jakautumista kysyttäessä pyrittiin selvittämään, onko haastateltavilla samanlaiset näkemykset kosteusvaurioiden aiheuttajista ja toisaalta pyrittiin selvittämään, mistä ongelmat lähtevät liikkeelle.

*Kustannukset* teeman alla selvitettiin kosteusvaurioiden kustannuksia yleisesti ja erityisesti työmaan tai urakoitsijan toiminnasta johtuvien kosteusvaurioiden kustannuksia ja määriä vuositasolla. Tärkeä asia oli selvittää myös kosteusvauriokorjausten kestot.

*Vahinkojen ehkäisy* teeman alla etsittiin tietoa ja keinoja kosteusvaurioiden ehkäisyyn ja keinoja, millä nykyisiä toimintatapoja voitaisiin kehittää. Tämän lisäksi pyrittiin selvittämään, kuinka kosteusasioista tulisi viestiä ja kuinka rakennusprojektin eri osapuolet voisivat parantaa rakentamisen laatua. Haastateltavilta kysyttiin myös mahdollisia riskirakenteita ja mielipide muutaman ennalta arvioidun rakennetyypin, esimerkiksi kellarin ja sandwich-elementin, riskialttiudesta. Rakennetyypeissä kiinnosti se, kuinka lähellä eri haastateltavien vastaukset ovat ja löytyykö haastatteluissa jotain tiettyä rakennetyyppeä, joka toistuisi haastateltavien välillä.

#### **4.1.1 Kosteusvaurioiden tyypilliset syyt**

Kosteusvaurioiden syistä selkeästi tyypillisimmäksi syyksi nousivat putkivuodot kaikkien haastateltavien ryhmien mielestä. Putkivuodot ovat myös tyypillisin työmaan tai urakoitsijan toimesta aiheutuva kosteusvaurion aiheuttaja. Putkivuodot johtuvat sekä asennus- että materiaalivirheistä. Korjausurakoitsijat mainitsivat erityisesti ongelmat astianpesukoneiden kohdalla. Korjausurakoitsijoiden ja tavarantarkastajien mielestä myös vedeneristyksessä esiintyvät ongelmat johtuvat työmaan toiminnasta. Vesikattovuodot ovat myös tyypillinen kosteusvaurioiden aiheuttaja haastateltavien mielestä. Vesikattovuodot johtuvat tyypillisesti huolimattomasti tehdyistä kattoläpivienneistä työmaalla. Vuosikorjaajat mainitsivat työmaan toiminnasta aiheutuneiksi kosteusvaurion aiheuttajiksi ontelovedet sekä viemäriasennuksessa ilmenevät ongelmat. Korjausurakoitsijat pitivät myös kuivumisaikoja riittämättöminä. Vakuutusyhtiöille tulee myös jonkin verran korvauspyyntöjä sade- ja sulamisvesistä aiheutuneista kosteusvaurioista.

Vakuutusyhtiöille tulleista kosteusvauriotapauksista suurin osa johtui käyttöään päättymisestä. Muut haastateltavat ryhmät olivat karkeasti sitä mieltä, että suurin osa kosteusvaurioista johtuu rakentamisesta. Tosin arviot syiden jakaantumisesta olivat suurella vaihteluvälillä.

#### 4.1.2 Kosteusvaurioiden kustannukset

Tyypillinen kosteusvaurion korjauskustannus vuosikorjaajien ja korjausurakoitsijoiden mukaan on noin 2 000–14 000 €. Vakuutusyhtiöille tulevat korjaukset ovat tyypillisesti 5 000–50 000 €. Tavarantarkastajille ei varsinaisia korjauksia tule vastaan, mutta konsultoinnin muodossa kosteusvauriot tuovat tavarantarkastajille vuositasolla 150 000–200 000 €. Kaikki haastateltavat mainitsivat, että kosteusvaurioiden kustannukset ovat todella laajalla vaihteluvälillä. Vuosikorjaajilla kosteusvaurio tapauksia on vuositasolla noin 5–20 kappaletta. Taloudellisessa mielessä tämän on noin 20 000–200 000 €. Korjausurakoitsijoiden kaikista kosteusvauriotoimeksiannoista noin 10 % aiheutuu työmaan tai urakoitsijan toiminnasta.

Haastateltavien mukaan korjaukset kestävät viikosta kuuteen kuukauteen. Tavarantarkastajien mukaan korjaukset kestivät korkeintaan kaksi kuukautta. Vuosikorjaajien ja tavarantarkastajien mukaan korjaukset kestivät korkeintaan kolme kuukautta. Vakuutusyhtiöiden korjaukset saattoivat kestää jopa puoli vuotta.

#### 4.1.3 Kosteusvaurioiden ehkäisy

Haastattelujen mukaan hyvänä keinona kosteusvaurioiden ehkäisyyn olisi valvontaan panostaminen. Vakuutusyhtiöiden mukaan suunnittelun ja työmaan valvonnan tulisi olla samalla henkilöllä. Korjausurakoitsijat ja vakuutusyhtiöt toivoivat myös kosteusantureiden laajempaa käyttöä. Suunnittelijoiden asemaa vaurioiden ehkäisyssä myös korostettiin. Erityisesti vuosikorjaajat ja vakuutusyhtiöt kaipasivat yksityiskohtaisempia suunnitelmia. Korjausurakoitsijat, tavarantarkastajat ja vuosikorjaajat olivat sitä mieltä, että ammattiyhpeyttä tulisi parantaa. Myös eri sidosryhmien, erityisesti työmaan ja suunnittelijoiden, välistä keskustelua tulisi lisätä. Korjausurakoitsijoiden mielestä rakennuksen kuivaus ja lämmitys tulisi suunnitella nykyistä paremmin. Tavarantarkastajat ja vuosikorjaajat toivoivat myös opetusta ja koulutusta rakenteiden kuivattamiseen. Korjausurakoitsijat ja tavarantarkastajat toivoivat myös lisää resursseja työmaan käyttöön. Erityisesti työmaamestareita toivottiin enemmän. Korjausurakoitsijoiden mukaan rakenteet tulisi suunnitella paremmin kosteutta kestäviksi ja tavarantarkastajien mielestä työnäikaiseen suojaukseen tulisi panostaa nykyistä enemmän.

#### 4.1.4 Kosteustekniset riskirakenteet

Kiristyneet lämmöneristysmääräykset eivät ole vielä tuoneet haastateltaville uusia kosteuteen liittyviä ongelmia. Tavarantarkastajille ja vuosikorjaajille oli tullut jonkin verran vastaan ikkunoiden huurtumiseen ja jäätymiseen liittyviä ongelmia. Vuosikorjaajilla on tämän lisäksi ollut ongelmia parkettien kanssa. Ongelmat parketteihin liittyen aiheutuivat kuivasta ilmasta.

Riskirakenteita kysyttäessä korjausurakoitsijat ja tavarantarkastajat mainitsivat vesikaton. Märkätilat ongelmallisiksi mainitsivat korjausurakoitsijat ja vuosikorjaajat. Vuosikorjaajien mielestä myös piiloon jäävät putket ovat kosteusteknisessä mielessä riskira-

kenne. Tavarantarkastajien mielestä erityisesti maanvastaisia rakenteita rakennettaessa tulisi olla erityisen huolellinen.

Sandwich-elementtejä pidettiin kautta linjan hyvänä rakenteena. Korjausurakoitsijat ja vuosikorjaajat muistuttivat, että elementeissä olevia tuuletusuria ei saa rakentamisen aikana tukkia. Väestönsuojan päällä olevan kevytsorakerroksen kanssa ei ole ilmennyt kosteusongelmia kenenkään haastateltavan mukaan, mutta korjausurakoitsijat ja vuosikorjaajat kertoivat, että ongelmien ilmetessä korjaustyöt ovat vaikeita ja kalliita toteuttaa. Vuosikorjaajien mielestä ongelmat johtuvat pääasiassa rakennusaikaisesta vedestä. Tavarantarkastajien ja vakuutusyhtiöiden mukaan kosteusvauriot väestönsuojan päällä olevassa kevytsorakerroksessa johtuvat putkien syöpmisestä. Kevytsorakatto vesikattonakanteena on myös hyvä rakenne kosteusteknisessä mielessä. Vuosikorjaajat mainitsivat, että ongelmien ilmetessä ovat ne yleensä haastavia korjata. Kellarit ovat tavarantarkastajia lukuun ottamatta melko ongelmattomia rakenteita. Tyypilliset kellareihin liittyvät ongelmat ovat ulkopuolisten vesieristeiden irtoaminen alustastaan. Korjausurakoitsijoiden ja vuosikorjaajien mielestä myös kellareiden ilmanvaihtoon tulisi kiinnittää nykyistä parempaa huomiota. Kaikkien haastateltavien mukaan kellareissa sijaitsevilla märkätiloilla ei ole tavallista enempää ongelmia. Vuosikorjaajat mainitsivat, että jonkin verran on ollut laattojen halkeilua elementtien liikkeistä johtuen. Vedeneristeet ovat kuitenkin pysyneet ehjinä.

## **4.2 Yhteenveto**

Haastatteluissa oli neljä kohderyhmää: korjausurakoitsijat, tavarantarkastajat, vuosikorjaajat sekä vakuutusyhtiöt. Haastatteluja tehtiin yhteensä 13 kappaletta. Haastattelut painottuivat haastattelujen määrässä korjausurakoitsijoihin ja vuosikorjaajiin. Haastattelupäivämäärät ja haastatellut henkilöt on listattu liitteessä 2. Taulukossa 4.1 on yhteenveto haastatteluista.

**Taulukko 4.1. Yhteenvedo haastatteluista. Taulukossa on käytetty kohderyhmäkohtaista jaottelua. Taulukossa on listattuna merkittävimmät vastaukset haastatteluista.**

	<b>Korjausurakoitsijat</b>	<b>Tavarantarkastajat</b>	<b>Vuosikorjaajat</b>	<b>Vakuutusyhtiöt</b>
<b>Kosteusvaurioiden tyypillisiä syitä</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Putkivuodot</li> <li>- Puutteellinen vedeneristys</li> <li>- Vesikattovuodot</li> <li>- Astianpesukoneiden vuodot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Putkivuodot</li> <li>- Vesikattovuodot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnitteluvirheet</li> <li>- Työvirheet</li> <li>- Ontelovedet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Putkirikot (66–80 %)</li> <li>- Vesikattovuodot</li> <li>- Sade- ja sulamisvedet</li> </ul>
<b>Työmaasta aiheuttuvia kosteusvaurioita</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puutteellinen vedeneristys</li> <li>- Putkien liitokset</li> <li>- Kattoläpiviennit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puutteellinen vedeneristys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ontelovedet</li> <li>- Putkiliitokset</li> <li>- Viemäriasennukset</li> <li>- Vesikaton ongelmat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Putkiliikkeiden työvirheet</li> </ul>
<b>Kosteusvaurioiden määrä [kpl/vuosi]</b>	(100–150) – 1 000 kpl/vuosi	100 – 300 kpl/vuosi	3 – 20 kpl/vuosi	200 – 300 kpl/vuosi
<b>Työmaasta johtuvien kosteusvaurioiden määrä [kpl/vuosi]</b>	(10–15)-110 kpl/vuosi	50 kpl/vuosi	-	-
<b>Kosteusvaurioiden arvo [€/vuosi]</b>	400 000 – 1 000 000 €/vuosi	150 000 – 200 000 €/vuosi	20 000 – 200 000 €/vuosi	1 000 000 – 2 000 000 €/vuosi
<b>Arvio kosteusvaurioiden syiden jakautumisesta</b>	Rakentaminen: 80 %	Rakentaminen: 50–60 %, Suunnittelu 10–30 %, Käyttö: 10–40 %	Rakentaminen: 30–80 %, Suunnittelu: 10–60 %, Käyttö: 10–30 %	Käyttöön päätyminen suurin syy
<b>Tyypillisen remontin kustannukset</b>	4 000 – 14 000 €	-	2 000 – 10 000 €	5 000 – 50 000 €
<b>Tyypillisen remontin kesto</b>	3 vk – 3 kk	2 vk – 2 kk	1 vk – 3 kk	2 kk – 6 kk
<b>Keinoja kosteusvaurioiden ehkäisyyn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valvonta</li> <li>- ”pikkumestareiden” käyttö</li> <li>- Huolellisuus</li> <li>- Kosteudenhallintaan panostaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valvonta</li> <li>- Huolellinen työ</li> <li>- Hyvä suunnittelu</li> <li>- Työnaikainen suojaus</li> <li>- Työntekijöiden moraalien kohotus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valvonta</li> <li>- Tilojen tulisi kestää putkivuodot</li> <li>- Detaljokuvia lisää</li> <li>- Ammattitilpeuden kohottaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kosteusanturit</li> <li>- Rakennetaan kunnolla</li> <li>- Käytetään laitteita oikein</li> <li>- Riittävät kallistukset</li> </ul>
<b>Kosteusteknisiä riskirakenteita</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vesikatto</li> <li>- Märkätilat</li> <li>- Tilojen käyttötarkoituksen muutokset</li> <li>- Rossipohjat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maan alapuoliset rakenteet</li> <li>- Maanvastaiset rakenteet</li> <li>- Vesikatto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Märkätilat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vedeneristämättömät märkätilat</li> <li>- Alapohjat</li> </ul>
<b>Kuinka vahingoista voisi oppia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnittelijoiden ja työmaan välinen keskustelu</li> <li>- Virheiden analysointi</li> <li>- Valvonta</li> <li>- Keskustelu suunnittelijoiden kesken</li> <li>- Perekohditys kosteusasioihin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parempi tiedonkulku</li> <li>- Työmaalle enemmän resursseja</li> <li>- Rakennusfysiikan ja -historian opetusta kouluihin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnittelijoille palautetta</li> <li>- Mestarit eivät saa suunnitella</li> <li>- Riskeistä pitäisi informoida</li> <li>- Kuinka kuvataan tehokkaasti</li> <li>- Märkiä rakenteita ei saa pinnoittaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Suunnitellaan yksityiskohtaisemmin</li> <li>- Valvonnan ja suunnittelun tulisi olla samalla henkilöllä</li> <li>- Kokemus arvoon</li> <li>- Ohjeet ja normit selkeämmiksi</li> </ul>

Kosteusvaurioiden tyypillisiä syitä kysyttäessä selkeimmin nousivat esiin putkirikot ja vesikattovuodot. Työmaasta johtuvina kosteusvaurion aiheuttajina pidettiin putkiin liittyviä ongelmia sekä vedeneristysten puutteita. Työmaasta johtuvia kosteusvaurioita oli noin 10–30 % kaikista kosteusvaurioista. Vuosikorjaajat ja vakuutusyhtiöt eivät tosin osanneet eritellä työmaasta johtuvia kosteusvaurioita. Kosteusvaurioiden syitä kysyttäessä vastausten hajonta oli suuri. Tyypilliset remonttikustannukset eivät täysin ole vertailukelpoisia keskenään erilaisista työnkuvista johtuen. Tyypillisen korjauksen kestot

olivat samaa suuruusluokkaa eri haastatteluryhmillä. Korjausten kestot erosivat toisistaan paljon riippuen vaurion laajuudesta, joten korjausten kestot olivat myös laajalla vaihteluvälillä. Hyvinä keinoina ehkäistä kosteusvaurioita haastateltavat pitivät valvontaa, ammattitilpeuden kohottamista ja hyvää suunnittelua, johon kuului osana myös kosteudenhallinnan suunnittelu. Tyypillisimmäksi riskirakenteeksi nousi haastateltavien mielestä märkätilat.

Haastateltavien mielestä suunnittelijoiden ja työmaan välistä keskustelua tulisi parantaa. Erityisesti palautteen antamista pidettiin tärkeänä asiana. Myös käyttäjien roolia vaurioiden aiheuttajana pidettiin merkittävänä. Käyttäjien tulisi seurata kiinteistönsä kuntoa säännöllisesti, jotta välttyttäisiin ikäviltä yllätyksiltä. Esimerkiksi suurin osa vakuutusyhtiöille tulevista korvauspyynnöistä aiheutui rakenteen tai rakenneosan käyttöönsä päättymisestä.

## 5 LASKENNALLINEN TARKASTELU

### 5.1 Tulosten käsittely laskentaesimerkin avulla

Tulosten käsittely tapahtuu laskentaesimerkkien avulla, joissa otetaan huomioon sääsuojaus, lämmitys, kuivatus, aikataulu, turvallisuus ja laatu. Jokainen osa-alue käsitellään omassa kappaleessaan. Laskentaesimerkit muodostetaan prosessimuotoon, jota on mahdollista käyttää suunniteltaessa työmaan kosteudenhallintaa. Laskentaesimerkeillä pyritään selvittämään sääsuojauksen ja lämmityksen kannattavuutta taloudellisessa mielessä. Esimerkeissä käytetään laskenta-arvoina fiktiivisen pistekerrostalon dimensioita, jotka on listattu taulukkoon 5.1. Laskentaesimerkkejä on kaksi, talvi- ja syksyesimerkki. Kummassakin esimerkissä on kolme tapausta. *Perustapauksessa* kuvataan tilannetta, jossa käytetään perustasoista sääsuojausta. *Hyvässä* tapauksessa kuvataan tilanne, jossa käytetään parempaa sääsuojausta kuin perustapauksessa. Hyvän tapauksen sääsuojaus on tiiviimpi, mutta kalliimpi kuin perustapauksen sääsuojausvaihtoehto. *Heikon* sääsuojauksen tapauksessa sääsuojaus on halvempi ja ei niin tiivis vaihtoehto verrattuna perustapaukseen.

**Taulukko 5.1.** Laskentaesimerkissä käytettävät dimensiot. Laskentaesimerkeissä käytetään fiktiivisen pistekerrostalon arvoja, jotka ovat yksinkertaisen pistekerrostalon realistisia oletuksia.

Rakennusosa	Arvo
Pohjan ala	400 m <sup>2</sup>
Vaipan ala	1300 m <sup>2</sup>
Tilavuus	6000 m <sup>3</sup>

Laskentaesimerkkien kuvitteellinen pistekerrostalo sijaitsee Jyväskylässä. Laskennassa käytetyt sääarvot esitetään taulukossa 5.2. Taulukon arvot perustuvat Suomen tilastolliseen vuosikirjaan (2008) ja ovat keskiarvoja vuosilta 1971–2000. Rakennuksen sisälämpötilana laskennassa käytetään +15 °C, suhteellisena kosteutena 60 % ja ilmanvaihtuvuus vaihtelee tapauskohtaisesti: perustapauksessa 3 krt/h, hyvässä tapauksessa 2 krt/h ja heikossa tapauksessa 5 krt/h. Laskenta tapahtuu Microsoft Excel-ohjelmalla, Lassilan (2011) kandidaatintyötä varten tekemää laskentapohjaa apuna käyttäen. Laskennassa huomioidaan ainoastaan sateena tullut ylimääräinen kosteus. Tämän lisäksi rakennuksesta täytyy poistaa ylimääräinen rakennusosien mukanaan tuoma kosteuslisä.

**Taulukko 5.2.** Laskentaesimerkeissä käytettävät sääarvot. Esimerkkien arvot ovat Jyväskylän kuukausittaisia keskiarvoja vuosilta 1971–2000. Perustapauksessa ilmanvaihtuvuus on 3 krt/h, hyvässä tapauksessa 2 krt/h ja heikossa tapauksessa 5 krt/h. (Suomen tilastollinen vuosikirja 2008.)

Talviesimerkki / Syksyesimerkki	Joulukuu / Heinäkuu	Tammikuu / Elokuu	Helmikuu / Syyskuu
Lämpötila [°C]	-6,4 / 16,0	-8,5 / 13,7	-8,7 / 8,2
Suhteellinen kosteus [%]	90 / 71	88 / 79	86 / 84
Sadepäivät (sademäärä $\geq$ 1 mm) [vrk]	11 / 11	11 / 11	7 / 10
Sademäärä [mm]	47 / 79	43 / 88	31 / 63

Syksyesimerkissä käytetään sisälämpötilana + 20 °C ja sisäilman suhteellisena kosteutena 75 %, koska muuten kuivumista ei voisi mallintaa käyttämällä Lassilan (2011) laskentapohjaa.

## 5.2 Laadulliset hyödyt

Laatu jakautuu kahteen osa-alueeseen, imagon parantumiseen ja kosteusvaurioiden vähentymiseen. Lämmityksellä ja sääsuojauksella voidaan parantaa laatua vähentämällä kosteudesta aiheutuvia vaurioita rakennuksen valmistumisen jälkeen. Osa laadun heikkenemisestä on suoraan asumisoloihin vaikuttavia tekijöitä ja osa rakennuksen ulkonäköön vaikuttavia tekijöitä. Kuvassa 5.1 esitetään kosteudesta aiheutunut kosmeettinen vaurio valkobetonin pinnalla. Suunnittelemalla lämmitys ja sääsuojaus oikein voidaan kumpaankin tekijään vaikuttaa.

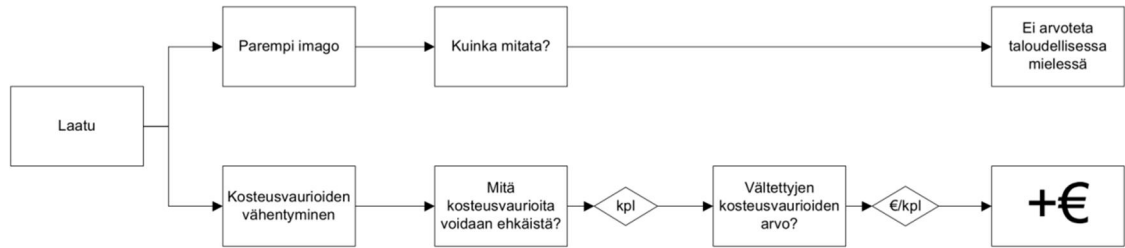


***Kuva 5.1.** Kosteudesta aiheutunut kosmeettinen haitta valkobetonin pinnalla. Elementin tuuletustilassa kulkenut vesi on poistunut ensimmäisen ja toisen kerroksen välisestä elementtisaumasta värjäten betonin keltaiseksi. (kuva: Hannu Kauranen)*

Lämmitykseen ja sääsuojaukseen panostamalla voidaan ehkäistä myöhemmin ilmeneviä kosteusvaurioita. Lähes poikkeuksetta kosteusvaurioiden korjauskustannukset lankeavat pääurakoitsijan vastuulle riippumatta siitä, kenen vika kosteusvaurio on ollut. Tästä johtuen lämmitykseen ja sääsuojaukseen tulee kiinnittää huomiota pääurakoitsijan toimesta.

Toinen tärkeä tekijä laatuun liittyen on yrityksen imagon parantuminen. Panostamalla sääsuojaukseen ja lämmitykseen yritys saa kilpailuetua sekä asiakkaisiin että aliurakoitsijoihin nähden. Paremman imagon taloudellinen merkitys on haastavaa määrittää. Voidaankin ajatella, että paremman imagon saavuttaminen on taloudellisten tekijöiden jälkeen yritykselle lisäarvoa tuottava tekijä. Kuvassa 5.2 esitetään laskuesimerkissä käytetyn laatuosion hinnoittelukäytäntö.





**Kuva 5.2.** Laatutekijän määrittäminen lämmitykseen ja sääsuojaukseen liittyen. Laatu on jaettu kahteen osaan: parempi imago ja kosteusvaurioiden vähentyminen.

Laskentaesimerkin laatuosiossa oletetaan, että panostamalla lämmitykseen ja sääsuojaukseen, voidaan ehkäistä kosteusvauriokorjauksia. Käytettäessä hyvää sääsuojauksia korjauksia voidaan ehkäistä kaksi kappaletta, perustason sääsuojauksista käytettäessä korjauksia voidaan ehkäistä yksi kappale ja heikon sääsuojauksen kohdalla vaurioita ei voida ehkäistä. Laskennassa käytetyt kosteusvaurion korjauskustannukset ovat haastateluista saatuja tyypillisiä kosteusvauriokorjausten kustannuksia. Taulukossa 5.3 esitetään eri tapauksien kustannukset. Kummassakin laskuesimerkissä oletetaan saavutettavan sama määrä vältettyjä kosteusvaurioita ja että kaikki vältetyt kosteusvauriot ovat samanarvoisia taloudellisessa mielessä.

**Taulukko 5.3.** Vältettyjen kosteusvaurioiden kustannusvaikutukset. Kaikissa tapauksissa käytetään kosteusvauriokustannuksena samaa summaa, mutta kosteusvaurioiden määrä vaihtelee skenaariosta riippuen.

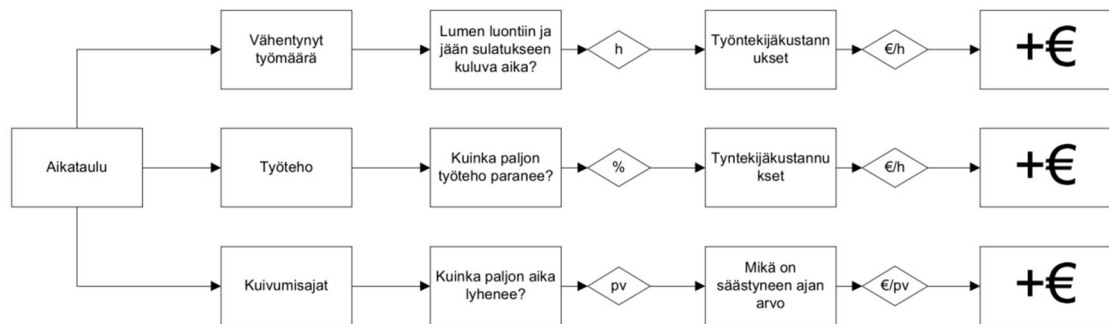
Tapaus	Vältettyjen kosteusvaurioiden määrä [kpl]	Kosteusvaurion kustannus [€]	Yhteensä [€]
Hyvä-	2	5000	10000
Perus-	1	5000	5000
Heikko-	0	5000	0

Laatuosioon liittyy myös vahvasti imago. Laskuesimerkissä ei käsitellä imagon parantumisen taloudellisia vaikutuksia.

### 5.3 Aikataululliset hyödyt

Aikataululliset hyödyt muodostuvat lyhentyneistä kuivumisajoista, työtehon kasvusta ja vähentyneistä työmääristä. Kuivumisaikojen lyhentymisen taloudellisia etuja laskettaessa on kaksi vaihetta. Ensimmäinen ratkaistava kysymys on, kuinka paljon kuivumisajat lyhenevät tehtävillä toimenpiteillä. Toinen yhtä tärkeä asia on määrittää säästyneen ajan taloudellinen arvo. Työtehon kustannusvaikutuksia selvitettyä haastavin kysymys on, kuinka paljon työteho kasvaa oikeilla lämmitys- ja sääsuojauksitoimenpiteillä. Samalla tulee myös arvioida, missä työvaiheissa työteho kasvaa ja kuinka paljon. Sääsuojauksen ansiosta joitakin töitä voidaan jättää tekemättä. Selkeimmät työmäärän vähennykset ovat lumen luonti ja jään sulatus, jotka tässä laskentaesimerkissä otetaan ai-

noina tekijöinä huomioon työmäärän vähentymistä laskettaessa. Kuvassa 5.3 esitetään laskentaesimerkin aikatauluosion eri vaiheet.



**Kuva 5.3.** Aikataulutekijän määrittäminen lämmitykseen ja sääsuojaukseen liittyen. Aikataulu on jaettu kolmeen osaan: kuivumisajat, työteho ja vähentynyt työmäärä. Vähentyneestä työmäärästä otetaan huomioon laskennassa vain lumen luonnin ja jään sulatukseen kuluva aika.

Kuivumisajan lyhentäminen lasketaan olettamalla, että taivaalta sataneen lumen pääsy rakennuksen sisään estetään sääsuojan avulla. Tästä johtuen lumen tuoman kosteuslisän poistamiseen käytetty aika oletetaan nopeamman toteutuksen hyödyksi. Kosteuksen poistamiseen kuluva aika vuorokausissa lasketaan kaavalla 2 (Lassila 2011). Talvi-esimerkin perustapauksessa oletetaan, että puolet satavasta lumesta saadaan poistetuksi mekaanisesti ja puolet sataneesta lumesta sulaa nestemäiseen muotoon rakennuksen sisälle. Syksyesimerkin perustapauksessa oletetaan, että puolet satavasta vedestä päätyy maaperään ja puolet jää rakennukseen sisään. Hyvän sääsuojauksen tapauksessa 75 % veden tai lumen pääsystä rakenteisiin voidaan estää käyttämällä sääsuojauksia. Heikon sääsuojauksen kohdalla vastaava luku on 25 %. Poistettavan kosteuden määrä lasketaan pohjan alalle sataneen veden määrästä.

$$H = \frac{A}{\frac{v_s - v_u}{1000} * B} * \frac{1}{24} \quad (2)$$

$H$  = Kosteuden poistamiseen kuluva aika [vrk]

$A$  = Poistettava kosteus [litraa]

$v_s$  = Sisäilman kosteus [ $g/m^3$ ]

$v_u$  = Ulkoilman kosteus [ $g/m^3$ ]

$B$  = Ilmanvaihtuvuus [ $m^3/h$ ]

Taulukossa 5.4 esitetään ylimääräisen kosteuden poistoon kuluva aika vuorokausissa joulukuulta helmikuulle ja heinäkuulta syyskuulle.

**Taulukko 5.4.** Ylimääräisen kosteuden poistoon kuluva aika vuorokausina. Heinä-, elokuu ja syyskuussa sisälämpötilana käytetään +20 °C ja suhteellisena kosteutena 75 %. Talvikuukausina sisälämpötilana käytetään +15 °C ja suhteellisena kosteutena 60 %. Ilmanvaihtuvuus on perustapauksessa 3 krt/h, heikossa 5 krt/h ja hyvässä 2 krt/h.

Talviesimerkki / Syys-esimerkki	Joulukuu / Heinä-kuu	Tammikuu / Elo-kuu	Helmikuu / Syys-kuu	Yhteensä
Kuivumisaika [vrk] (perus)	4,3 / 11,2	3,6 / 11,4	2,6 / 5,0	10,5 / 27,6
Kuivumisaika [vrk] (heikko)	1,3 / 3,4	1,1 / 3,4	0,8 / 1,5	3,2 / 8,3
Kuivumisaika [vrk] (hyvä)	9,7 / 25,2	8,1 / 25,6	5,8 / 11,2	23,6 / 62,0

Kuivumiseen käytettävä aika talvella on viikoissa noin 0,5–3,4 viikkoa, eli 0,1–0,8 kuukautta. Syksyllä kuivumiseen käytetty aika viikoissa on noin 1,2–8,9 viikkoa, eli 0,3–2,1 kuukautta. Taloudellisessa mielessä säästyneen ajan hyöty lasketaan 100 % aikasidonnaisista kustannuksista, jotka on eritelty taulukossa 5.5.

**Taulukko 5.5.** Kuivumisessa säästettävän ajan kustannushyöty. Taulukossa käytetyt kuukausittaiset kustannukset ovat arvioita tyypillisestä pistekerrostalokohteen kustannuksista. Syksyesimerkissä syntyy ajassa säästöjä yli kolme kuukautta, joten suurimpana mahdollisena säästettävänä aikana laskennassa käytetään 2,5 kuukautta.

Talviesimerkki	Kustannukset [€/kk]	Aika [kk]	Kustannushyöty [€] (perus/heikko/hyvä)
C11 Työnjohto	12000	0,3/0,1/0,8	3600/1200/9600
C12 Työmaatoimisto	1000	0,3/0,1/0,8	300/100/800
C13 Varaston hoito	6000	0,3/0,1/0,8	1800/600/4800
C15 Vartiointi	500	0,3/0,1/0,8	150/50/400
C37 Työnaikainen siivous	200	0,3/0,1/0,8	60/20/160
C91 Työmaan vakuutukset	500	0,3/0,1/0,8	150/50/400
C98 Matkakorvaukset	2000	0,3/0,1/0,8	600/200/1600
<b>Yhteensä</b>	<b>22200</b>	<b>0,3/0,1/0,8</b>	<b>6660/2220/17760</b>
Syksyesimerkki	Kustannukset [€/kk]	Aika [kk]	Kustannushyöty [€] (kauhu/tyyppi/optimi)
C11 Työnjohto	12000	0,9/0,3/2,1	10800/3600/25200
C12 Työmaatoimisto	1000	0,9/0,3/2,1	900/300/2100
C13 Varaston hoito	6000	0,9/0,3/2,1	5400/1800/12600
C15 Vartiointi	500	0,9/0,3/2,1	450/150/1050
C37 Työnaikainen siivous	200	0,9/0,3/2,1	180/60/420
C91 Työmaan vakuutukset	500	0,9/0,3/2,1	450/150/1050
C98 Matkakorvaukset	2000	0,9/0,3/2,1	1800/600/4200
<b>Yhteensä</b>	<b>22200</b>	<b>0,9/0,3/2,1</b>	<b>19980/6660/46620</b>

Työtehon vaikutusta kustannuksiin arvioidaan samalla tavalla sekä talvi- että syksyesimerkissä. Työtehon parantumisen vaikutusta arvioidaan laskemalla 3 %:n työtehon kasvu runkotyövaiheen tölle perustapauksessa. Hyvää sääsuojauksia käytettäessä työteho

kasvaa 5 % ja heikkoa sääsuojaukseen käytettäessä työteho ei kasva. Työtehon parantuminen otetaan huomioon runkovaiheen työkustannuksissa alentavana tekijänä. Yksinkertaisen pistekerrostalon tyypilliset runkovaiheen työkustannukset laskentaesimerkissä arvioidaan olevan noin 350 000 €. Työtehon kasvu tarkoittaa, että sama työ voidaan sääsuojan mahdollistamien parempien työolosuhteiden ansiosta suorittaa perustapauksessa 10 500 € halvemmalla. Hyvän sääsuojauksen kohdalla säästö on 17 500 € ja heikon sääsuojauksen kohdalla säästöjä ei synny.

Vähentyneen työmäärän laskennassa otetaan huomioon sääsuojan ansiosta poistunut lumen luonti ja jään sulatus. Laskennassa oletetaan, että puolet esimerkeissä käytetyistä sadepäivistä on sellaisia päiviä, jolloin lunta luodaan. 400 m<sup>2</sup> holvin lumen luontiin kuuluu päivässä noin 2 työntekijätuntia. Työntekijätunnin hinnan ollessa 35 €/h saadaan lumen ja jään poiston säästyneiksi kustannuksiksi kaikissa tapauksissa 1015 €. Syksy-esimerkissä vähentyneen työmäärän arvo kaikissa skenaarioissa on 0 €, koska taivaalta satava vesi on nestemäisessä muodossa. Lisäksi lumen luonti ja jään sulatus häiritsevät muuta työmaan toimintaa ja näin ollen aiheuttavat lisäkustannuksia. Tätä lisäkustannusta ei kuitenkaan ole huomioitu laskuesimerkeissä.

## 5.4 Turvallisuushyödyt

Turvallisuushyödyt tulevat pääasiassa lumen ja jään aiheuttamien tapaturmien vähentymisenä. Turvallisuushyötyjä ajateltaessa tulee selvittää, minkä tyyppisiä tapaturmariskejä oikealla sääsuojauksella ja lämmityksellä voidaan pienentää. Tämän jälkeen tulee selvittää, millaisista kustannuksista on kyse, jos työmaalla sattuu tapaturma. Tyypillinen sääsuojauksella estettävissä oleva tapaturma on liukastuminen peitteen päällä liikuttaessa. Kuvassa 5.4 esitetään laskentaesimerkissä käytetty toimintatapa.



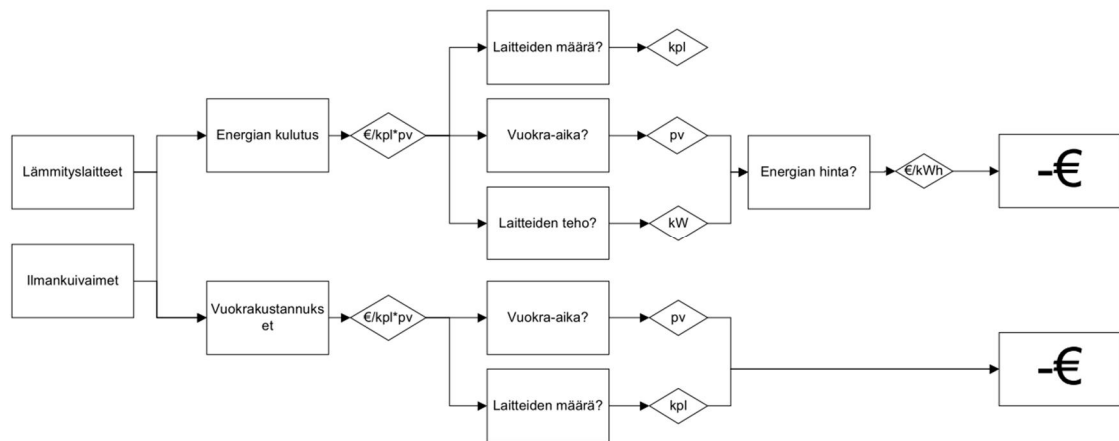
**Kuva 5.4.** Turvallisuustekijän määrittäminen lämmitykseen ja sääsuojaukseen liittyen. Turvallisuutta arvioitaessa tulee selvittää, mitä tapaturmia voidaan oikealla lämmityksellä ja sääsuojauksella ehkäistä. Tämän lisäksi tulee arvioida, kuinka paljon tapaturmia voidaan ehkäistä ja mitkä näiden tapaturmien kustannusvaikutukset olisivat.

Työturvallisuushyödyt ovat samat sekä talvi- että syksy-esimerkissä. Perustapausta laskettaessa ajatellaan, että sääsuojauksella voidaan ehkäistä yksi lievä tapaturma. Hyvän sääsuojauksen kohdalla voidaan estää kaksi tapaturmaa ja huonolla sääsuojauksella ei voida estää tapaturmia. Tyypillinen tapaturma on liukastuminen, joka aiheuttaa kolmen päivän sairauspoissaolon. Tapaturman hinta laskennassa on 7 000 €/tapaturma ja yksi tapaturmasta aiheutunut poissaolopäivä kustantaa yritykselle 500 €/vrk (Ristamäki 2011; Hämäläinen 2011). Perustapauksessa säästyneiksi tapaturmakustannuksiksi tulee näin ollen 8 500 €, hyvän sääsuojauksen kohdalla 17 000 € ja huonon sääsuojauksen kohdalla 0 €

## 5.5 Säsuojauksen ja lämmityksen kustannukset

Säsuojaus ja lämmitys aiheuttavat rakentajalle kustannuksia. Säsuojauksen kustannukset muodostuvat säsuojan vuokrakustannuksista ja asennuksen ja purun aiheuttamista kustannuksista. Ilmankuivaimet ja -lämmittimet aiheuttavat vuokrakustannuksien lisäksi kustannuksia energiankulutuksen muodossa.

Lämmityksen ja ilmankuivainten aiheuttamia kustannuksia arvioidaan kuvan 5.5 mukaisen ajatusmallin mukaan.



**Kuva 5.5.** Lämmityslaitteiden ja ilmankuivainten kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Las-kentaesimerkeissä on käytetty sähkökäyttöisiä lämmittimiä.

Ilman lämmittämiseen tavoitelämpötilaan tarvitsemaa tehoa arvioidaan kaavalla 3 (Lassila 2011).

$$J = C * D * E * (T_S - T_U) \quad (3)$$

$J$  = Ilman lämmittämiseen tarvittava teho [kW]

$C$  = Ilman ominaislämpökapasiteetti = 1,012 kJ/kgK

$D$  = Ilman tiheys = 1,225 kg/m<sup>3</sup>

$E$  = Ilmavirta = 5,104 kg/s

$T_S$  = Sisälämpötila [°C]

$T_U$  = Ulkolämpötila [°C]

Taulukossa 5.6 esitetään ilman lämmittämiseen vaadittava tehomäärä ja kappaleessa 5.3 laskettu kuivumiseen käytetty aika. Näiden tietojen pohjalta voidaan arvioida lämmitykseen kuluvaa energiamäärää. Taulukon avulla voidaan arvioida tarvittavan lämmityskaluston määrä ja teho.

**Taulukko 5.6.** Ilman lämmittämiseen tarvittava tehomäärä, kuivumisaika ja käytettävä energiamäärä. Tehoa laskettaessa huomioidaan ainoastaan sateena tullut ylimääräinen kosteuslisä. Tämän lisäksi rakennuksesta täytyy poistaa rakennusosien mukanaan tuoma kosteus sekä työvaiheiden mukanaan tuoma kosteusrasitus.

Talviesimerkki / Syksyesimerkki	Joulukuu / Heinäkuu	Tammikuu / Elokuu	Helmikuu / Syyskuu
<b>Lämmittämiseen tarvittava teho [kW] (perus)</b>	162,5 / 30,4	178,4 / 47,8	180,0 / 89,6
Kuivumisaika [vrk]	4,3 / 11,2	3,6 / 11,4	2,6 / 5,0
Energian määrä [kWh]	16770 / 8172	15414 / 13078	11323 / 10752
<b>Lämmittämiseen tarvittava teho [kW] (hyvä)</b>	270,8 / 50,6	297,4 / 79,7	299,9 / 149,3
Kuivumisaika [vrk]	1,3 / 3,4	1,1 / 3,4	0,8 / 1,5
Energian määrä [kWh]	8449 / 4129	7851 / 6504	5758 / 5375
<b>Lämmittämiseen tarvittava teho [kW] (heikko)</b>	108,3 / 20,3	119,0 / 31,9	120,0 / 59,7
Kuivumisaika [vrk]	9,7 / 25,2	8,1 / 25,6	5,8 / 11,2
Energian määrä [kWh]	25212 / 12277	23134 / 19599	16704 / 16047

Sähkölämmittimien energiakustannuksia laskettaessa esimerkissä käytetään sähkön hintana 12 snt/kWh. Taulukossa 5.7 esitetään eri skenaarioiden energiakustannukset.

**Taulukko 5.7.** Lämmittimien energiakustannukset.

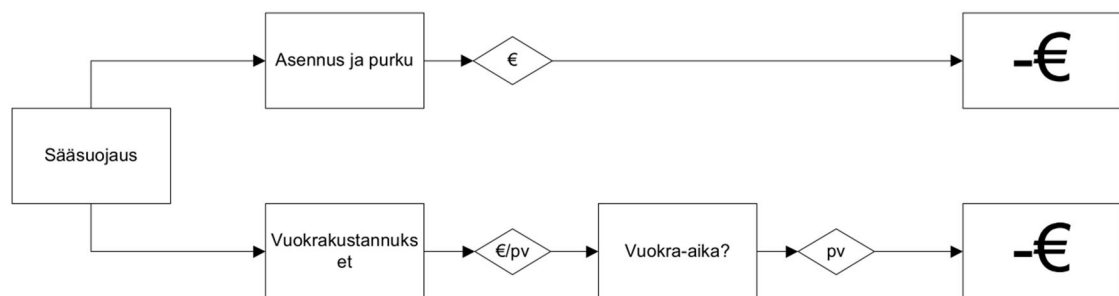
Talviesimerkki / Syksy-esimerkki	Joulukuu / Heinäkuu	Tammikuu / Elokuu	Helmikuu / Syyskuu	Yhteensä
<b>Energiakustannus [€] (perus)</b>	2012 / 981	1850 / 1569	1359 / 1290	5221 / 3840
<b>Energiakustannus [€] (hyvä)</b>	1014 / 495	942 / 780	691 / 645	2647 / 1920
<b>Energiakustannus [€] (heikko)</b>	3025 / 1473	2776 / 2352	2004 / 1926	7805 / 5751

Lämmittimien vuokrakustannukset lasketaan lämmittämiseen tarvittavan tehon ja kuivumisaajan perusteella. Vuokrakustannukset lasketaan 6 kW sähkölämmittimen toisen ja sitä seuraavien päivien arvonlisäverollisesta hinnasta (Konevuokraus hinnasto 2010). Vuokrakustannus puolitetaan laskennassa kuvaamaan paremmin rakennusyhtiöiden maksamia hintoja. 6 kW sähkölämmittimen hintana käytetään 3,03 €/vrk. Taulukossa 5.8 esitetään eri tapausten sähkölämmittimien vuokrakustannuksia. Lämmittimien kapalemäärät pyöristetään aina ylöspäin.

**Taulukko 5.8.** Lämmittimien vuokratustannukset. Lämmittimenä esimerkissä käytetään 6 kW sähkölämmittintä. Lämmittimen vuokrana laskennassa käytetään 3,03 €/vrk.

Talviesimerkki / Syksyesimerkki	Joulukuu / Heinäkuu	Tammikuu / Elokuu	Helmikuu / Syyskuu	Yhteensä
<b>Lämmittimien määrä [kpl] (perus)</b>	28 / 6	30 / 8	30 / 15	
Kuivumisaika [vrk]	4,3 / 11,2	3,6 / 11,4	2,6 / 5,0	
Vuokratustannukset [€]	365 / 204	327 / 276	236 / 227	928 / 707
<b>Lämmittimien määrä [kpl] (hyvä)</b>	46 / 9	50 / 14	50 / 25	
Kuivumisaika [vrk]	1,3 / 3,4	1,1 / 3,4	0,8 / 1,5	
Vuokratustannukset [€]	181 / 93	167 / 144	121 / 114	469 / 351
<b>Lämmittimien määrä [kpl] (heikko)</b>	19 / 4	20 / 6	20 / 10	
Kuivumisaika [vrk]	9,7 / 25,2	8,1 / 25,6	5,8 / 11,2	
Vuokratustannukset [€]	558 / 305	491 / 465	351 / 339	1400 / 1109

Rakennuksen sääsuojauksen otetaan laskennassa huomioon kuvan 5.6 mukaisesti. Laskennassa oletetaan, että koko rakennus suojataan säältä kolmen kuukauden ajan. Sääsuojauksen sisältöön sisältyy yläpohjan ja vaipan suojauksen tuulen, veden ja lumen vaikutuksilta.



**Kuva 5.6.** Sääsuojauksen kustannusvaikutukset laskentaesimerkissä. Sääsuojauksen kustannukset koostuvat vuokra-, asennus- ja purkukustannuksista.

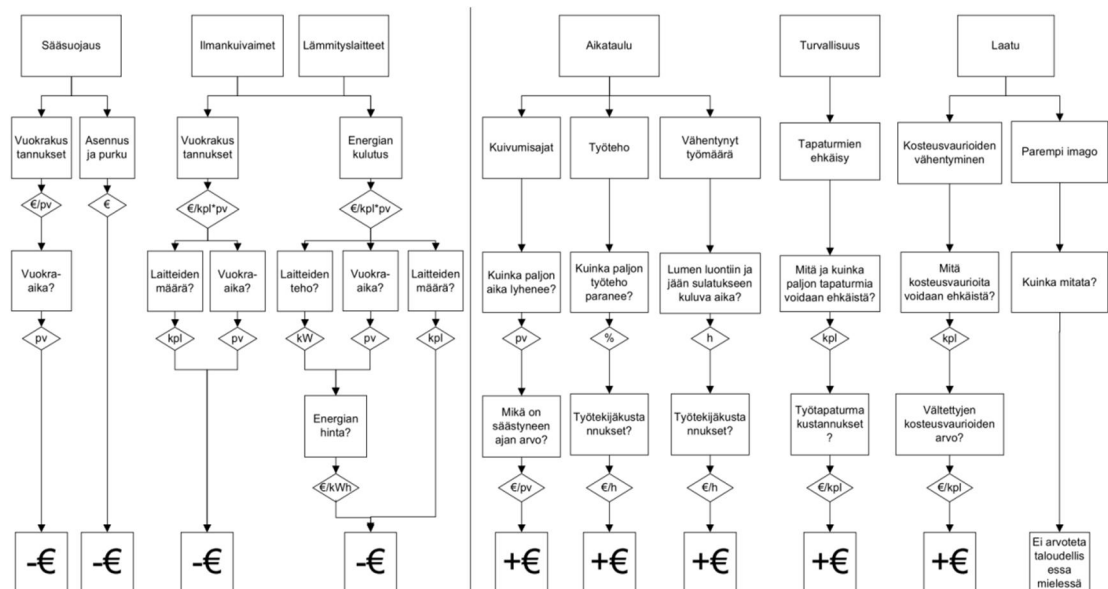
Sääsuojauksen vuokratustannukset perustapauksessa on  $0,16 \text{ €/m}^2 \cdot \text{vrk}$  ja asennus maksaa  $16 \text{ €/m}^2$ . Seinien viereen asennettavien telien ja telihupun vuokratustannus on  $0,12 \text{ €/m}^2 \cdot \text{vrk}$  ja asennus maksaa  $9 \text{ €/m}^2$ . (Hämäläinen 2011; Laitinen 2011) Esimerkin mukaisen kerrostalon perustason sääsuojauksen vuokratustannus on noin 5 760 € ja sääsuojauksen asennuskustannus on noin 6 400 €. Seinien viereen asennettavien telien vuokratustannus on noin 14 040 € ja asennuskustannus on noin 11 700 €. Yhteensä kustannukset kolmessa kuukaudessa ovat noin 37 900 €. Esimerkissä oletetaan, että heikon sääsuojauksen kustannukset ovat 50 % pienemmät verrattuna perustapaukseen ja hyvän sääsuojauksen kustannukset ovat 50 % korkeammat verrattuna perustapaukseen. Näin ollen heikon sääsuojauksen kustannukset ovat 18 950 € ja hyvän sääsuojauksen 56 850 €.

## 5.6 Kosteudenhallintatoimenpiteiden taloudellinen optimointi

Urakoitsijalle tulevat taloudelliset hyödyt lämmityksen ja sääsuojauksen oikeasta mitoistuksesta tulevat muun muassa säästyneestä ajasta, pienemmästä lämmitysenergiantarpeesta ja parantuneesta imagosta tilaajien silmissä. Näiden lisäksi kustannussäästöjä kertyy työtehon parantumisesta, hävikin pienentymisestä ja työpoissaolojen vähentymisestä.

Lämmitystä ja sääsuojausta käytettäessä urakoitsijalle tulee hyötyjä aikatauluun, turvallisuuteen ja laatuun liittyen. Hyötyjen tulee olla isompia kuin niiden aikaansaamiseksi tehdyt panostukset. Kustannuksia aiheuttavat sääsuojat, lämmityslaitteet ja ilman-kuivaimet. Sääsuojien kustannukset jakaantuvat sääsuojan vuokratukannuksiin ja asennuksesta aiheutuviin kuluihin. Lämmittimien kustannukset muodostuvat laitteiden vuokrasta ja energiakustannuksista. Tärkeitä asioita lämmittimiin liittyen ovat laitteiden oikea mitoitus ja valinta. Esimerkiksi tilan lämmittäminen sisätyövaiheessa kaasulla ei välttämättä ole järkevää kaasun polttamisen yhteydessä syntyvän kosteuden johdosta. Runkovaiheessa kaasulämmitys saattaa silti olla järkevä ratkaisu.

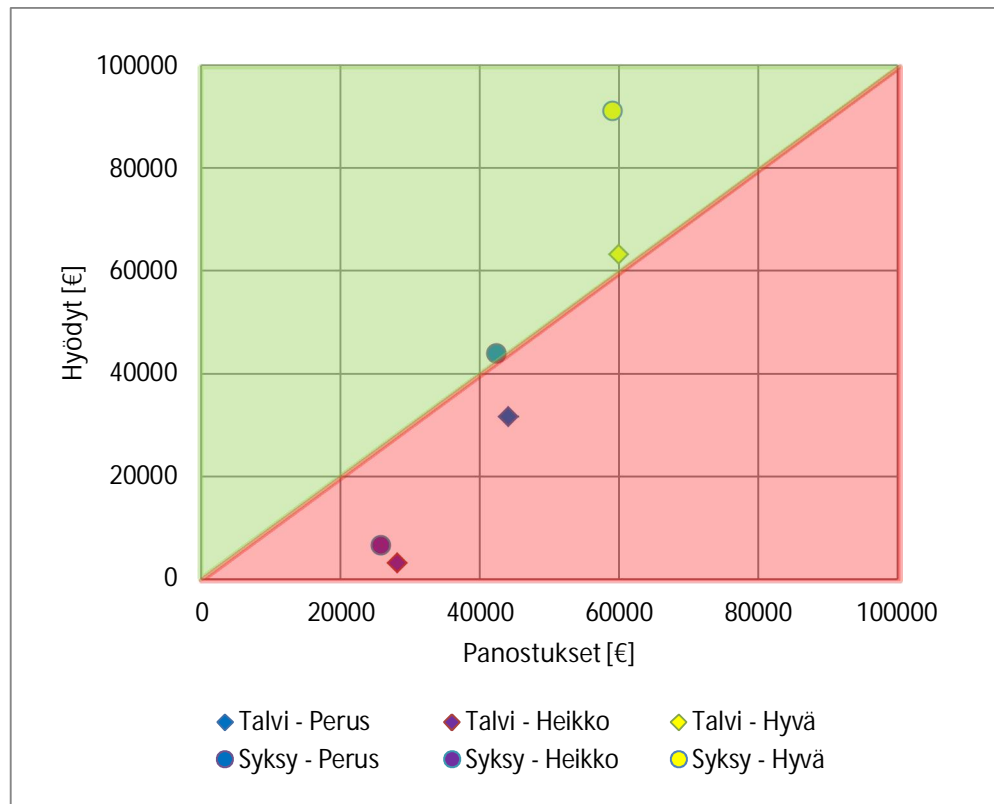
Kosteudenhallintatoimenpiteet tulisi suunnitella ennen rakentamisen aloittamista. Kuvassa 5.7 on esitetty yksi tapa suunnitella kosteudenhallinta. Tätä tapaa käytetään esimerkkien laskennassa. Esitetty tapa on ajateltu prosessimaiseksi toimenpiteeksi, joka voidaan toteuttaa rakennustyömaan luonteesta riippumatta. Tästä huolimatta esimerkiksi työmaan ominaispiirteet, työmaan aloitusajankohta ja rakennustapa vaikuttavat valittaviin ratkaisuihin.



**Kuva 5.7.** Kosteudenhallintaprosessin laskentaesimerkeissä käytetty ajattelutapa. Negatiivisia kustannusvaikutuksia aiheuttavat sääsuojaus ja lämmitys. Positiivisia kustannusvaikutuksia aiheuttavat aikataulutekijät, turvallisuuden parantuminen ja laadun parantuminen.



Kuvassa 5.8. esitetään yhteenveto laskentaesimerkkien eri tapausten panostukset-hyödyt suhteesta. Pisteiden ollessa punaisella ovat panostukset sääsuojaukseen ja kosteudenhallintaan taloudellisesti kannattamattomia.



**Kuva 5.8.** Laskentaesimerkkien hyödyt-panostukset – kuvaaja. Kuvan vaaka-akseli kuvaa kosteudenhallintaan ja sääsuojaan tehtyjä panostuksia ja pystyakseli niistä saatavia hyötyjä. Pisteiden ollessa punaisella alueella sääsuojaus ei ole taloudellisesti kannattavaa toimintaa.

Taulukossa 5.9. esitetään kuvassa 5.8. olevien pisteiden taustalta löytyvät arvot. Miinus-merkkiset luvut ovat panostuksia ja plus-merkkiset ovat hyötyjä. Positiivinen summa tarkoittaa sitä, että piste sijaitsee kuvassa 5.8. vihreällä alueella ja on näin ollen kannattava.

**Taulukko 5.9.** Yhteenvedo laskentaesimerkkien eri osa-alueista. Taulukossa on talvi- ja syksyesimerkkien lasketut kustannusvaikutukset.

<b>Talviesimerkki</b>		<b>Syksyesimerkki</b>	
<b>Perus</b>	<b>Kustannus [€]</b>	<b>Perus</b>	<b>Kustannus [€]</b>
Laatu	+ 5 000 €	Laatu	+ 5 000 €
Kuivumisaika	+ 6 660 €	Kuivumisaika	+ 19 980 €
Työteho	+ 10 500 €	Työteho	+ 10 500 €
Työmäärä	+ 1 015 €	Työmäärä	± 0 €
Turvallisuus	+ 8 500 €	Turvallisuus	+ 8 500 €
Sääsuoja	- 37 900 €	Sääsuoja	- 37 900 €
Lämmitysenergia	- 5 221 €	Lämmitysenergia	- 3 840 €
Lämmittimien vuokra	- 928 €	Lämmittimien vuokra	- 707 €
<b>Säästö</b>	<b>- 12 373 €</b>	<b>Säästö</b>	<b>+ 1 533 €</b>
<b>Heikko</b>	<b>Kustannus [€]</b>	<b>Heikko</b>	<b>Kustannus [€]</b>
Laatu	± 0 €	Laatu	± 0 €
Kuivumisaika	+ 2 220 €	Kuivumisaika	+ 6 660 €
Työteho	± 0 €	Työteho	± 0 €
Työmäärä	+ 1 015 €	Työmäärä	± 0 €
Turvallisuus	± 0 €	Turvallisuus	± 0 €
Sääsuoja	- 18 950 €	Sääsuoja	- 18 950 €
Lämmitysenergia	- 7 805 €	Lämmitysenergia	- 5 751 €
Lämmittimien vuokra	- 1 400 €	Lämmittimien vuokra	- 1 109 €
<b>Säästö</b>	<b>- 24 919 €</b>	<b>Säästö</b>	<b>- 19 150 €</b>
<b>Hyvä</b>	<b>Kustannus [€]</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Kustannus [€]</b>
Laatu	+ 10 000 €	Laatu	+ 10 000 €
Kuivumisaika	+ 17 760 €	Kuivumisaika	+ 46 620 €
Työteho	+ 17 500 €	Työteho	+ 17 500 €
Työmäärä	+ 1 015 €	Työmäärä	± 0 €
Turvallisuus	+ 17 000 €	Turvallisuus	+ 17 000 €
Sääsuoja	- 56 850 €	Sääsuoja	- 56 850 €
Lämmitysenergia	- 2 647 €	Lämmitysenergia	- 1 920 €
Lämmittimien vuokra	- 469 €	Lämmittimien vuokra	- 351 €
<b>Säästö</b>	<b>+ 3 309 €</b>	<b>Säästö</b>	<b>+ 31 999 €</b>

Taulukon 5.8 vasemmalla palstalla on listattuna yhteenvedo talviesimerkin eri osa-alueista. Oikealla palstalla esitetään syksyesimerkki. Syksyllä päästään positiiviseen lopputulokseen sekä perustason että hyvän tason sääsuojauksella. Talvella positiiviseen lopputulokseen päästään hyvän tason sääsuojauksella.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Tutkimuksen tarkastelu

Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen kustannusvaikutuksia tutkittiin tässä diplomityössä kirjallisuuskatsauksella, teemahaastatteluilla ja laskentaesimerkkien avulla. Tutkimuksen rajaus valittiin tietoisesti laajaksi, sillä tutkitusta aiheesta haluttiin saavuttaa mahdollisimman kattava kokonaiskuva.

Kirjallisuuskatsauksessa huomattiin, että kvantitatiivisen tiedon vaihteluväli, esimerkiksi energiankulutuksessa, oli suuri. Tämän lisäksi sääsuojauksen ja kosteudenhallinnan kustannusvaikutuksista olisi voinut olla enemmän tietoa. Ylipäätään rakennustyömaan sääsuojauksesta oli saatavilla varsin vähän tietoa kirjallisuudessa. Toisaalta kosteus- ja homevaurioista oli saatavilla paljon tietoa. Tuoreita tutkimustuloksia kirjallisuuskatsauksen aihealueista oli haastavaa löytää.

Teemahaastattelut tutkimuksen osana täyttivät niille osoitetut vaatimukset. Haastateltavat kohderyhmät olisi voinut valita siten, että myös työmaanjohto ja yritysten keski-johto olisivat olleet edustettuina. Tällöin myös työmaan näkökulma olisi tullut esiin. Lisäksi tavarantarkastajat ja vakuutusyhtiöt eivät tutkimuksen suhteen olleet täysin onnistuneita valintoja. Vakuutusyhtiöiden edustajat olivat hyvin kaukana työmaasta ja näin ollen he olivat vieraantuneet tämän päivän toimintatavoista. Tavarantarkastajille ei ollut tullut tavarantarkastuksessa toimeksiantoja kosteuskysymyksiin liittyen.

Teemahaastatteluissa saatiin arvokasta tietoa muun muassa kosteusvauriokorjausten kustannuksista ja määristä. Kosteusvaurioiden aiheuttajien selvittäminen olisi voinut olla kattavampi. Kosteusvaurioiden aiheuttajien selvittäminen nimenomaan rakennusliikkeiden näkökulmasta olisi voinut onnistua paremmin, jos haastateltavina olisi ollut myös työmaanjohtoa ja rakennusliikkeiden keskijohtoa. Haastatteluissa olisi voinut kysyä enemmän kvantitatiivista tietoa, parempia perusteluja ja taustatietoja kysytyihin asioihin. Haastateltavien vastauksia voidaan pitää luotettavina, mutta vastauksia tulkitessa täytyy muistaa haastateltavan näkökulma tutkittavaan asiaan. Haastateltavat näkevät saman asian hyvinkin erilaisilla riippuen katselukulmasta. Haastattelut paljastivat työmaan roolin kosteusvaurioiden korjauksessa. Kosteusvauriot hoidetaan usein työmaan toimesta. Näin ollen kaikki kosteusvauriokustannukset eivät siirry välttämättä edes vuosikorjauksen piiriin saati korjausurakoitsijoille tai vakuutusyhtiöille.

Kosteudenhallinnalla ja sääsuojauksella pyritään välttämään kosteusvaurioita. Vältettyjen kosteusvaurioiden kustannussäästöjä tutkittiin laskentaesimerkkien avulla. Lasketut kustannussäästöt perustuivat teemahaastatteluista saatuihin vastauksiin. Työtehon kustannuksia arvioitaessa tehtiin oletus esimerkkikerrostalon työkuukustannuksista, joihin työtehon kasvu vaikuttaa suoraan. Vähentyneestä työmäärästä otettiin huomioon ainoas-

taan lumen ja jään poistoon kuluva aika. Tämän lisäksi aikaa säästyy todennäköisesti muissakin töissä. Laskentaesimerkit esitettiin avoimesti, jotta laskelmien toistettavuus olisi mahdollisimman helppoa. Laskennassa käytettiin oletuksia ja yksinkertaistuksia, jotka selvitetään luvussa 5.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lämmityksen ja sääsuojauksen hyötyjä urakoitsijalle. Tutkimuksessa saatiin paljon kvalitatiivista tietoa kosteudenhallinnasta ja sääsuojauksesta. Lisäksi saatiin melko luotettava käsitys sääsuojauksen taloudellisesta merkityksestä, mikä oli tutkimuksen tavoite. Tutkimus on lisäksi helposti toistettavissa ja muunneltavissa erilaisiin olosuhteisiin.

## 6.2 Tulosten tarkastelu

Haastattelujen mukaan suurin osa kosteusvaurioista ei aiheudu työmaan toiminnasta. Haastateltavat kertoivat myös, että työmaat hoitavat itse mahdolliset kosteusvauriot, joten ne eivät välttämättä ikinä päädy haastateltavien tietoon. Tätä näkemystä tukee myös haastatteluista saatu ero kosteusvauriokorjausten määrästä ja vaurioiden aiheuttajasta. Työmaata tai urakoitsijaa pidetään usein syyllisenä kosteusvaurioihin, mutta työmaan aiheuttamia kosteusvaurioita ei kuitenkaan korjata suuressa määrin.

Laskentaesimerkit osoittavat selvästi, että kosteudenhallinnan laiminlyönti on riskialtista toimintaa. Liian järeällä toiminnalla voidaan aiheuttaa helposti turhia kustannuksia, mutta toisaalta mahdollisuus kannattavaan kosteudenhallintaan ja sääsuojaukseen on ilmeinen. Esimerkeissä olevien hyvän ja heikon sääsuojauksen absoluuttinen kustannusero on merkittävä, etenkin syksyesimerkissä. Täten voidaan sanoa, että riskienhallinta on oleellisessa asemassa kosteudenhallintaa suunniteltaessa. Riskien todennäköisyyksien ja vaikutusten pienentäminen, sekä ideaalitulanteessa niiden poistaminen, ovat merkittävässä roolissa.

Vuodenaika vaikuttaa selkeästi sääsuojauksen ja kosteudenpoiston kannattavuuteen. Ilmassa olevan kosteuden määrä syksyllä on huomattavasti suurempi kuin talvella. Suurimmat hyödyt sääsuojauksesta tulevat näin ollen säästyneistä kuivatusajoista. Syksyllä voidaan lämmittämisen lisäksi joutua tilanteeseen, jossa kosteus täytyy poistaa kosteudenerottimilla. Kosteudenerottimien kustannukset ovat korkeita verrattaessa lämmittimien kustannuksiin. Näin ollen sääsuojauksen kannattavuus kasvaa edelleen syksyllä.

Imagon parantuminen on rakentajalle selkeä taloudellisesti positiivinen asia. Laskentaesimerkeissä tätä ei otettu huomioon taloudellisessa mielessä, mutta imagon merkitys niin asiakkaiden kuin aliurakoitsijoiden silmissä voi kuitenkin olla merkittävä taloudellinen tekijä. Rakentaminen on voimakkaasti suhdanneherkkä teollisuudenala. Kilpailijoita paremmalla imagolla on mahdollista saada etua sekä matalasuhdanteessa että korkeasuhdanteessa. Korkeasuhdanteen aikana paremman imagon ansiosta on mahdollista saada parempaa työvoimaa käyttöönsä kun taas matalasuhdanteen aikana asiakkaan ratkaisevana valintaperusteena saattaa olla yrityksen imago.

Sääsuojauksen ja kosteudenhallinnan optimointi on haastava tehtävä. Syitä haastavaan taloudelliseen optimointiin on muun muassa nykyisten litterointitapojen aiheutta-

ma haaste löytää kosteudenhallinnan todelliset kustannukset. Riskeistä johtuvat epävarmuudet aiheuttavat myös laskennallisessa kannattavuudessa suurta hajontaa, jota on vaikea hallita. Jos jossakin kohteessa sääsuojauksen ja kosteudenhallinnan optimoinnissa onnistutaan, ei se automaattisesti tarkoita, että samoja toimenpiteitä voitaisiin soveltaa muihin kohteisiin. Kaikki kohteet on suunniteltava kosteudenhallinnan osalta yksilöllisesti.

### **6.3 Jatkotutkimusehdotukset**

Sääsuojauksen ja kosteudenhallinnan kaikista kustannustekijöistä ei ole varmuutta. Positiivisina kustannusvaikutuksina voisi olla esimerkiksi sääsuojauksen käyttö kohteen markkinoinnissa. Toisaalta sääsuoja ei välttämättä vaikuta työn tehokkuuteen oletetusti. Edellä mainituista syistä johtuen sääsuojauksen ja kosteudenhallinnan todellisia kustannuksia tulisi seurata todellisessa kohteessa, erilaisissa sääolosuhteissa sekä erityyppisissä projekteissa. Asiaa voidaan tutkia myös simuloimalla erilaisia skenaarioita. Simulointiin on olemassa tietokoneohjattuja apuvälineitä.

Rakennusyhtymissä voisi toteuttaa case-tutkimuksen sääsuojauksen ja kosteudenhallinnan kustannuksista ja esimerkiksi työn tehokkuuden kasvusta. Yhtenä osa-alueena voitaisiin myös kehittää helppo keino, esimerkiksi tietokoneohjelma, oikeaan lämmityslaitteiden ja kosteudenerottimien valintaan.

## LÄHTEET

Bromilow, F.J. & Henderson, J.A. 1976. Procedures for reconing and valuing the performance of building contracts. *The Chartered Builder* 10, 9, pp. 57.

Chan, D.W.M. & Kumaraswamy, M.M. 2002. Compressing construction durations: lessons learned from Hong Kong building projects. *International Journal of Project Management* 20, pp. 23-35.

Chester, M. & Hendrickson, C. 2005. Cost Impacts, Scheduling Impacts, and the Claims Process during Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 1, pp. 102-107.

Elfving, J. 2009. Green Building vai Green City. In: Junnila, S. Rakentamisen energia-tulevaisuus. Helsinki, Sitra. pp. 27-33.

Hirsjärvi, S & Hurme, H. 2009. Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki, Gaudeamus Helsinki University Press. 213 p.

Häkkinen, T. 2005. Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö- ja elinkaarimittarit. Helsinki, Rakennusteollisuuden kustannus RTK. 74 p.

Hämäläinen, J. 2010. Talonrakentamisen ympäristömittareiden kehittäminen. MSc Thesis. Tampere. Tampere University of Technology, Construction Economics. 85 p.

Hämäläinen, J. Diplomityö esimerkki. 2011. Tampere. Sähköpostikeskustelu. 1 p.

Jalava, J. & Kokkinen, A. 2002. Kansantalouden tilinpito ja bruttokansantuote kuvaavat taloutta laajasti. Tietoaika [WWW]. Tilastokeskus. [viitattu 11.5.2011]. Saatavissa: [http://www.tilastokeskus.fi/tup/tietoaika/ta\\_05\\_02\\_kt\\_tilinpito.html](http://www.tilastokeskus.fi/tup/tietoaika/ta_05_02_kt_tilinpito.html)

Kiviniemi, M. 1996. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1795. 57 p.

Kokki, P. & Mäkelä, H. 1980. Talvirakentaminen. Lämpösuojaus ja energiankäyttö. Helsinki, Rakentajain Kustannus Oy. 110 p.

Kokki, P. & Mäkelä, H. 1982. Rakennustyöaikaisten lämmittimien valinta ja käyttö, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tiedotteita 136. 153 p.

Kone-Ratu 07-3034. 1996. Talvityöt ja -kustannukset. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2010. 14 p.

Konevuokraus hinnasto. 2010. Hämeen rakennuskone Oy. 32 p.

Laitinen, M. Puukerrostalo teltassa. 2011. Helsinki. Sähköpostikeskustelu. 2 p.

Lassila, A-P. 2011. Rakentamisen aikainen betonirakenteiden tehokas kuivattaminen. Kandidaatintyö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. 29 p.

Lumme, P. & Merikallio, T. 1997. Betonin kosteuden hallinta. Suomen betonitieto. 31 p.

Nevalainen, A., Husman, T., Koskinen, O., Hyvärinen, A., Partanen, P., Jääskeläinen, E. & Meklin, T. 1996. Prevention of Moisture and Mold – Protecting Occupants' Health. CIN W70, Helsinki, 1996. Helsinki, Association of Finnish Civil Engineers RIL. pp. 155-157.

Ng, S.T., Mak, M.M.Y., Skitmore, R. M., Lam, K.C. & Varnam, M. 2001. The predictive ability of Bromilow's time-cost model. Construction Management and Economics 19, pp. 165-173.

Omakotitaloista homeessa jopa 250 000. 2011. Kauppalehti [WWW]. [viitattu 20.1.2011]. Saatavissa: <http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/etusivu/uutinen.jsp?oid=20110155027>

Orantie, K. 1986. Rakennustyömaan rakennusfysiikka. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Esitutkimus. 81 p.

Perälä, A-L. & Kontuniemi, P. 1990. Talonrakennusten energiasisällön muutokset. Tampere, Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 13 p.

Puhakka, E., Bäck, B., Kalso, S., Vahanan, R., Viitanen, H., Voutilainen, A., Ruotsalainen, R., Koukila-Kähkölä, P., Sarekoski, K. & Kärkkäinen, J. 1996. Terveellinen sisäilma. Jyväskylä, Suomen Sisäilmaston Mittauspalvelu Oy. 243 p.

Rakennetun omaisuuden tila 2011. 2011. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 42 p.

RakMK C2. 1998. Suomen rakentamismääräyskokoelma – Kosteus. Helsinki 1998, Ympäristöministeriö. 16 p.

- Rantamäki, J. & Kivijakola, P. 1988. Säasuoajat, esitutkimus. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, tiedotteita 833. 34 p.
- Ratu C8-0377. 1996. Talvityöt ja -kustannukset, suunnitteluohje. Rakennusteollisuuden Keskusliitto & Rakennustietosäätiö 1996. 7 p.
- Ristamäki, T. Työtapaturman kustannukset. 2011. Tampere. Sähköpostikeskustelu. 2 p.
- Salmi, T. & Kemoff, T. 1996. Home- ja kosteusongelmat rakennuksessa. Joutsa, Suomen Kiinteistöliitto Oy-Rep. 69 p.
- Senaatti-kiinteistöt. 2004. Yhteiskuntavastuuraportti. Helsinki, Senaatti-kiinteistöt. 51 p.
- Sharrard, A. L., Matthews, H. S. & Roth, M. 2007. Environmental Implications of Construction Site Energy Use and Electricity Generation. *Journal of Construction Engineering and Management* 133, 11, pp. 846-854.
- Stoy, C., Pollalis, S. & Schalcher, H-R. 2007. Early estimation of building construction speed in Germany. *International Journal of Project Management* 25, pp. 283-289.
- Suomen tilastollinen vuosikirja 2008. 2008. Helsinki, Tilastokeskus. 720 p.
- Talvilisäkustannukset talonrakennustyömailla. Helsinki, Oy Rastor Ab. 177 p.
- Tamminen, R. 1993. Tiedettä tekemään!. Jyväskylä, Atena Kustannus Oy. 182 p.
- Tanhuanpää, V-P., Koskela, L. & Landenperä, P. 1999. Rakennushankkeen toteutuksen tehostaminen – Mahdollisuudet ja keinot hankkeen eri vaiheissa. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 90 p.
- Tanhuanpää, V-P. & Lahdenperä, P. 1996. Rakentamisprosessin malli – Toteumatiedot toimistorakennushankkeesta. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1768. 294 p.
- Teriö, O. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. Tampere, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 39 p.
- Viitanen, H.A. 1996. The critical conditions causing mould and decay problems in buildings. CIN W70, Helsinki, 1996. Helsinki, Association of Finnish Civil Engineers RIL. pp. 435-438.



## **LIITEET**

Liite 1: Säätilastoja Suomen eri paikkakunnilta 1 s.

Liite 2: Haastateltavat ja haastatteluajankohdat 1 s.

Liite 3: Haastattelukysymykset 2 s.

Kuukauden keskimääräiset lämpötilat ja suhteelliset kosteudet vuosilta 1971-2000 viideltä paikkakunnalta.  
Tilastot on saatu sähköpostilla Ilmatieteenlaitokselta (Pirkko Karlsson)

	Month	T2m_00	T2m_06	T2m_12	T2m_18	Tmean	Rh_00	Rh_06	Rh_12	Rh_18	Rhmean
HELSINKI KAISANIEMI	1	-4,5	-4,4	-3,6	-4,1	-4,2		85	83	85	84
HELSINKI KAISANIEMI	2	-5,6	-6,0	-3,5	-4,6	-4,9		86	79	83	83
HELSINKI KAISANIEMI	3	-2,7	-2,9	0,3	-1,2	-1,5		86	74	80	80
HELSINKI KAISANIEMI	4	1,6	2,5	5,4	3,7	3,3		78	66	71	72
HELSINKI KAISANIEMI	5	7,3	9,6	12,2	10,9	9,9		68	58	61	62
HELSINKI KAISANIEMI	6	12,0	14,7	17,0	15,8	14,8		70	61	64	65
HELSINKI KAISANIEMI	7	14,7	17,1	19,5	18,3	17,2		74	63	67	68
HELSINKI KAISANIEMI	8	13,8	15,5	18,2	16,4	15,8		80	66	73	73
HELSINKI KAISANIEMI	9	9,4	10,1	13,0	11,0	10,9		86	69	80	78
HELSINKI KAISANIEMI	10	5,4	5,4	7,6	6,2	6,2		87	76	82	82
HELSINKI KAISANIEMI	11	1,1	1,2	2,1	1,4	1,4		86	82	85	84
HELSINKI KAISANIEMI	12	-2,4	-2,3	-1,7	-2,1	-2,2		86	85	86	86
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	1	-6,1	-6,3	-5,1	-5,8	-5,9	89	90	87	89	89
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	2	-7,4	-8,0	-4,6	-6,2	-6,5	89	89	83	88	87
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	3	-4,4	-5,0	0,1	-2,0	-2,7	89	90	71	80	82
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	4	0,0	1,0	6,0	3,8	2,7	86	83	59	68	74
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	5	4,9	8,8	13,7	11,6	9,5	84	69	49	55	64
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	6	9,6	13,8	17,8	16,0	14,1	87	71	52	58	67
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	7	11,9	15,6	19,8	17,7	16,1	91	78	57	65	73
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	8	11,1	13,4	18,2	15,4	14,5	93	86	59	72	78
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	9	7,0	7,7	12,6	9,3	9,3	93	92	66	83	83
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	10	3,5	3,4	6,6	4,4	4,6	92	93	77	88	88
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	11	-0,7	-0,8	0,6	-0,5	-0,4	91	92	87	90	90
JOKIOINEN JOKIOISTEN OBSERVATORIO	12	-4,2	-4,2	-3,5	-4,1	-4,1	91	91	89	90	90
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	1	-7,0	-7,1	-5,8	-6,7	-6,7	90	90	88	90	89
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	2	-8,1	-8,6	-5,0	-6,8	-7,0	89	89	83	88	87
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	3	-4,7	-5,0	0,1	-2,2	-2,8	88	89	72	80	82
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	4	0,1	1,4	6,5	4,2	3,0	83	80	57	66	71
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	5	5,0	8,5	13,4	12,1	9,5	80	68	49	53	62
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	6	10,2	13,8	17,8	16,6	14,4	83	70	52	57	65
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	7	12,5	15,8	19,9	18,7	16,5	86	75	55	60	69
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	8	11,4	13,7	18,0	15,8	14,6	89	83	60	70	76
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	9	7,1	8,1	12,6	9,5	9,4	90	90	66	81	82
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	10	3,8	3,8	6,6	4,5	4,7	91	92	79	87	87
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	11	-1,3	-1,4	-0,1	-1,0	-1,0	91	92	88	91	90
PIRKKALA TAMPERE-PIRKKALAN LENTOASEMA	12	-4,7	-4,8	-4,1	-4,7	-4,6	92	91	90	91	91
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	1	-8,8	-8,8	-7,6	-8,4	-8,5	89	89	88	88	88
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	2	-9,6	-10,3	-6,5	-8,4	-8,7	88	88	82	87	86
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	3	-6,0	-6,6	-0,8	-3,1	-4,0	88	89	70	79	82
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	4	-1,4	-0,1	4,7	2,7	1,4	85	80	58	66	72
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	5	4,0	8,0	12,6	11,2	8,7	84	68	49	54	64
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	6	9,4	13,6	17,4	16,2	14,0	86	69	52	57	66
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	7	11,8	15,6	19,5	18,1	16,0	90	75	56	64	71
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	8	10,4	12,8	17,1	14,8	13,7	92	86	62	75	79
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	9	5,9	6,8	11,3	8,2	8,2	93	92	68	85	84
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	10	2,4	2,2	5,0	3,1	3,2	91	92	79	88	88
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	11	-2,5	-2,6	-1,4	-2,2	-2,2	91	91	88	91	90
JYVÄSKYLÄ JYVÄSKYLÄN LENTOASEMA	12	-6,4	-6,6	-6,0	-6,4	-6,4	90	90	89	90	90
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	1	-10,0	-9,9	-9,1	-9,7	-9,7	87	87	86	87	87
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	2	-10,2	-10,6	-8,1	-9,2	-9,5	87	87	83	86	86
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	3	-6,4	-6,8	-2,1	-4,1	-4,7	86	87	73	80	82
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	4	-1,6	-0,7	3,5	1,7	0,8	83	80	61	70	73
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	5	4,2	6,9	10,4	8,9	7,5	81	70	54	61	66
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	6	10,3	13,1	16,1	15,0	13,6	80	69	55	60	66
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	7	13,1	15,6	18,9	17,7	16,2	84	74	58	64	70
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	8	11,2	12,6	16,5	14,8	13,7	87	83	62	72	76
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	9	6,6	6,9	11,0	8,8	8,4	88	88	68	80	81
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	10	2,0	1,7	4,3	2,8	2,7	88	89	79	85	85
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	11	-3,4	-3,4	-2,6	-3,3	-3,2	89	89	87	89	89
OULUNSALO OULUN LENTOASEMA	12	-7,4	-7,5	-7,2	-7,5	-7,5	88	88	88	88	88

Haastateltavat ja haastattelujen ajankohdat.

<b>Nimi</b>	<b>Yritys</b>	<b>Päivämäärä</b>
Tero Sandt	If Vahinkovakuutus Oy	13.4.2011
Kari Salmi	Fennia	19.4.2011
Markku Toivari	Haastattelu ajankohdalla työtön	19.4.2011
Harri Luoma	Peab	26.4.2011
Uula Seppänen	YIT	27.4.2011
Joonas Pyhäjärvi	Rakennustoimisto Pohjola Oy	3.5.2011
Jari Karjalainen	Scan-Clean Oy Ab	6.5.2011
Tapio Peltonen	Raksystems Anticimex	6.5.2011
Kari Salminen	Insinööritoimisto Salminen Oy	9.5.2011
Risto Rantanen	Skanska	19.5.2011
Mikko Nieminen	RKM-Kuivaustekniikka	20.5.2011
Katarina Kirjanen	RKM-Kuivaustekniikka	20.5.2011
Jari Tuurala	RKM-Kuivaustekniikka	15.6.2011

## Haastattelukysymykset

<b>1</b>	<b>Nimi</b>	
1.1	Korjausurakoitsija	
1.2	Tavarantarkastaja	
1.3	Vuosikorjaus	
1.4	Vakuutusyhtiö	
<b>2</b>	<b>Yritys</b>	
2.1	Mitä yrityksesi tekee?	
2.2	Yrityksesi tunnuslukuja	
2.2.1	Liikevaihto?	
2.2.1.1	Miten liikevaihto jakaantuu? (työ, kalusto, materiaalit, etc)	
2.2.2	Markkinaosuus?	
<b>3</b>	<b>Tehtävä/toimenkuva</b>	
<b>4</b>	<b>Kosteusvaurioiden tyypilliset syyt</b>	
4.1	Luettele kosteusvaurioiden tyypillisiä syitä.	
4.2	Kuinka paljon teillä on vuodessa kosteusvauriokorjausta vaativia asuntoja/rakennuksia /kosteusvaurio tapauksia? Kpl/vuosi (2010)	
4.3	Mitkä ovat tyypillisiä työmaasta/urakoitsijasta aiheutuvia kosteusvahinkoja?	
4.4	Mitä kosteusvaurioiden korjaaminen pitää sisällään? Purkua, uudisrakentamista, talotekniikkaa, etc.	
4.5	Kuinka kosteusvauriokorjaukset suunnitellaan?	
4.6	Kuinka kosteusvauriokorjaukset valvotaan?	
4.7	Miten kosteusvaurioiden syyt jakaantuvat? Esitä arvio jakaumasta. Suunnittelu/rakentaminen/käyttö?	
4.8	Kuinka kosteusvaurio-ongelmia tilastoidaan?	
4.8.1	Onko teillä antaa mitään tilastoa teidän toiminnasta?	
4.9	Kuka teidän palveluita tyypillisesti tilaa?	
4.10	Muut esille tulleet asiat.	
<b>5</b>	<b>Kustannukset kosteusremontissa.</b>	
5.1	Kuinka paljon kosteusongelmia tulee vastaa vuodessa?	
5.1.1	kpl/vuosi (2010)	
5.1.2	€/vuosi (2010)	
5.1.3	Paljonko tyypillinen remontti maksaa?	
5.1.4	Kuinka kauan remontti vie tyypillisesti aikaa?	

5.2	Kuinka paljon työmaasta/urakoitsijasta johtuvia kosteusongelmia tulee vastaan vuodessa?	
5.2.1	kpl/vuosi (2010)	
5.2.2	€/vuosi (2010)	
5.2.3	Paljonko tyypillinen remontti maksaa?	
5.2.4	Kuinka kauan remontti vie tyypillisesti aikaa?	
5.3	Kuka tyypillisesti laskun maksaa? Vakuutusyhtiö/yksityinen henkilö/taloyhtiö/rakennusyritys/työmaa/muu/?	
5.4	Muut esille tulleet asiat.	
<b>6</b>	<b>Vahinkojen ehkäisy</b>	
6.1	Luettele keinoja kosteusvaurioiden ehkäisyyn?	
6.2	Miten työmaasta/urakoitsijasta aiheutuvia kosteusvaurioita voitaisiin ehkäistä?	
6.3	Ovatko entistä paksummat lämmöneristeet aiheuttaneet uusia ongelmia?	
6.4	Ovatko kaksi viimeisintä kylmää ja lumista talvea aiheuttaneet uusia ongelmia?	
6.5	Mitkä ovat mielestäsi kosteusteknisesti riskirakenteita?	
6.5.1	Sandwich elementit	
6.5.2	VSS papukatto	
6.5.3	Papukatot	
6.5.4	Kellarin seinät (erityisesti, jos märkätiloja kellarissa)	
6.6	Kuinka vahingoista voisi oppia ja kuinka vahingoista tulisi viestiä?	
6.6.1	Suunnittelija	
6.6.2	Vastaavatmestarit	
6.6.3	Opetus	
6.7	Muut esille tulleet asiat.	
<b>7</b>	<b>Päätös</b>	
7.1	Olisiko teidän mielestä haastattelussa täytynyt käsitellä joitakin muita teemoja?	
7.2	Jäikö jotain kysymättä?	