

Tomi Jäävirta

**KOSTEUDENHALLINTA RAKENTAMISEN ERI VAIHEISSA TA-  
LOTEKNIIKAN KANNALTA**

# **KOSTEUDENHALLINTA RAKENTAMISEN ERI VAIHEISSA TA- LOTEKNIIKAN KANNALTA**

Tomi Jäävirta  
Opinnäytetyö  
Kevät 2016  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Talotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Tomi Jäävirta

Opinnäytetyön nimi: Kosteudenhallinta rakentamisen eri vaiheissa talotekniikan kannalta

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät/2016 Sivumäärä: 70

---

Työn aiheena on kosteudenhallinta rakentamisen eri vaiheissa talotekniikan kannalta tarkasteltuna. Työn tavoitteena on tuottaa taustatietoa Oulun kaupungin rakennusvalvonnan johtamaan Kuivaketju10-hankkeeseen ja siihen liittyviin talotekniikan ohjekortteihin. Hankkeen tavoitteena on tunnistaa keskeisimmät kosteudenhallintaan liittyvät riskit ja esittää mahdollisia korjaavia toimenpiteitä eri rakentamisen vaiheisiin.

Työ toteutettiin pääsääntöisesti teoria-analyysinä. Analyysin kohteena oli kosteusongelmista tehdyt selvitykset ja rakentamisen määräykset. Analyysin kautta tunnistetuille riskeille pyrittiin tunnistamaan korjaavia toimenpiteitä rakentamisen prosessin eri vaiheisiin. Toimenpiteet dokumentoitiin työhön.

Johtopäätöksenä työstä voidaan esittää rakentamisen ja kosteudenhallinnan olevan monimutkainen prosessi. Prosessin onnistuneen lopputuloksen takaaminen vaatii enemmän kuin muutaman ohjekortin. Onnistuminen vaatii koko ketjun asiallista ja kohdennettua hallintaa. Prosessin eri vaiheiden ja niihin liittyvien korjaavien toimenpiteiden ymmärrys on ensisijaisen tärkeää heti prosessin alkuvaiheessa, mikäli hyvä lopputulos halutaan taata. Työ vastasi sille asetettuun tavoitteeseen.

---

Asiasanat: kosteusvauriot, rakennusvalvonta, talotekniikka

# ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
HVAC engineering

---

Author: Tomi Jäävirta

Title of thesis: HVAC Engineering Viewpoint into Moisture Exposure control during Different Stages of Construction Process.

Supervisor: Mikko Niskala

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2016 Pages: 70

---

The subject of this Thesis work was to deal with moisture exposure control during construction process stages and to look into this from HVAC engineering point of view. Aim of the Thesis was to deliver background information and content for the Kuivaketju10 project lead by Construction supervision department in City of Oulu. Project aim is to reduce the problems caused by moisture via introduction of checklist for different stages during construction process. Checklists covers wider range of problems than just HVAC.

Wide range of different materials were analyzed during information collection phase of this Thesis. Not all analyzed materials ended as part of the Thesis, nevertheless also those materials influenced to the outcome as they verified the baseline conclusions. Material analysis was summarized as main identified risks. After risk identification, corrective actions were planned for each step in the construction process. These identified actions could be used as part of checklist development in Kuivaketju10 project.

Main conclusion from this Thesis was that the construction process and the moisture control as part of it are complex problems to solve. One cannot solve this problem and improve quality if one does not take care the moisture control as one continuous topic over the whole process. Moisture control solution can be just as good as the weakest link in the whole chain.

---

Keywords: Building process, HVAC, Moisture control

## **ALKULAUSE**

Haluan osoittaa kiitokseni Mikko Niskalalle, Pirjo Kimarille ja Martti Rautiaiselle kaikesta ohjauksesta ja tuesta opintojen aikana. Ilman teidän avustustanne ja ymmärrystä opintojen rytmittämistä kohtaan ei opinnoista olisi tullut mitään.

Suurin kiitos menee kuitenkin puolisolleni ja perheelleni. Ilman heidän tukeaan ja ymmärrystään ei opiskelusta olisi tullut mitään. Opinnot ovat todistaneet itselleni, että aina pystyy oppimaan ja omaksumaan uutta kunhan mielenkiintoa asiaan riittää.

Oulussa 29.05.2016

Tomi Jäävirta

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 KOSTEUS RAKENTAMISESSA	9
2.1 Kosteusvaurion perusteet ja teoriaa	9
2.1.1 Vuotovahingot	12
2.1.2 Ilmankosteus	12
2.2 Rakentamisen elinkaarikustannukset	14
2.3 Kosteuden kustannukset	16
3 MÄÄRÄYKSET JA KOSTEUDENHALLINTA	19
3.1 Maanrakennuslaki (MRL)	19
3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK)	19
3.2.1 C2	20
3.2.2 D1	21
3.2.3 D2	24
3.3 Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset (RYL)	27
3.3.1 G0 Yleiset laatuvaatimukset	28
3.3.2 G1 Lämmitysjärjestelmät	30
3.3.3 G2 Vesi- ja viemärijärjestelmät	31
3.3.4 G3 Ilmastointijärjestelmät	33
3.4 Muut huomiot	34
4 TOIMINNANVARMISTUS PROSESSINA	35
4.1 ToVa	35
4.2 Kuivaketju10	39
5 VAHINKOSELVITYKSET	41
5.1 Vuotovahinkoselvitykset	41
5.1.1 Vahinkomäärät ja korvaukset	41
5.1.2 Vahinkojakauma	44
5.2 Kosteusvahinkoselvitykset	49

5.3 Yhteenveto	51
6 RISKIT JA TOIMENPITEET	53
6.1 Riskit	53
6.2 Tilaaminen	54
6.3 Suunnittelu	56
6.4 Rakentaminen	59
6.5 Käyttöönotto	62
6.6 Huolto ja ylläpito	64
7 YHTEENVETO	67
LÄHTEET	68

# 1 JOHDANTO

Oulun kaupungin rakennusvalvonta on tehnyt jo pitkään ansiokasta työtä pien-talorakentamisen ohjauksessa. Yhtenä esimerkkinä ohjauksesta on rakentajien tueksi tarkoitetut lyhyet ja yksinkertaiset ohjekortit. Tällä hetkellä yksi rakennus-valvonnan kiinnostuksen kohteista on kosteudenhallinta rakentamisen eri vai-heissa. Hanke kulkee nimellä Kuivaketju10.

Tämä opinnäytetyö käsittelee kosteudenhallintaa talotekniikan kannalta katsot-tuna. Työn tarkoituksena on rajata ja määritellä tarvittavaa sisältöä talotekniikan kosteudenhallinnan ohjekorttiin Oulun kaupungin rakennusvalvonnalle Kuivaket-ju10-hankkeeseen liittyen. Itse kortin tekeminen on rajattu työn ulkopuolelle.

Teoriaosuutena työssä käydään läpi kosteusvaurioiden muodostumista talotek-niikan kannalta, rakentamisen eri vaiheita ja kustannusrakennetta. Työssä käy-dään myös läpi rakentamisen määräyksiä ja Toiminnan Varmistus (ToVa) pro-sessia. ToVa-prosessia käytetään rakentamisen vaiheistuksen ohjenuorana.

Mahdollisia talotekniikan aiheuttamia tai pahentamia kosteusongelmia selvite-tään analysoimalla asiasta tehtyjä tutkimuksia. Analyysin perusteella määritel-lään mahdolliset korjaavat toimenpiteet ja niiden ajoitus.

Työssä huomioidaan myös se, että kosteudenhallinta ei lopu vaikka aktiivisen rakentamisen vaihe päättyy. Käytönaikainen kosteudenhallinta on oleellisessa osassa koko rakennuksen elinkaarta. Hankkeen valmisteluvaiheessa olisikin hyvä huomioida myös käytön asettamat vaatimukset.



## 2 KOSTEUS RAKENTAMISESSA

Tässä luvussa käsitellään teoreettiselta kannalta mahdollisia kosteusvaurioiden syntymekanismia joissa talotekniikka voisi olla vaikuttavana tekijänä. Luvussa käsitellään myös kosteuden aiheuttamia kansantaloudellisia kustannuksia ja esitellään rakentamisen elinkaarikustannusten jakautuminen.

### 2.1 Kosteusvaurion perusteet ja teoriaa

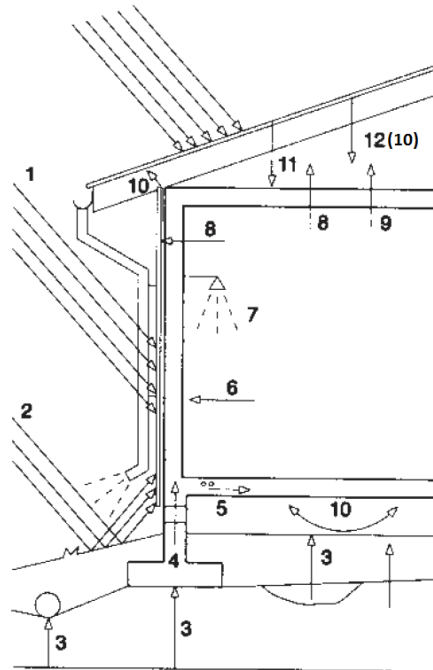
Kosteusvaurion määritelmänä voidaan käyttää RIL 250–2011 -materiaalissa esiteltyä määritelmää:

”Kosteusvaurio tarkoittaa liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuva materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittymistä tai ominaisuuksien muuttumista siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa.” (1, s. 223.)

Kosteusvaurio itsessään ei vielä ole välttämättä terveydelle haitallinen. Kosteusvaurioon liittyy kuitenkin useasti homeongelmia ja mikrobivaurioita, jotka ovat useasti terveydelle haitallisia.

Kosteusvaurion mahdollisia syntymekanismia on useita ja vaurioita voi myös esiintyä useassa eri kohdassa rakennusta. Kuva 1 esittää mahdollisia kosteuslähteitä rakennuksessa. Kosteuslähteet voivat aiheuttaa ongelmia mikäli tekniset ratkaisut pettävät tai eivät ole huolella toteutettuja.

1. Sade ja tuulenpaine
2. Roiskevesi ja pintavedet
3. Maaperän kosteus
4. Rakennekosteus ja kapillaarivesi
5. Putki, yms. vuodot
6. Sisäilman kosteus
7. Käyttötavat
8. Diffuusio
9. Ilmavuoto
10. Puutteellinen tuuletus
11. Katto-, liitos- ja läpimeno-  
vuodot
12. Tuuletuksen puute ja  
kondensio



*KUVA 1. Kosteuslähteet (2)*

Tässä työssä keskitytään kuitenkin mahdollisiin vaurioihin, joissa talotekniikka voi olla yhtenä osatekijänä. Kosteuslähteitä, joilla on suora yhteys talotekniikkaan, ovat kohdat 5 ja 6 (kuva 1). Talotekniikkaa laajemmin tarkasteltaessa tulevat mukaan myös kohdat 1, 2, 3, 7, 9, 11 ja 12.

Taulukko 1 esittää yksinkertaistetut yhteydet eri kosteuslähteiden ja talotekniikan (LVIA -> Lämpö, Vesi, Ilmanvaihto, Automatiikka) välillä.

TAULUKKO 1. Kosteuslähteet ja LVIA

Kosteuslähde	L	V	I	A
1 Sade ja tuulenpaine		Kattoveden poisto, pumppaamot		
2 Roiskevesi ja pintavedet		Pintakaadot		
3 Maaperän kosteus		Salaojitus		
5 Putki- yms. vuodot	Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä	Käyttövesi ja viemäröinti		
6 Sisäilman kosteus			Ilmanvaihto	Automaatio
7 Käyttötavat				Automaatio / mittaukset
9 Ilmavuodot			Läpiviennit (runkoputket yläpohjassa)	
11 Katto, liitos ja läpimeno-vuodot			Läpiviennit (yleisimmin poistoilma)	
12 Kondenssi			Putkitukset yläpohjassa, yläpohjan ilmanvaihto	

Taulukko 1 osoittaa selkeästi, että on useita potentiaalisia kohtia, joissa talotekniikka voi olla osaltaan vaikuttamassa rakennuksessa esiintyvään kosteuteen. Tämäkin on vain yksinkertaistettu lista, ja monenlaisia muitakin kohtia voidaan löytää.

### **2.1.1 Vuotovahingot**

Vuotovahingon yhteys mahdolliseen kosteusvaurioon on helposti ymmärrettävissä. Vuotovahinko ei kuitenkaan suoraan ole sama asia kuin kosteusvaurio. Vuotovahinko voidaankin määritellä seuraavasti:

”Vuotovahingolla tarkoitetaan tilannetta, missä neste vuotaa rakennuksen omista putkista tai käyttölaiteista äkillisesti ja ennalta-arvaamatta” (3, s. 7).

Vuotovahingon edellä mainittu määritelmä ei pidä sisällään mahdollisia vahinkoja, jotka aiheutuvat rakenteeseen pääsevistä ulkopuolisesta ”luonnollisesta” vedestä. Puhekielessä tällaisetkin vahingot, esimerkiksi katolla oleva läpivientikappale ei ole tiivis ja sadevettä pääsee yläpohjaan, katsotaan kuuluvan vuotovahinkojen alle.

Rakenteen ja mahdollisten läpivientien vedenpitävyys on kuitenkin hyvin oleellinen osa mahdollisten kosteusvaurioiden ennaltaehkäisyä. Talotekniikan kannalta rakennuksen katolla on hyvin usein ulkopuoliselle vedelle alttiita läpivientejä, kuten esimerkiksi ilmanvaihdon jäteilma, radontuuletus ja viemärin tuuletus.

### **2.1.2 Ilmankosteus**

Ilmassa esiintyy käytännössä aina jonkin verran kosteutta, niin ulkona kuin sisälläkin. Ongelmaksi ja kosteusvaurioiden mahdolliseksi aiheuttajaksi ilmankosteus muuttuu joko imeytyessään suoraan rakennusmateriaaleihin tai tiivistyessään ensin pintoihin (kondenssi) ja tiivistyneen veden valuessa rakenteisiin.

Sisäilman kosteudesta mahdollisesti aiheutuvat kosteusvauriot ovat vaikeammin selvitettävissä kuin vuotovahinkojen. Käytännössä voidaan ajatella, että sisäilman kosteus vaatii aina kumppanikseen jonkin toisen ”syy” kosteusvaurion aiheuttamiseen. Sisäilman kosteuden pitää siis käytännössä päästä jostakin rakenteeseen, että kosteusvaurio olisi todennäköinen. Mikäli rakennuksessa ei ilma vaihdu ollenkaan voi sisäilman kosteus aiheuttaa kosteusvaurioita myös niin sanotuissa näkyvissä pinnoissa.

Rakennusten tiiviys onkin nykyaikaisessa rakentamisessa hyvin oleellisessa osassa estämässä sisäilman kosteudesta mahdollisesti aiheutuvia vaurioita.

Mitä tiiviimpi rakenne on, sitä helpompi siihen on myös toteuttaa toimiva ilmanvaihtoratkaisu. Toimiva ratkaisu pitää huolen siitä, että rakennus on sopivasti alipaineinen ja ilman reitit ovat hallittuja. Mikäli rakenteessa on vuotoja, esimerkiksi huonosti toteutettujen läpivientien vuoksi, sitä todennäköisempää on, että rakenteessa esiintyy ei-toivottuja ilmareittejä. Ei toivotut ilmareitit voivat johtaa pitkällä aikavälillä kosteusvaurioihin.

Ulkoilman kosteuden imeytymistä suoraan rakennusmateriaaleihin voidaan välttää pitämällä ilmanvaihto myös ns. kylmissä tiloissa hyvässä kunnossa. Näin ilmakeuhkeus ei pääse nousemaan niin korkealle tasolle, että siitä olisi rakenteelle haittaa.

Kondensoitumisesta on kysymys silloin, kun ilman kosteus tiivistyy vedeksi materiaalin pinnalle. Tiivistymistä tapahtuu, kun pinnan lämpötila on ympäröivän ilman kastepistelämpötilan alapuolella. Ilman saavuttaessa kastepistelämpötilan se sisältää kyllästyskosteuden verran vesihöyryä eli sen  $RH = 100\%$  (4).

Talotekniikan kannalta voidaan kondenssista käyttää esimerkkinä yläpohjassa kulkevaa poistoilmanvaihtokanavaa. Mikäli kanavaa ei ole eristetty kunnolla, voi putken pinnan lämpötila vastata talvella ulkoilman lämpötilaa. Poistokanavassa kulkee talon sisältä poistettua lämmintä ja kosteaa ilmaa. Putken pinnan jäähtyessä ulkoilman vaikutuksesta, kosteutta kondensoituu putken sisäpinnalle. Putken sisäpinnalta kosteus voi päästä valumaan kanavien liitosten kautta eristeisiin.

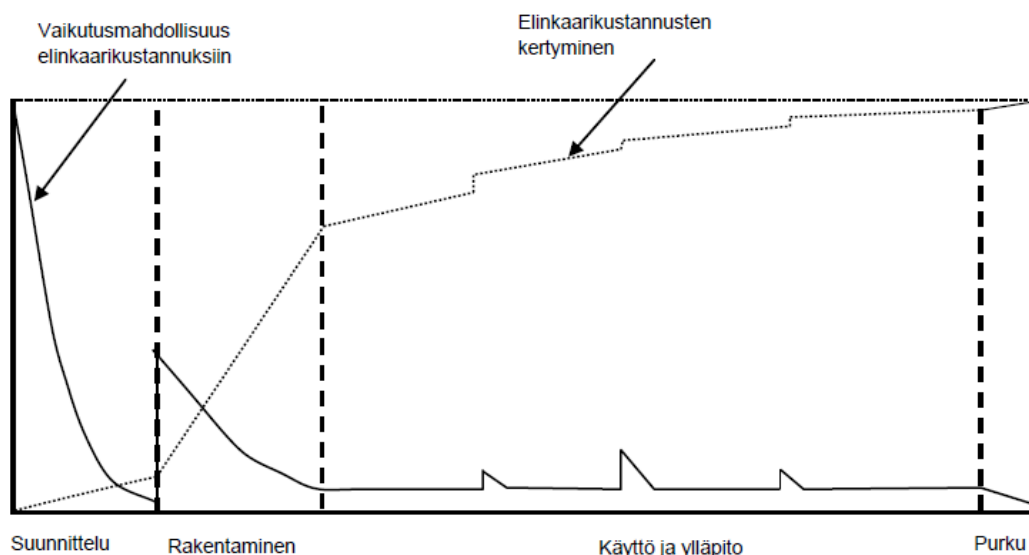
Toinen hyvä esimerkki kondenssista on suihkuutilassa kulkevat metalliset kylmävesiputket. Vesiputket kondensoivat kosteutta pintaansa, kun tilassa käydään suihkussa ja ilman kosteus nousee. Kylmävesiputken pinta on kylmän veden lämpötilan mukainen ja näin ollen kondensoi kosteutta pintaansa. Tällaisessa tapauksessa kondenssista ei ole juurikaan haittaa, koska suihkuutila on märkätila.

## 2.2 Rakentamisen elinkaarikustannukset

Rakentamisen elinkaarikustannusten laskemista ja määräytymistä on käsitelty useissa eri materiaaleissa ja useiden eri toimijoiden toimesta. Elinkaaren voi määritellä mm. seuraavasti:

”Elinkaari: on rakennetun kohteen tai kohteen osan (tuotejärjestelmä, moduuli, komponentti, materiaali) peräkkäiset tai vuorovaikutteiset vaiheet raaka-aineiden hankinnasta tai tuottamisesta loppukäsittelyyn.” (5, s. 6.)

Elinkaarikustannusten varsinaisessa laskennassa voidaan käyttää useita eri laskentajaksoja kuvaamaan rakennuksen käyttöikä. Yleisesti käytetyt ajanjaksot ovat 5, 15, 25, 50 vuotta. Kuva 2 antaa yleisen kuvan kustannusten kertymisestä ja siitä, missä vaiheessa kustannuksiin voidaan vaikuttaa.



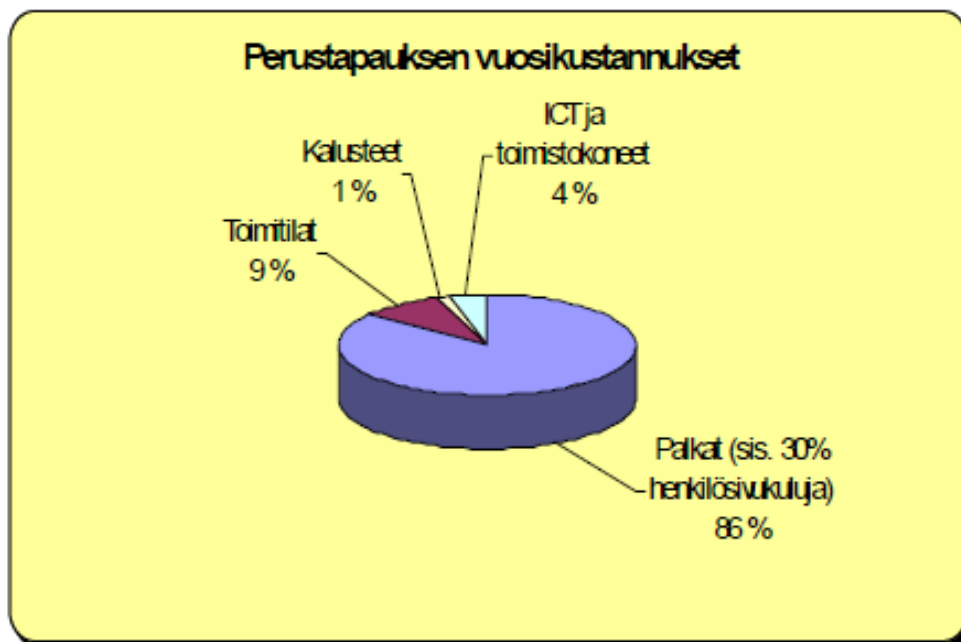
*KUVA 2. Mahdollisuudet vaikuttaa elinkaarikustannuksiin rakennushankkeen eri vaiheissa (6, s. 11)*

Kuten kuvasta 2 voidaan nähdä, ja mikä on myös pääteltävissä, on suunnittelu- vaiheessa suurimmat vaikutusmahdollisuudet elinkaarikustannuksiin. Suurin yksittäinen elinkaarikustannuksen kerryttäjä on edelleen rakentaminen. On kuitenkin huomattava, että käytön ja ylläpidon kustannuskertymän on merkittävä. Käytössä ei yleisesti huomioida rakennuksen todellista käyttöä eli esimerkiksi

palkkoja vaan keskitytään lähinnä mekaanisen operoinnin kustannuksiin, kuten kiinteistöhuoltoon.

Rakennuksen käytössä ja todellisissa elinkaarikustannuksissa olisi kuitenkin syytä huomioida myös tilankäytön välilliset kustannuksetkin. Voidaan ajatella, että mikäli rakennetaan toimistorakennus, joka ei vastaa käyttäjän odotuksia tai rakennusta ei voida käyttää täydellä teholla, ei myöskään investoinnille saada palautusta.

Toimistorakennus on hyvä esimerkki kokonaiskustannusten laskentaan, koska siinä käytönaikaiset palkkakustannukset muodostavat huomattavan osan kokonaiskustannuksesta. Lähteestä riippuen kustannusjakauma on noin 5–10 % rakennus, 70–80 % ihmisten palkat. Kuva 3 esittää yhtä mahdollista kustannusjako.



KUVA 3. Toimistorakennuksen kustannusmalli (7)

Esitetyn tiedon valossa voidaan tehdä johtopäätös, että tilojen täytyy tarjota toimijoille terveellinen, toimiva ja viihtyisä ympäristö. Mikäli tilat eivät tätä tee ja maksetuille palkoille ei saada vastetta, tulee tilojen käytöstä kallista. Tätä tietoa vasten voidaan myös peilata energiansäästöajattelua. Energiansäästö on niin

kauan perusteltua kun se ei huononna työolosuhteita ja sitä kautta heikennä työttehokkuutta.

Mahdollisen kosteuden aiheuttamat ongelmat rakennuksessa pienentävät myös rakennuksen käyttöastetta ja aiheuttavat näin kerrannaiskustannuksia. Kustannusrakenteen mukaan olisi selkeästi kokonaistaloudellisempaa panostaa kosteudenhallintaan jokaisessa rakentamisen vaiheessa, kuin antaa kosteuden aiheuttaa rakennukselle käyttökatkoja / mahdollisia sairaspöissaoloja.

### **2.3 Kosteuden kustannukset**

Kosteusvaurioiden ja niistä seuranneiden homevaurioiden taloudellisesta merkityksestä on tehty useita selvityksiä. Tämä luku perustuu pääsääntöisesti Eduskunnan Tarkastusvaliokunnan lausuntoon vuodelta 2012.

Kustannukset jaetaan kolmeen eri kategoriaan: rakennuksen kunnossapidosta ja korjauksesta, tilankäyttäjien terveyden tilasta / sen huonontumisesta ja työpanos-/tuottavuus menetyksistä aiheutuviin kustannuksiin (8).

Suomen rakennuskanta oli vuonna 2015 noin 2,4 miljoonaa rakennusta arvoltaan noin 369 mrd. €. Mikäli rakennuskannan kokonaisluvusta otetaan pois kesämökkit ja muut rakennukset saada kannan määräksi ~1,4 milj. rakennusta. (9.)

Arviot merkittävien kosteus- ja homevaurioiden määrästä vaihtelevat. Pien- ja rivitaloissa määrän on arvioitu olevan noin 7–13 % ja kerrostaloissa 6–9 % kerrosalasta. Tätä kautta laskettuna saadaan arvio, että 13–28 mrd. € omaisuuden kohdistuu kosteus ja homevaurio. Mikäli mukaan huomioidaan vielä opetus- ja hoitoalan rakennukset, joissa arvioidaan oleva 12–26 % kerrosalasta home/kosteusvaurioita, ja toimistorakennukset, joissa vastaava prosentti on noin 2,5–5 %, nousee kosteus- ja homevaurioiden omaisuuden arvo luokkaan 16–62 mrd. €. Taulukko 2 esittää yhteenvedon kosteus- ja homevaurioiden arvioidusta määrästä asuntokannassa. (8.)



*TAULUKKO 2. Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden arvioitu määrä asuntokannassa (8 s. 142)*

Rakennustyyppi		Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita		Altistuvia		Korjauskustannukset (milj. €)	
		alin arvio	ylin arvio	alin arvio	ylin arvio	alin arvio	ylin arvio
Pien- ja rivitalot	lukumäärä	99 000	148 500	224 500	336 900	191	287
	osuus (%)	7	10				
Kerrostalot	lukumäärä	71 000	106 500	103 000	154 400	148	223
	osuus (%)	6	9				
Asuinrakennukset	Yhteensä			327 500	498 300	339	510

Vuotuisen korjausrakentamisen arvo asuinrakennuksissa on noin 5mrd €, kosteus- ja homevauriot muodostavat tästä kustannuksesta noin 7–10 % (8).

Taulukko 3 esittää työpaikoiksi luokiteltavassa rakennuskannassa esiintyvien kosteus- ja homevaurioiden määrän ja korjauskustannukset. Yhdistämällä taulukon 2 ja 3 tiedot nähdään, että kosteusvaurioiden korjauskustannukset ovat noin 1,2–1,6 mrd. €.

*TAULUKKO 3. Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden arvioitu määrä työpaikkojen rakennuskannassa (8 s. 143)*

Rakennustyyppi		Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita		Altistuvia		Korjauskustannukset (milj. €)	
		alin arvio	ylin arvio	alin arvio	ylin arvio	alin arvio	ylin arvio
Koulut ja päiväkodit	kerrosala	2 120 000	3 180 000	172 000	259 200	212	318
	osuus (%)	12	18				
Hoitolaitokset	kerrosala	2 095 000	2 657 000	36 000*	46 800*	605	693
	osuus (%)	20	26				
Toimistot	kerrosala	461 000	922 000	27 500	55 000	46	92
	osuus (%)	2,5	5				
Yhteensä	kerrosala	4 676 000	6 759 000	235 500	361 000	863	1 103

\*Ei sisällä hoitolaitoksissa olevien potilaiden/asukkaiden määrää.

Taulukko 2 ja taulukko 3 ovat käsitelleet kosteuden kustannuksia materiaaliselta kannalta. Taulukko 4 esittää yhteenvedon terveydellisten talousvaikutusten suuruusluokasta.

*TAULUKKO 4. Kosteus- ja homeongelman terveydellisten talousvaikutusten suuruusluokat eri tarkastelujen valossa (8 s. 149)*

Terveyteen liittyvä kustannushaarukka			
Kosteus- ja homekustannukset/v	minimi	oletus	maksimi
Sairauspoissaolot	2	250	553
Tk-eläkkeet	4	80	169
Tervydenhoito	3	80	160
Tuottavuus	14	40	71
Yhteensä, milj. €	23	450	953
Yksittäisarvioita			
Sisäilman kustannukset (Haahtela ja Reijula 2007)			1 500 milj. €
Astman kustannukset (Ikäheimo 2008), josta kosteus- ja homearvio			45 milj. €
Lyhyet sairaus.o. 1,5-kertaistuvat			403 milj. €
Kosteusvaurioon liittyvät ammattitautikorvaukset			3 milj. €

Kuten taulukosta 4 nähdään, on mahdollinen kustannushaarukka melkoinen, aina 23 milj.€ -> 1 mrd.€. Tarkastusvaliokunta olettaa, että realistinen arvio olisi noin 500milj € (8). Tässäkin on syytä huomioida, että summa todennäköisesti kasvaa vuosi vuodelta, mikäli asiaan ei kiinnitetä huomiota.

Korjausten ja terveysvaikutusten kustannukset ovat sellaisia, jotka rasittavat rakennuksen elinkaarikustannusta. Kuten aikaisemminkin on jo todettu, elinkaarikustannuksiin on vaikea vaikuttaa suunnittelupäätösten ja rakentamisen jälkeen. Perinteisestihän korjausta ja terveysvaikutuksia ei huomioida elinkaarikustannuksiin, koska lähtökohta-ajatushan on rakentaa sellaista jota ei tarvitse korjata ja jossa ei 'voida huonosti'. Korjauksen ja terveysvaikutusten huomioiminen on tietenkin hankalaa, koska niitä ei voida tietää etukäteen. Rakentamisen aikana on kuitenkin syytä keskittyä mahdollisesti tulevien korjauskustannusten ja terveyskustannusten minimointiin. Esimerkkinä tällaisesta toiminnasta voi käyttää vaikka tilojen ilmasto-olosuhteiden jatkuvaa seurantaa, joka oikein toimiessaan vähentää huonosta sisäilmasta johtuvia terveyskustannuksia. Toisena esimerkkinä voi mainita huoltovarmuuden mukaan ottamisen suunnittelussa: suunnitellaan ja toteutetaan ratkaisuja, jotka on helppo korjata.

### **3 MÄÄRÄYKSET JA KOSTEUDENHALLINTA**

Luvussa esitellään talotekniikkaan ja kosteudenhallintaan oleellisesti liittyviä rakentamisen määräyksiä.

#### **3.1 Maanrakennuslaki (MRL)**

Maanrakennuslain pykälässä 117 sanotaan seuraavaa:

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava ja rakennuksen muutos- ja korjaustyöt tehtävä sekä rakennuksen käyttötarkoituksen muutos toteutettava siten, että rakennus täyttää siihen yleisesti ennakoitavissa oleva kuormitus ja rakennuksen käyttötarkoitus huomioon ottaen 117 a–117 g §:ssä tarkoitetut olennaiset tekniset vaatimukset. (21.12.2012/958)” (10, § 117).

Pykälä 117c liittyy rakennuksen terveellisuuteen ja turvallisuuteen. Tällä pykälällä on suora yhteys kosteusvaurioihin, koska kosteusvauriothan usein aiheuttavat home- tai muita terveydelle haitallisia ongelmia.

”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen” (10, § 117).

#### **3.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK)**

Suomen rakentamismääräyskokoelma (myöh. RakMK) osa C2 käsittelee suoraan kosteutta. Nykyinen RakMK C2 on tullut voimaan 1999, ja siihen on tekeillä päivitys, jonka tulisi olla valmis ennen vuotta 2018. Toinen kosteuden kannalta tärkeä määräys on Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D1, joka koskee vesi- ja viemärlaitteita. RakMK D1:n kosteuteen liittyvistä määräyksistä suurin osa löytyy myös RakMK C2:sta.

Näiden lisäksi on vielä otettava huomioon RakMK D2, joka käsittelee ilmanvaihtoa. Myös siinä on muutamia kosteuteen liittyviä määräyksiä.

### 3.2.1 C2

Esimerkkinä RakMK:n osan C2 asettamista määräyksistä voidaan poimia seuraava:

”Rakennus on suunniteltava siten, ettei siitä aiheudu sen käyttäjille tai naapureille hygienia- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. Rakennuksen näiden ominaisuuksien tulee normaalilla kunnossapidolla säilyä koko taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan.” (11, 1.2.1.)

Samoin oleellinen osa kosteusteknistä toimintaa ovat määräykset 1.4.1 ja 1.4.2.

”Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeudu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Tarvittaessa rakenteen on kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä.” (11, 1.4.1.)

”Sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi tulee rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien olla niin tiiviitä läpi kulkevien ilmavuotojen suhteen, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti alipaineisena. Rakennuksen ulkopinnan ja sen yksityiskohtien tulee estää veden ja lumen haitallinen tunkeutuminen rakenteisiin myös tuulen vaikutuksesta.” (11, 1.4.2.)

Näiden määräysten lisäksi voidaan poimia RakMK C2:sta vielä kohta 8.1.1, joka koskee laitteistoja.

”Kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistot sekä ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytyslaitteistot niihin liittyvine laitteineen on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita niin aikaisin, ettei se ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa. Putket, kanavat ja laitteet on sijoitettava, eristettävä tai varustettava siten, ettei vesi putkistoissa jäädy ja ettei putkien, kanavien tai laitteiden pinnoille tiivisty haitallisesti vettä tai tiivistyvä vesi on johdettavissa pois haittaa aiheuttamatta.” (11, 8.1.1.)

RakMK C2:ssa on monia muitakin määräyksiä, mutta määräysten ”ongelma” on soveltaminen. Määräykset sinällään eivät määrittele yhtä toteutustapaa, mikä puolestaan jättää avoimeksi kuinka määräystenmukaisuus toteutetaan ja ennen kaikkea kuinka se todennetaan.

### **3.2.2 D1**

RakMK D1 käsittelee rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoja. Laitteistot ovat oleellinen osa kosteudenhallintaa, ja niiden asennus, mitoitus ja käyttö tulee olla asianmukaista. RakMK D1 on jaoteltu eri laitteistojen mukaisiin lukuihin. Tämän työn kannalta oleellisimmat ovat talousvesilaitteisto, viemärlaitteisto ja hulevesilaitteisto.

#### **Talousvesilaitteisto**

RakMK D1:stä voidaan poimia aluksi määräys 2.3.6. Tämä sama määräys on myös RakMK C2:ssa.:

”Tiloissa, joissa kosteuden tiivistyminen kylmävesijohdolle saattaa aiheuttaa haittaa, johto on kosteudeneristettävä” (12, 2.3.6).

RakMK D1:stä löytyy myös määräys 2.4.1:

”Rakennukseen asennettava vesijohto ja siihen liitetyt laitteet on sijoitettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita luotettavasti ja ajoissa, ja vesijohto voidaan helposti tarkastaa ja korjata. Märkätilan lattiaan ei saa tehdä vesijohtojen läpivientejä.” (12, 2.4.1.)

Seuraavaa määräystä ei suoranaisesti ole RakMK C2:ssa, mutta se on kuitenkin oleellinen kosteusvaurioiden kannalta ja varsinkin pitkässä juoksussa. Määräys 2.6.3:

”Vesilaitteisto on tehtävä tiiviiksi. Laitteisto on tehtävä siten, että varmistetaan sen riittävä kestävyys ja toimintavarmuus suunnitellun käyttöiän aikana.” (12, 2.6.3.)

Mahdollisten putkivuotojen aikaiseen havaitsemiseen voisi varautua seuraavan määräyksen 2.6.5 perusteella. Tätä määräystäkin ei ole suoraan RakMK C2:ssa:

”Vesilaitteistoon on suunniteltava ja asennettava mittauslaitteet tai mittausmahdollisuus tärkeimpien toiminta-arvojen mittaamista ja toimintojen valvontaa varten.” (12, 2.6.5.)

Käyttöönottoa koskien RakMK D1:stä löytyy määräys 2.8.1 painekokeesta, jolla testataan laitteiston tiiveys:

”Vesilaitteiston tiiviys on varmistettava painekokeella” (12, 2.8.1).

Painekoe on myös dokumentoitava määräyksen 2.8.6 mukaan:

”Selvitys käyttöönottoa koskevista toimenpiteistä on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan” (12, 2.8.6).

### **Jätevesilaitteisto**

RakMK D1:stä löytyy määräys 4.2.1. Määräys on selkeästi kosteusvahinkojen välttämiseen liittyvä, koska siinä pyritään rakenteeseen jossa vedellä on aina mahdollisuus poistua oikeaa reittiä. Tosin tässäkin määräyksessä on hyvin paljon tulkinnanvaraa, esimerkiksi mitä tarkoittaa tulvimisvaara.

”Jokainen vesipiste, samoin kuin sellaiset huonetilat, joissa esiintyy tulvimisvaaraa tai joiden lattiat on voitava puhdistaa vedellä, on varustettava kyseiseen tarkoitukseen soveltuvalla viemäripisteellä, mikäli jätevettä ei muuten voida haitatta viemäroidä.” (12, 4.2.1.)

Viemäriin korjauksia koskien RakMK D1:stä löytyy määräys 4.3.2:

”Viemäri on yleensä sijoitettava niin, että se voidaan ilman suurehkoja toimenpiteitä korjata tai vaihtaa” (12, 4.3.2).

Tämän määräyksen ohjeista, joita ei ole pakko noudattaa rakennuslain mukaan, löytyy ”poikkeuslupa”, joka mahdollistaa rakentamisessa viemäriin sijoituksen kantavan lattialaatan alle:

”Yhtä huoneistoa palveleva viemäri voidaan kuitenkin sijoittaa kantavan alapohjalaatan alle ilman ryömintätilaa, jos viemäri johdetaan rakennuksen ulkopuolelle mahdollisimman lyhyttä reittiä” (12, 4.3.2 Ohje).

Tiukkaan tulkittuna tämä ”poikkeuslupa” olisi voimassa vain kantavalle alapohjalaatalle, useastihan omakotirakentamisessa alapohjalaatta ei ole kantava. Tässä tulkinta lienee se, että ei kantavan alapohjalaatan piikkaaminen auki viemärin kohdalta ei ole ”suurehko” toimenpide.

Oikea mitoitus on myös oleellinen kosteusvaurioiden välttämisen kannalta, koska oikea mitoitus ehkäisee tukkeutumisia. Mitoitusta on käsitelty RakMK D1:n kohdassa 4.4. Mitoituksen ohje löytyy RakMK D1:n liitteestä 4. Liitteessä annetaan ohjeet putkien oikealle koolle ja myös minimikaltevuuksille. Virtaamaan suhteutettu oikea asennus kaltevuus on tärkeä viemärin itsepuhdistuvuuden kannalta.

RakMK D1:stä oleellinen kohta on vielä luku 4.5 Käyttövarmuus kokonaisuudessaan. Tässä luvussa on useampia määräyksiä, jotka koskevat viemärin perustamista ja kiinnittämistä rakenteisiin.

Luvun tärkeimmät kohdat tiivistettynä ovat seuraavat: kiinnitysten tulee olla riittävän kestäviä, liitosten tulee olla tiiviitä ja maahan asennettujen viemäreiden ympärillä maan tulee olla painumatonta. Luvun mukaan viemärin suunnanmuutokset tulee pitää vähäisinä, mikä omalta osaltaan vähentää tukkeutumisen riskiä ja helpottaa myös puhdistusta. Luvussa määritellään myös puhdistusaukkojen sijainti. Kaikki nämä määräykset liittyvät kosteudenhallintaan ja mahdollisten kosteusvaurioiden ehkäisyyn.

### **Sadevesi- ja perustusten kuivatuslaitteisto**

Määräys 5.1.1 RakMK D1:ssä on oleellinen hulevesien kosteudenhallinnan kannalta.

”Sadeveden poisto kiinteistön alueelta on järjestettävä hyvin toimivalla tavalla ja niin, ettei siitä aiheudu vahingon- tai tapaturmanvaaraa, tulvimista tai muuta haittaa. Sadevesilaitteisto on sijoitettava kiinteistöön tarkoituksenmukai-

sesti ja sen tulee olla riittävän kestävä ja käyttövarma. Sadevesilaitteistoon ei saa johtaa jätevesiä.” (12, 5.1.1.)

Muitakin määräyksiä hulevesille on luvussa 5, monet niistä ovat hyvin pitkälle samanlaisia kuin viemärlaitteistolle, esimerkiksi koskien tiiveyttä ja sijoittamista maahan.

### **Käyttö- ja huolto-ohjeet**

Yhteisenä määräyksenä kaikille edellä mainituille vesi- ja viemärlaitteille on esitetty RakMK D1:ssä määräys 6.1:

”Vesi- ja viemärlaitteistoa on käytettävä ja huollettava siten, että näiden määräysten vaatimukset täyttyvät jatkuvasti. Laitteiston käytöstä ja huollosta on oltava riittävät ohjeet kiinteistön omistajalle, ylläpito-organisaatiolle ja asukkaille.” (12, 6.1.)

### **3.2.3 D2**

RakMK D2 käsittelee rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa. Määräys 2.1.1 on oleellinen kosteudenhallinnan suunnittelun ja suunnitelmien toteutuksen kannalta:

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto” (13, 2.1.1).

Määräys 2.1.2 on myös oleellinen, koska se tarkoittaa määräystä 2.1.1. Tässä määräyksessä on selkeä viittaus kosteuskuormien hallintaan.

”Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttamiseksi otettava yleensä huomioon seuraavat rakennukseen vaikuttavat tekijät:

1) sisäiset kuormitustekijät kuten lämpö- ja kosteuskuormitus, henkilökuormat, prosessit sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt;



2) ulkoiset kuormitustekijät kuten sää- ja ääniolot, ulkoilman laatu ja muut ympäristötekijät; sekä

3) sijainti ja rakennuspaikka. ” (13, 2.1.2.)

Myöskään määräystä 2.1.3 ei voi ohittaa, kun etsitään määräyksiä, joilla on vaikutusta kosteudenhallintaan:

”Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttaminen tulee varmistaa, kun

1) suunnitellaan rakennuksen lämmön- ja kosteudeneristystä sekä ikkunoiden ominaisuuksia;

2) määritellään rakennuksen ulkovaipan, alapohjan ja roilojen ilmanpitävyyttä sekä tilojen välisten rakenteiden ilmanpitävyyttä;

3) valitaan rakennus- ja sisustusmateriaaleja;

4) suunnitellaan rakennuksen talotekniikkajärjestelmiä, niiden käyttövarmuutta ja tilantarvetta;

5) suunnitellaan rakennustyömaan kosteudenhallintaa;

6) suunnitellaan rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden hallintaa; sekä

7) laaditaan rakennustyömaan, vastaanoton ja käyttöönoton aikataulua.” (13, 2.1.3.)

RakMK D2:ssa ei varsinaisesti määritellä ilmankosteudelle raja-arvoja, mutta määräyksellä 2.3.2 pyritään siihen, että kosteus ei nouse haitallisen korkeaksi:

”Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilman kosteus pysyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisissa arvoissa. Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kos-

teusvaurioita, mikrobien tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa.” (13, 2.3.2.)

Kuten määräysteksteistä käy ilmi, RakMK D2:n luvussa 2 määräyksiä ei ole kohdennettu pelkästään rakennuksen ilmanvaihdolle, vaan koko rakennukselle ja rakennustekniikalle. Tietenkin moneen näistä vaikutetaan nimenomaan ilmanvaihdon suunnittelulla, mutta myös lämmityksen suunnitteluun nämä määräykset vaikuttavat oleellisesti.

Varsinaisen ilmastovaihtojärjestelmän osalta yleinen RakMKD2:n määräys 3.1.1 on jo melkoisen kattava:

”Ilmastovaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle” (13, 3.1.1).

Kosteudenhallintaa helpottaa myös RakMK D2:n määräys 3.2.3, mikäli suunnittelu ja toteutus ovat kunnolliset:

”Ilmastovaihtojärjestelmän ilmavirtoja on voitava ohjata kuormituksen ja ilman laadun mukaan käyttötilannetta vastaavasti” (13, 3.2.3).

Ilmastovaihtojärjestelmälle on myös asetettu tiiveysvaatimus RakMK D2:n määräyksellä 3.7.1, joka omalta osaltaan vaikuttaa kosteudenhallintaan. Ilman täytyy päätyä sinne minne se on suunniteltu ja myös poistua sieltä mistä se on suunniteltu, muutenhan systeemi ei toimi mitoitusmukaisesti.

”Ilmastovaihtojärjestelmän ja sen osien tulee olla riittävän tiiviit ja lujat” (13, 3.7.1).

RakMK D2:sta löytyy tiiveyden todentamista koskien määräys 4.1.1:

”Ilmastovaihtojärjestelmän tiiviys on tarkastettava ja tarvittaessa mitattava. Selvitys tarkastuksesta ja mittauksesta on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan” (13, 4.1.1).

Tässäkin on tosin määritelty, että tiiveys on ainoastaan tarvittaessa mitattava.

Kosteusvauroiden kannalta oleellisia RakMK D2:n määräyksiä ovat vielä 3.8.2, 3.8.4 ja 3.8.5:

”Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei se aiheuta vesi-, kosteus- tai muita vahinkoja. Veden käyttö tai tiivistyminen järjestelmään ei saa aiheuttaa terveyttä vaarantavaa mikrobien kasvua.” (13, 3.8.2.)

”Ulkoilmalaitteet sekä niiden liitännät ilmanvaihtojärjestelmään ja rakennukseen sijoitetaan, suojataan tai mitoitetaan niin tai ulkoilmalaitteiden rakenteen on oltava sellainen, ettei ilmanvaihtojärjestelmään pääse lunta tai sadevettä haitallisessa määrin. Sisään pääsevä lumi tai sadevesi eivät saa aiheuttaa vaurioita rakennukselle tai ilmanvaihtojärjestelmälle eivätkä vaikeutaa ilmanvaihtojärjestelmän toimintaa.” (13, 3.8.4.)

”Ilmanvaihtokoneet, -kammiot ja -kanavat lämmön- ja kosteudeneristetään siten, ettei kosteuden tiivistyminen aiheuta vahinkoja rakenteille tai ilmanvaihtojärjestelmälle.” (13, 3.8.5.)

Hyvin tärkeänä määräyksenä ilmanvaihdon hallinnan ja näin ollen myös kosteudenhallinnan kannalta voidaan pitää RakMK D2:n määräystä 4.1.2:

”Ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus on tarkastettava ja järjestelmä on tarvittaessa puhdistettava ennen ilmavirtojen mittausta ja säätöä. Ilmanvaihtojärjestelmän ilmavirrat on mitattava ja säädettävä, ominaissähköteho on mitattava ja järjestelmän toiminta sekä puhtaus on todettava suunnitelmanmukaiseksi ennen rakennuksen käyttöönottoa. Selvitykset näistä on liitettävä rakennustyön tarkastusasiakirjaan.” (13, 4.1.2.)

### **3.3 Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset (RYL)**

RYL on rakennusalan yhdessä sopima hyvän rakennus- ja kiinteistönpidontavan kirjallinen kuvaus. Tässä työssä keskitytään Talotekniikan RYL:iin. Kyseisestä RYListä tähän poimitut kohdat ovat kirjoittajan mielestä oleellisimmat kosteudenhallinnan kannalta. Työssä keskitytään RYLin osaan 1. Osasta 1 oleelli-

simmat osat ovat G0 yleiset laatuvaatimukset, G1 lämmitysjärjestelmät, G2 vesi- ja viemärijärjestelmät, G3 ilmastointijärjestelmät sekä G9 eristys.

### 3.3.1 G0 Yleiset laatuvaatimukset

Tähän alkuun voidaan heti poimia G00 luvusta vaatimus:

”LVI-järjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan siten, että ne täyttävät osassa G0 LVI-järjestelmien yhteiset laatuvaatimukset esitettyjen yleisten laatuvaatimusten lisäksi rakennuttajan ja asiakkaan hankekohtaisesti täsmennettävät tavoitteet, laatuvaatimukset jne. Ne esitetään toteutuksen pohjana olevissa hankekohtaisissa sopimusasiakirjoissa.” (14, G00.)

Kuten vaatimuksesta nähdään, on sopimusasiakirjoilla jo hyvin suuri merkitys lopputuloksen kannalta. Sopimusasiakirjoja tehtäessä onkin syytä olla perillä vaatimuksista ja siitä, kuinka vaatimusten mukaisuus voidaan osoittaa.

Seuraavat vaatimukset, joilla voidaan katsoa olevan linkki kosteudenhallintaan ja vesivahinkoihin, löytyvät luvusta G06 Asennustyö. Niistä ensimmäinen on kohdassa G06.00:

”Asennustyö tehdään hyviä työmenetelmiä sekä LVI-tuotteen valmistajan, työt vastaanottavan osapuolen, nimetyn laitoksen ja/tai hyväksytyn tarkastuselimen määräyksiä ja ohjeita noudattaen. Työtehtävissä noudatetaan kunkin työosan, tietyn asennustyön, edellyttämiä luvanvaraisuus-, turvallisuus-, laadunvarmistus- yms. vaatimuksia.” (14, G06.00.)

Toinen oleellinen vaatimus on alakohdassa G06.00.11 ja siihen liittyvä ohje:

”Vesivahinkojen estämiseksi tehdään mahdollisten vuototapausten havaitseminen helpoksi” (14, G06.00.11).

Ohje: ”Suunnitelma-asiakirjoissa määrätään mm.

– toimenpiteet vuotovahinkojen havaitsemiseksi.” (14, G06.00.11 Ohje.)

Seuraava oleellinen vaatimus löytyy kohdasta G06.15 koskien läpivientejä:

”Läpiviennin rakenteen ja tiivistyksen on oltava sellainen, että läpivienti täyttää läpäistävälle tai lävistävälle rakennus- tai laiteosille asetetut palo-, ääni-, tiiviys-, kosteus- yms. vaatimukset. Märkätiloissa vältetään vesieristeiden läpivientejä.” (14, G06.15.)

Työsuoritusten tarkastamisesta ja näin ollen määräysten mukaisen asennuksen todentamisesta esitetään seuraava vaatimus kohdassa G06.21:

”Toteuttaja tarkastuttaa kaivannoissa, alapohjissa, hormeissa, rakenteissa yms. olevat peittyvät työsuoritukset ennen suoritusten peittämistä. LVI-valvojalle ilmoitetaan ajankohta, jolloin käytettävien materiaalien laatu ja asennustyön oikea suoritustapa voidaan todeta. Tiiviys- ja painekokeet tehdään ennen kyseisen asennuksen paikalla eristämistä tai peittämistä. Tarkastuksen yhteydessä todennetaan, että peittyvät viemärit ja kanavat ovat myöhemmin sisäpuolelta tarkastettavissa ja puhdistettavissa asennettujen puhdistusluukkujen tms. kautta.

Ennen peittämistä mahdolliset asiakirjoista poikkeamiset tallennetaan luovutuspiirustuksia varten. Osaan tarkastuksista osallistuu myös rakennusvalvontaviranomainen tai muu osapuoli, jonka hyväksyntää asennustyö edellyttää. Toteuttaja ilmoittaa kyseisten tarkastusten ajankohdat asianomaisille.” (14, G06.21.)

Tämä siis tarkoittaa, että työ pitää aina myös tarkastaa ja kirjata ylös, kuka työn on tarkastanut.

Kosteuteen liittyy myös putkien kondensoiminen, johon on esitetty seuraava vaatimus kohdassa G06.90:

”LVI-tuotteet (laitteistot, koneet, laitteet, varusteet ja tarvikkeet) eristetään turhaa lämmönsiirtymistä ja kondensoitumista vastaan ääni- ja/tai paloteknisesti” (14, G06.90).

Luvussa G08, joka käsittelee laadunvarmistusta ja käyttöönottoa, on useita eri vaatimuksia koskien laitteiston käyttöönottoa ja sen viritystä. Käytännössä toimittaessa näiden vaatimusten mukaan tulee suunnitelmien toteutuminen toden-

nettua. Näissä vaatimuksissa on myös esitetty jatkuvan seurannan vaade, eli ei ole riittävä, että ensin rakennetaan ja sitten mitataan, vaan rakentamisen vaiheita tulee dokumentoida ja seurata koko ajan. Kokeissa mahdollisesti löydetty viat tulee korjata ja korjaus tulee myös todentaa. (14.)

### **3.3.2 G1 Lämmitysjärjestelmät**

Lämmitysjärjestelmiä koskevat vaatimukset alkavat perusvaatimuksella, josta nähdään linkki myös RakMK C2:seen, joka on esitelty jo aikaisemmin tässä työssä:

”Lämmitysjärjestelmän laitteet ja asennukset tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osien C1, C2, D2, D3, D5, E1, E3, E9 ja F1 sekä terveysuojelulain 763/1994 ja -asetuksen 1280/1994 vaatimusten mukaan” (14, G1000.00).

Seuraava kosteuden ja vesivahinkojen kannalta oleellinen vaatimus löytyy alakohdasta G1000.06.25:

”Lämmityslaitteet suunnitellaan ja asennetaan niin, että mahdollinen vuoto-  
vesi havaitaan mahdollisimman ajoissa. Vuotoveden tulee ohjautua näkyville  
helposti havaittavaan paikkaan.

Lämmönkehityslaitteet sijoitetaan lattiakaivolliseen tilaan. Varoventtiilien  
ulospuhallusputket, ilmaus- ja tyhjennysputket yms. johdetaan esimerkiksi  
keräyssuppilon kautta viemäriin.

Märkätiloja palvelevat lämmitysputket sijoitetaan hormitilaan. Hormitilaan  
pystyputkien yhteyteen asennetaan vuotovesikaukalo, josta vuotovesi ohjau-  
tuu näkyville. Vedeneristys nostetaan hormitilaa vasten ja lämmitysputkien  
läpivienti hormiseinämästä tehdään hormitilan seinälle nostetun lattian vede-  
neristyksen yläpuolelta.

Seinien alapäiden, kynnysten tms. kiinnitystapa tulee olla sellainen, että lat-  
tiarakenteessa olevia lattialämmitysputkia ei vahingoiteta.” (14,  
G1000.06.25.)

Näiden vaatimusten lisäksi alakohdassa G1000.08.12 esitetään lämmitysjärjestelmän tiiviys- ja painekokeille erityisvaatimuksia kohdan G08.12 vaatimusten lisäksi.

Kosteudenhallintaan lattialämmityksen avulla liittyvä vaatimus kohdassa G1320.00:

”Kosteiden tilojen sekä kuivien tilojen, joissa on kivilattiat, lattialämmitys tehdään omana verkostona lämmöntuotantolaitteelta asti kuivatuksen ja kesäaikaisen lämmityksen takaamiseksi” (14, G1320.00).

Lattialämmityksen putkitukseen liittyen luvussa G1321 löytyvät vaatimukset muovi- ja kupariputkille sekä niiden liitoksille. Tärkeä asia on, että liitoksia ei saa jäädä rakenteisiin.

Mielenkiintoista on, että kupariputkessa virtaavan nesteen nopeudelle ei suoraan ole asetettu vaatimusta muualla kuin luvussa G1331, joka koskee ilmalämmityskoneita. Kyseisessä osassa on esitetty, että kupariputkipatterissa ei nesteen nopeus saa ylittää 1,5 m/s (14). Nopeus vaikuttaa suoraan kupariputken korroosioon.

### **3.3.3 G2 Vesi- ja viemärijärjestelmät**

Kosteudenhallintaan liittyvä määräys tulee vastaan heti ensimmäisessä, yleisiä laatuvaatimuksia koskevassa kohdassa G2000.00:

”Mahdolliset vesivuodot tulee käyttäjän pystyä havaitsemaan helposti. Vesijohtot ja kalustekytkenät sijoitetaan näkyville, suojaputkeen tai koteloon, josta vesi ei pääse vuodon sattuessa tunkeutumaan rakenteisiin, vaan ohjautuu huoneeseen ja vuoto voidaan siten helposti havaita.

Vesijohtoja saa asentaa maanvastaisen alapohjan alle vain, jos ne asennetaan vaihdettaviksi esimerkiksi suojaputkiin.

Märkätilassa lattian vedeneristystä ei saa lävistää vesijohton putkiläpiviennillä. Jos läpivienti erityistapauksessa joudutaan tekemään, vedeneristysten

reuna korotetaan ja tiivistetään putken ympärille vedenpitäväksi.” (14, G2000.00.)

”Jos tilassa ei ole lattiakaivoa, sijoitetaan vesijohtoverkoston kytketyn laitteen alle vesitiivis kaukalo tai laitteen alusta tehdään vesitiiviiksi siten, että mahdollinen vesivuoto havaitaan helposti eikä se pääse rakenteisiin. Kondenssivesialtaiden vesi kerätään ja johdetaan hallitusti viemäriin vesilukon kautta.” (14, G2000.00.)

Vesi- ja viemärijärjestelmien asennusvaatimuksista alakohdasta G2000.06.00 löytyy läpivientien tiiveyttä koskeva vaatimus:

”Rakenteiden läpiviennit tiivistetään ja asennukset suojataan palon-, äänen-, kosteuden- ja paineeneristävyydeltään lävistettävää rakennetta vastaaviksi” (14, G2000.06.00).

Laitteistolle suoritettavat laadunvarmistus- ja käyttöönottomittaukset sekä tarkastukset on määritelty kohdassa G2000.08. Kohdasta löytyy mm. vaatimukset painekokeista joiden aikana laitteiston on osoitettava tiiviiksi.

Luvussa G2260 löytyy vaatimuksia vuodonilmaisimille ja virtausvahdeille:

”Kosteusvahdin tai vuodonilmaisimen anturit sijoitetaan vesivuodon kannalta riskialttiisiin rakenteisiin esimerkiksi keittiössä, kylpyhuoneessa ja suihkuhuoneessa tai suoraan laitteisiin tai jakotukille suojauputkien päähän” (14, G2260).

Läpivientien tiiviyteen liittyvä vaatimus on luvussa G2615 koskien tuuletusviemäreitä:

”Jos tuuletusviemäri läpäisee höyrynsulun, höyrynsulku tiivistetään huolellisesti viemäriin läpiviennin ympärillä höyrynsulun tiiveyttä vastaavaksi” (14, G2615).

Kosteudenhallintaan liittyy myös vaatimus luvussa G2860 Lattiakaivot:



”Kaivotyyppiä valittaessa varmistetaan, että kaivo sopii yhteen lattiassa käytettävän vedeneristuksen kanssa. Lattiakaivon kanssa saa käyttää vain siihen kuuluvia korokerenkaita. Lattiakaivo kiinnitetään liikkumattomaksi alustaan. Vesilaitteet ja lattiakaivot sijoitetaan siten, ettei vesi valu märkätilan lattialta muihin tiloihin. Lattian kaltevuus tulee olla vähintään 1:100 ja kaivon alueella 1:50. Märkätilan lattiaan saa tehdä vain läpivientejä, jotka ovat tarpeen viemäröinnin järjestämiseksi. Lattiakaivon asennus puu- tai betonilattiaan, korokerenkaan asennus, sivuliitännän avaaminen, muovimaton tai vedeneristysmaton asennus sekä vedeneristyslaippareenkaan asennus suoritetaan LVI-ohjekortin LVI 20-10347 mukaan. Vedeneristeen ja lattiakaivon asennuksen ratkaisu hyväksytetään vastaavalla mestarilla ja valvojalla ennen asennusta. Ennen peittämistä asennus tarkistutetaan vastaavalla mestarilla.” (14, G2860.)

### **3.3.4 G3 Ilmastointijärjestelmät**

Ilmastointijärjestelmiä koskevat käytännössä samantyylliset yleiset vaatimukset kuin muitakin järjestelmiä. Suoraan vesivahinkoon tai paremminkin sen estämiseen liittyvä vaatimus kohdassa G3000.10:

”Ilmastointijärjestelmä suunnitellaan ja rakennetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 edellyttämällä tavalla siten, että mahdollinen vesivuoto ei ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa. Veden käyttö ja tiivistyminen laitokseen ei saa aiheuttaa terveyttä vaarantavaa mikro-organismien kasvua.” (14, G3000.10.)

Ilmanvaihtokoneisiin liittyen osasta G3 löytyy vaatimus koneiden kondensoivien pattereiden varustamisesta vuotoaltailla ja kondenssivedelle järjestettävästä hallitusta poistumisreitistä.

Luvussa G33 löytyy kanavistolle asetettavia vaatimuksia. Kosteudenhallintaan liittyvä on kohdassa G3300.10:

”Jos lämpimiä tiloja palvelevia kanavia asennetaan kylmään tilaan, esimerkiksi ullakolle, kanavat lämmöneristetään sekä päällystetään päällysteellä, joka estää pölyn ja lian kertymisen eristeen pintaan. Lämmöneristeen pak-

suus valitaan siten, että kanavan sisäpinnan lämpötila pysyy aina kastepisteiden yläpuolella.” (14, G3300.10.)

Seuraava vaatimus löytyy luvusta G3433 koskien jäteilmalaitteita:

”Jäteilman kosteuden kondensoituminen ja huurtuminen laitteeseen ja rakenteisiin otetaan erityisesti huomioon” (14, G3433).

### **3.4 Muut huomiot**

Mahdollisten vesivahinkojen estämiseksi moni suihkutila, jossa on mahdollisesti myös pesukone, varustetaan kahdella lattiakaivolla. Tähän käytäntöön, varsinkin vuokratiloissa, on johtanut kaivojen tukkeutuminen esimerkiksi kaivon päälle ajautuneen vaatteiden vuoksi. Toinen useasti esiintyvä kaivon tukkeutumisen syy, valitettavasti, on suihkuun sammuminen. Kahden lattiakaivon käytännöstä löytyy kirjoitus mm. Taloussanomista (15).

## 4 TOIMINNANVARMISTUS PROSESSINA

Luvussa esitellään toiminnanvarmistusprosessin eri vaiheet ToVa-käsikirjaa hyväksikäyttäen. Tämän lisäksi luvussa esitellään lyhyesti kehitteillä oleva Kuvaketu10-prosessi.

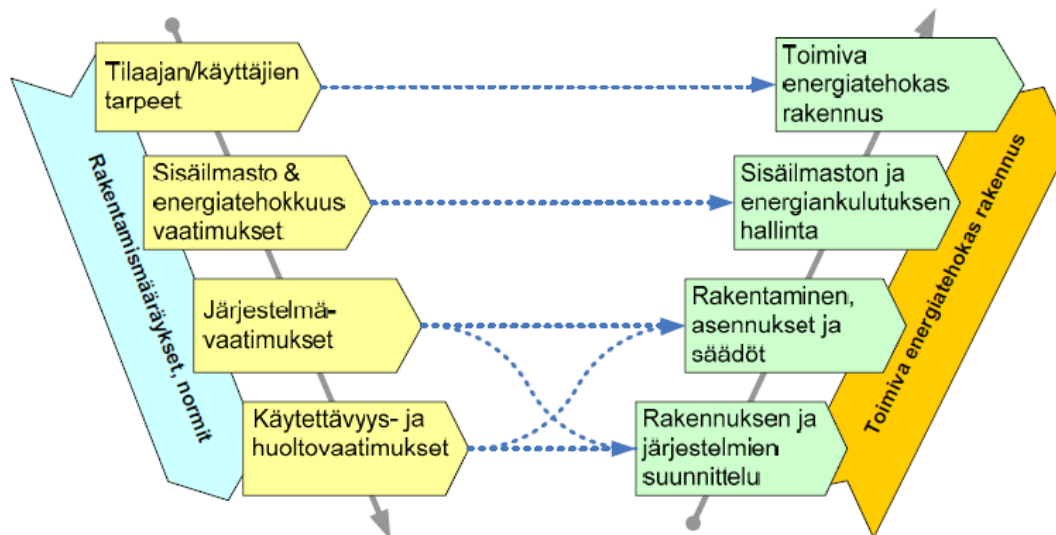
ToVa-käsikirja on VTT:n johtaman hankkeen tuottama ohjenuora, jossa tähdätään rakennuksen toimivuuden varmistamiseen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. Energiatehokkuus ja hyvä sisäilmasto ovat sidoksissa kosteudenhallintaan.

Toimivuuden varmistaminen nähdään ToVa-käsikirjassa prosessina, joka alkaa jo hankkeen tavoitteiden asettamisesta:

”Tarkistetaan tilaajan vaatimuksien ja käyttäjien tarpeiden kattavuus, rakennuksen suunnitelmat ja niiden toteutus sisältäen sisäilmasto- ja energiatehokkuusvaatimukset, auditoidaan osapuolien ratkaisut ja toimenpiteet ja todennetaan, että rakennus saavuttaa asetetut energiatehokkuus- ja toimivuustavoitteet käytössä. Toimivuuden varmistaminen jatkuu suunniteltuina säännöllisinä varmistustoimina kiinteistön käytön ajan.” (0, s. 16.)

### 4.1 ToVa

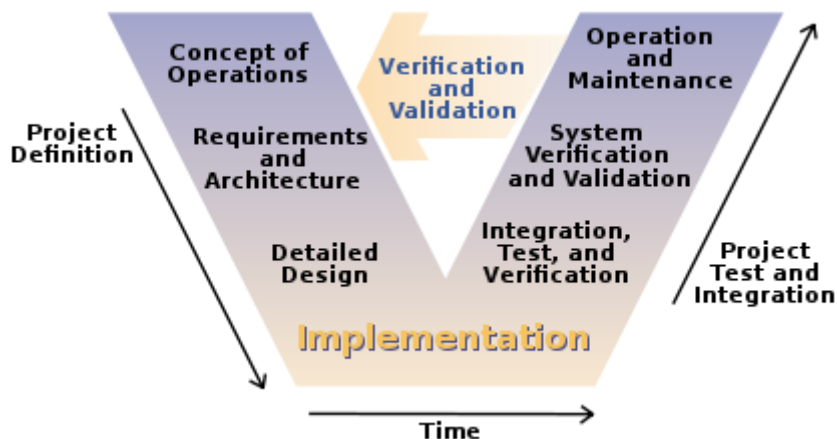
Toimivuuden varmistamisen peruseriaatteita, joiden pohjalle ToVa-prosessikin on rakennettu, esitetään parhaiten V-mallilla (kuva 4).



KUVA 4. Tavoitteiden ja vaatimusten asettaminen, tarkentaminen ja dokumentointi hankkeen jokaisessa vaiheessa (0, s. 25)

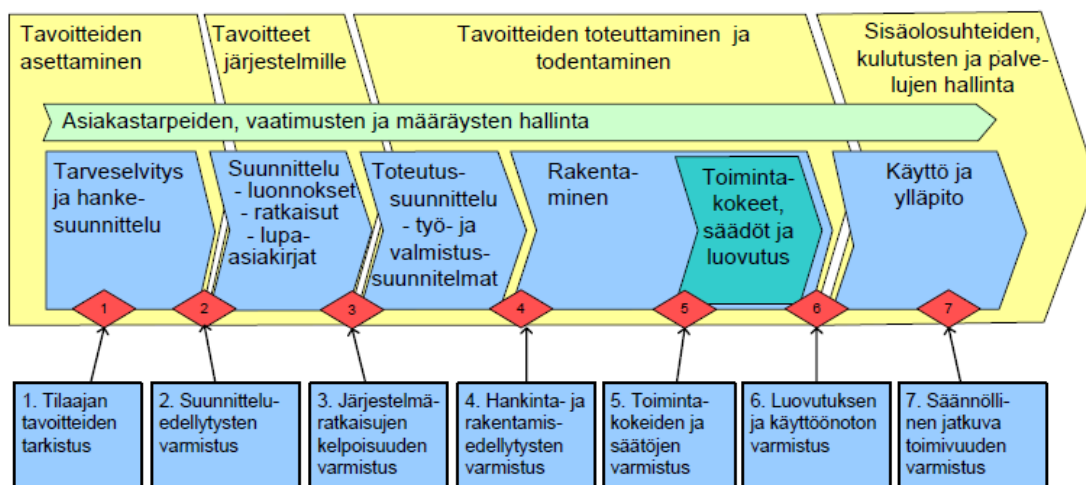
Samanlaista V-mallia käytetään myös ICT-sektorilla ohjelmistoprojekteissa. Toisessa V-haarassa on eritasoisia vaatimuksia, jotka tarkentuvat, mitä lähemmäs pohjaa mennään. Toisessa sakarassa ovat toimitukset, jotka laajenevat mitä kauemmas pohjasta päädytään. V-mallissa ajatuksena on, että toteutuksen varmistetaan olevan samantasoisien vaatimuksen mukainen. Esimerkkinä voidaan poimia tilaaajan tarpeet, jotka tulisi pystyä osoittamaan täytetyiksi toimivassa energiatehokkaassa rakennuksessa.

Kuva 5 esittää yleistä V-mallia, josta edellä esitelty rakentamiseen liittyvä malli on sovellus. Mallin keskeisiä ajatuksia on, että jokainen vaihe on mitattavissa ja todennettavissa alkuperäisiä vaatimuksia vastaan.



KUVA 5. Yleinen V malli systeeminkehitysprosessissa (17)

ToVa-prosessissa on kaikkiaan seitsemän eri vaihetta, jotka kaikki näkyvät kuvassa 6.



KUVA 6. ToVa-systematiikan prosessikuvauksen päätaso (0, s. 28)

Kuvassa 6 punaisella merkityt kohdat ovat ns. kriittisiä pisteitä, joissa projektin etenemistä arvioidaan. Seuraavaksi esitellään lyhyesti jokaisen eri kohdan merkitys ja tärkeät asiat.

#### ToVa-1: Tarkistetaan tilaajan tavoitteet

Ilman selkeästi määriteltyjä tavoitteita on hyvään lopputulokseen pääseminen käytännössä mahdotonta. Esimerkkinä voidaan käyttää rakennuksen sisäilmas-  
tolle asetettavia vaatimuksien toteuttamiseen käytettäviä lähtötietoja, kuten so-  
vittua sisäilmastoluokitusta ja tämän todentamiseen käytettäviä mallintavia  
suunnittelumenetelmiä ja mittauksia. Mikäli näitä ei sovita aikaisessa vaiheessa  
kuntoon, on hyvän toteutuksen suunnittelu, toteutus ja todentaminen melkein  
mahdotonta.

#### ToVa-2: Suunnitteluedellytysten varmistus

Mikäli tilaajan tavoitteita ei onnistuta siirtämään suunnitteluun ja varmistamaan,  
että suunnittelussa on tarvittavat lähtötiedot, ei koko prosessi voi tuottaa hyvää  
lopputulosta. Sisäilmaston kannalta oleellisia asioita tässä vaiheessa ovat esi-  
merkiksi rakennuksen vaippa- ja runkorakenteet, ikkunoiden suuntaus, ilman-  
vaihtotapa, ilmanvaihdon määrä ja mahdolliset tarpeenmukaiset ohjaukset.

#### ToVa-3: Järjestelmäratkaisujen kelpoisuuden varmistus

Tässä tarkistetaan, että tehdyt suunnitelmat mahdollistavat tilaajan tavoitteet  
täyttävän rakennuksen toteuttamisen. Oleellisia asioita tässä vaiheessa ovat  
mm. riskikohtien tunnistaminen ja ratkaisujen vertaaminen tavoitteisiin. Sisäil-  
maston kannalta tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi märkätilojen ilmanvaihdon  
riittävyys kriittistä arviointia ja tilojen hiilidioksidipitoisuuksien muutoksien mal-  
lintamista eri kuormitustilanteissa.

#### ToVa-4: Hankinta- ja rakentamisedellytysten varmistus

Tarkistetaan, että suunnitelmat ovat tarkentuneet niin, että toteutussopimusten  
tekeminen on mahdollista. Sisäilmaston kannalta yksi oleellinen asia tässä vai-  
heessa on instrumentoinnin varmistamisessa. Suunnitelmissa on oltava sovittu  
määrä mittarointia, jotta tavoitteiden täytyminen voidaan luotettavasti osoittaa.  
Kanavistojen mitoitukset ja ilmamäärät tulee olla tässä vaiheessa selvillä ja do-  
kumentoituna, samoin tarvittavat manuaaliset mittaukset ja asennusten laadun  
todentaminen tulee olla sovittuna.

#### ToVa-5: Toimintakokeiden ja säätöjen varmistus

Tässä keskitytään loppukokeisiin, järjestelmän säätöihin ja käyttöönottoon valmistautumiseen. Sisäilmaston kannalta tässä on hyvin selkeänä esimerkkinä ilmanvaihdon toimintakokeet ja ilmamäärämittaukset. Näiden molempien tulee omalta osaltaan todentaa suunnitelmien ja tilaajan tarpeiden täyttäminen tässä vaiheessa.

#### ToVa-6: Luovutuksen ja käyttöönoton varmistus

Tarkoituksena on todentaa, että järjestelmät todellakin toimivat suunnitelmien mukaan, ja että tilaajan tavoitteet täyttyvät. Samalla varmistutaan siitä, että kaikki tieto järjestelmän oikeaoppiseen käyttöön ja ylläpitoon on olemassa, ja että tuo tieto on siirtynyt vastaanottajalle. Sisäilmaston osalta tärkein osa on laitteiston huollon ja toiminnan opastaminen vastaanottajalle.

#### ToVa-7: Säännöllinen ja jatkuva toimivuuden varmistus

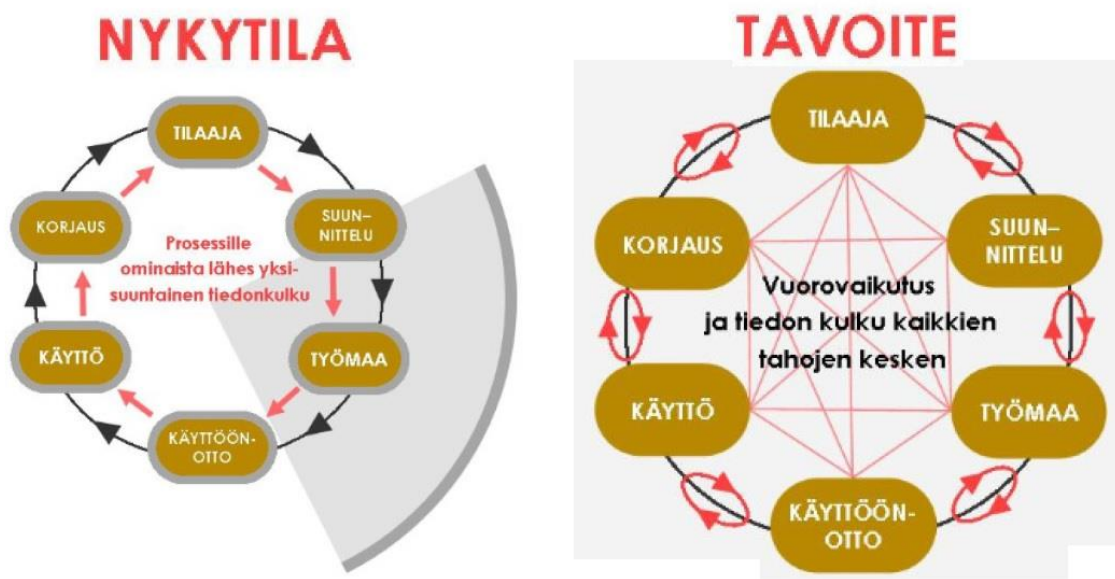
Rakennuksen käyttö on rakennuksen elinkaarella kaikkein pisimpään kestävä vaihe, tämän vuoksi rakennuksen toimivuutta onkin syytä seurata jatkuvasti. Tämän päivän talotekniset järjestelmät ovat monimutkaisia kokonaisuuksia ja vikaantumisen mahdollisuus on aina olemassa. Seuraamisen helppouteen ja kustannuksiin voidaan vaikuttaa huomattavasti suunnitteluvaiheessa, tosin sekin edellyttää, että tilaaja on tilannut suunnitelmiin käytön seurannan mahdollistavia mittauksia. Sisäilmaston ollessa kyseessä on tilan käyttäjien jatkuva palaute ja siihen reagointi ensiarvoisen tärkeässä osassa toimivuuden varmistamisesta. Tilat on kuitenkin tehty käyttäjiä varten ja heidän viihtyvyys ja terveys ovat tärkeitä.

### **4.2 Kuivaketju10**

Kuivaketju 10 on Oulun rakennusvalvontaviraston johtama hanke, jonka tavoite on saada rakennusprosessin kosteudenhallinta kuntoon. Perusajatuksena on tunnistaa 10 tärkeintä riskikohtaa. Näitä riskikohtia seurataan koko rakennushankkeen ajan. Näiden 10 kohdan valinnan takana on ajatus, että nämä syyt aiheuttavat noin 80 % kosteusongelmista.

Kuivaketju10-prosessin kantavana ajatuksena on se, että koko ketju on vain niin vahva kuin sen heikoin lenkki on. Kuivaketju10:n prosessiajatuksessa on paljon yhtymäkohtia ToVa-prosessiin. Molempien prosessien kantava ajatus on nimenomaan koko ketjun hallinta, jatkuva seuranta ja todentaminen. Prosessien toimivuuden kannalta, rakentamiseen osallistuvien osapuolien yhteistyö on hyvin tärkeässä osassa.

Kuivaketju10:ssä on esitetty kuvan 7 mukainen näkemys rakentamisen nykytilasta ja tavoitetilasta.



KUVA 7. Rakentamisen hallinta–nykytila ja tavoite (18)



## **5 VAHINKOSELVITYKSET**

Aikaisemmin tässä työssäkin on jo todettu, että kosteusvahinko syntyy pitkän ajan seurauksena ja sen varsinaiset syyt on vaikea selvittää. Tässä luvussa esitellään vakuutusyhtiöiden materiaaleista tuotettuja vuotovahinkoselvityksiä ja eri lähteistä kerättyjä kosteusvahinko selvityksiä.

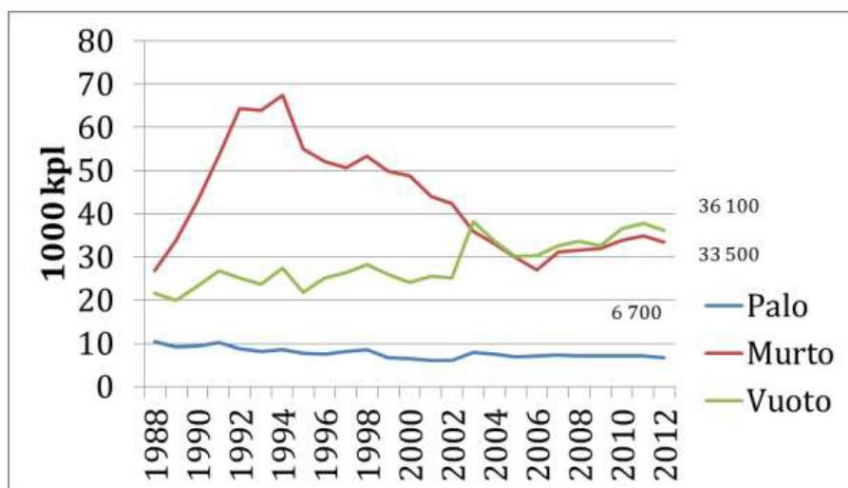
### **5.1 Vuotovahinkoselvitykset**

Finanssialan keskusliitto on tuottanut vakuutusyhtiöiden materiaaleista vuotovahinkoselvityksen, jonka kohteena olivat vuodet 2012–2013. Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto on tuottanut edellisen selvityksen, jonka kohteena olivat vuosina 2002–2003. Tässä luvussa keskitytään näiden selvitysten tuloksiin ja analyysiin, painopiste on kuitenkin vuosien 2012–2013 selvityksessä. Tarkoituksena on nostaa esille kohtia, joihin voidaan talotekniikalla vaikuttaa.

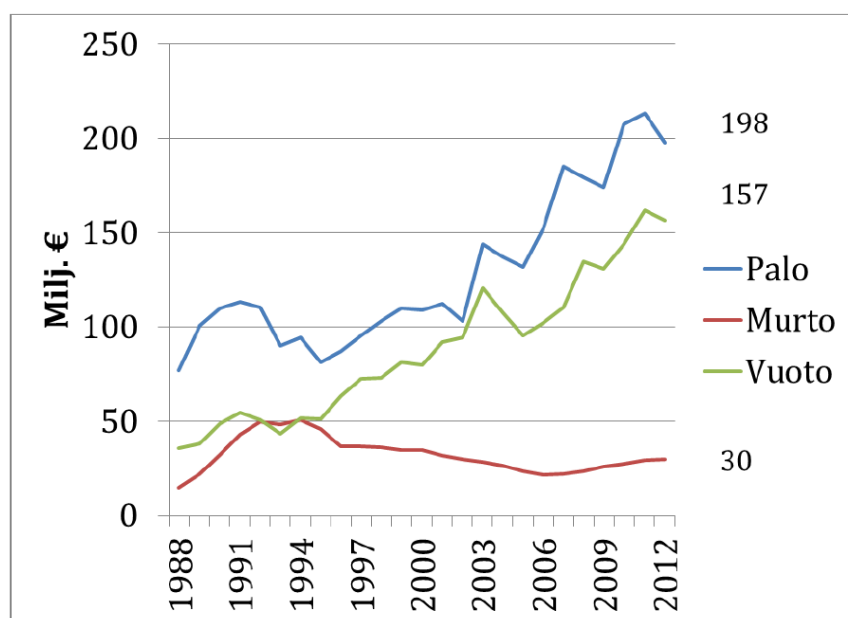
Selvitykset on koostettu eri vakuutusyhtiöille tehtyjen kyselyjen perusteella. Selvityksissä on esitetty vahinkojen määriin liittyviä kuvaajia, korvaussummien kehitystä vuodesta toiseen ja lisäksi on paneuduttu vahingon aiheuttajiin.

#### **5.1.1 Vahinkomäärät ja korvaukset**

Uusimman selvityksen perusteella vuotovahinkojen määrät sekä korvaussummat ovat olleet selvässä kasvussa viime vuosina. Korvaussummissa nähdään 40 %:n kasvu viimeisen viiden vuoden ajalta. Kuvat 8 ja 9 esittävät vahinkojen kappalemäärää ja korvauksien suuruutta.



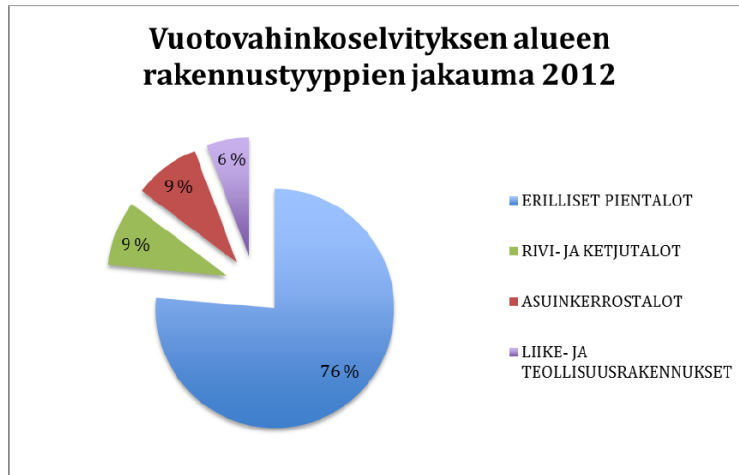
KUVA 8. Palo-, murto- ja vuotovahinkojen kappalemäärät (19, s. 6)



KUVA 9. Palo-, murto- ja vuotovahinkojen korvaukset (19, s. 5)

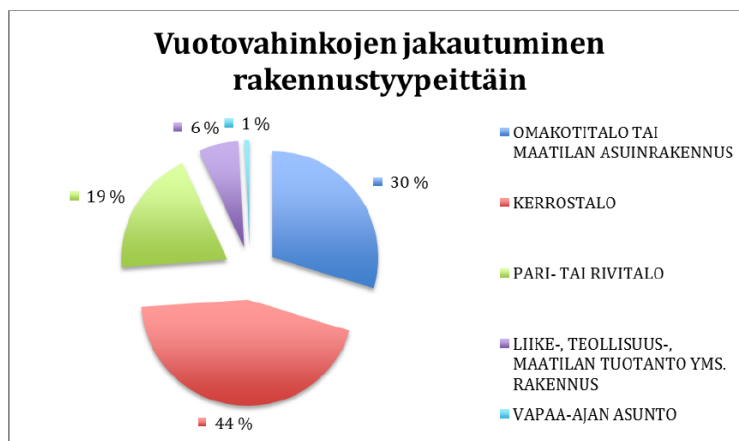
Kuten kuvista voidaan päätellä, palovahingot aiheuttavat selkeästi suurimmat korvaukset yhtä vahinkokertaa kohti, mutta vuotovahingot ovat selkeästi seuraavana. Selvityksen mukaan keskimääräinen kertakorvaus vuotovahinkoa kohti oli 4300 euroa. Tämä ei kuitenkaan anna oikeaa kuvaa vahingon todellisista kustannuksista. Korvaussummasta vähennetään omavastuut ja mahdolliset ikävähennykset.

Vuotovahinkoselvityksessä on mukana neljää eri tyyppin rakennusta: erillisiä pientaloja, rivi- ja ketjutaloja, asuinkerrostaloja sekä liike- ja teollisuusrakennuksia. Kuva 10 esittää rakennustyyppien jakaumaa vuoden 2012 selvityksessä.



*KUVA 10. Rakennustyyppien jakauma, Seinäjoen alue ja pääkaupunkiseutu (19, s. 7)*

Kuva 11 esittää vuotovahinkojen jakautumista rakennustyypeittäin.



*KUVA 11. Vuotovahinkojen jakautuminen rakennustyypeittäin (19, s. 7)*

Kuvista 10 ja 11 voidaan päätellä, että kerrostaloissa esiintyy kaikista eniten vuotovahinkoja suhteessa rakennustyyppiin. Tämä jakauma on melko looginen, koska kerrostalossa on myös eniten vesipisteitä ja käyttäjiä verrattuna muihin rakennustyyppeihin.

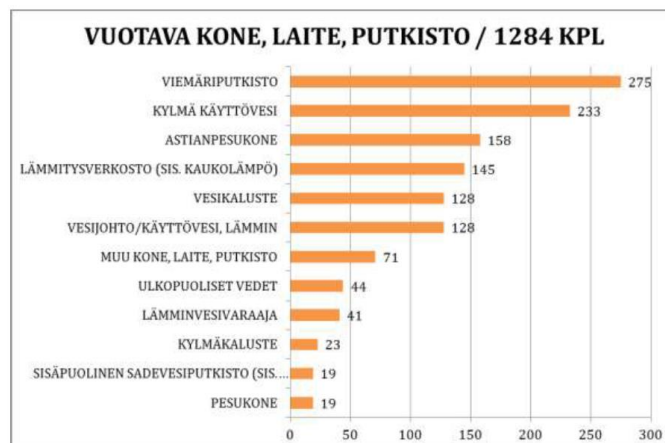
Selvityksessä mukana olleiden rakennusten ikäjakauma oli hyvin tasainen ja samoin vuotovahingot jakautuivat tasaisesti eri-ikäisten rakennusten kesken. Kuva 12 esittää nimenomaan vahinkojen jakautumista rakennuksen iän mukaan. Kuvassa ehkä yllättävintä on se, että jopa aivan uusissa rakennuksissa esiintyy yhtä paljon vuotovahinkoja kuin vanhemmissakin.



KUVA 12. Vuotovahinkojen jakautuminen rakennusten iän mukaan (19, s. 8)

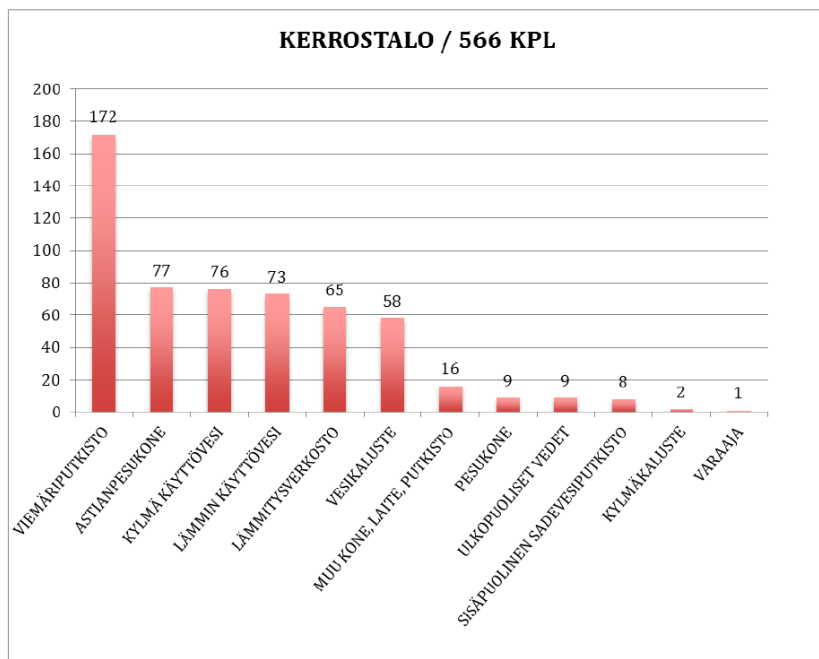
### 5.1.2 Vahinkojakauma

Selvityksessä on myös pureuduttu vahinkojen aiheuttajiin usealla eri tavalla. Vahinkoja on käsitelty niin laitteistojen kuin vahinkojen aiheuttajan kautta. Tähän lukuun on pyritty poimimaan mielenkiintoisimmat tulokset. Selvityksen mukaan kokonaisvahingoista suurimman ryhmän muodostavat viemäriputkistot, kuten kuvasta 13 voidaan lukea.

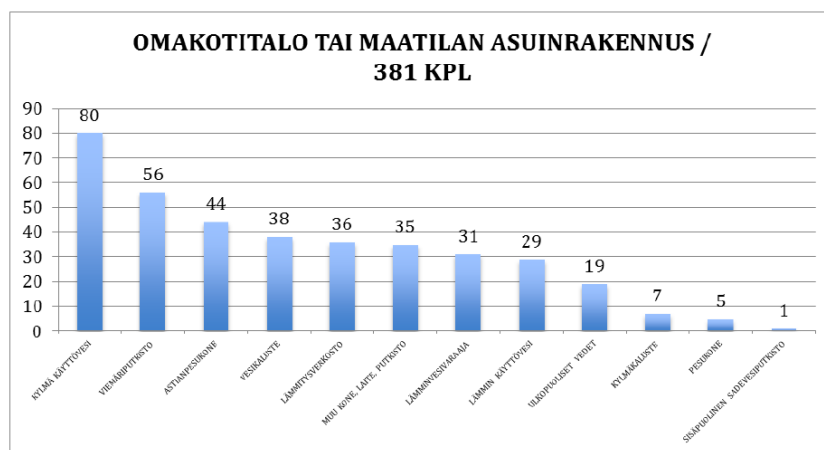


KUVA 13. Vuodon lähteenä havaitut koneet, laitteet ja putkistot (19, s. 11)

Selvityksestä käy myös ilmi, että kerrostaloissa esiintyy eniten viemäriputkisto-  
 on liittyviä vahinkoja, kun taas omakotitaloissa yleisin syy on kylmä käyttövesi.  
 Seuraavaksi yleisin vuodon syy kerrostaloissa on astianpesukone, tosin käyttö-  
 vesivuodot ovat määrällisesti melkein samoissa kuin astianpesukoneen vuodot.  
 Vuotovahinkojen järjestykset on poimittu kuvista 14 ja 15.

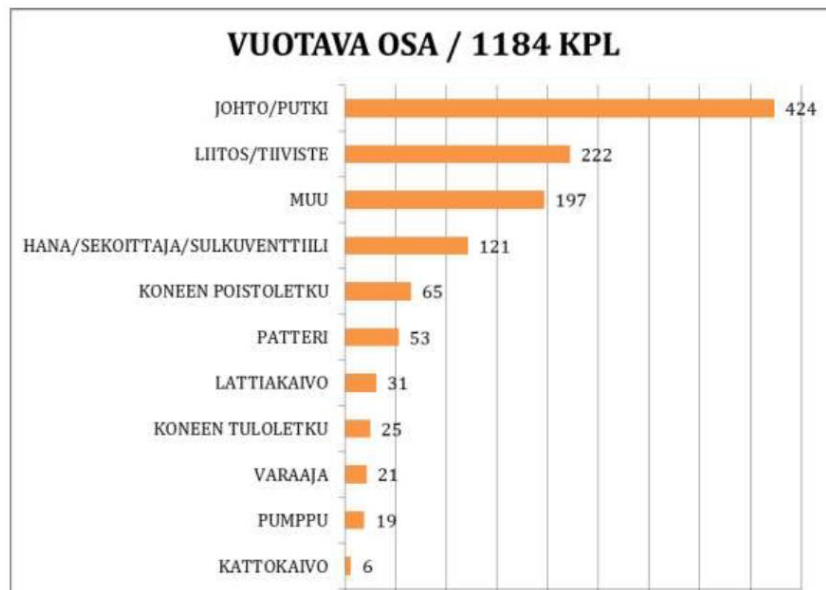


**KUVA 14.** Kerrostalojen vuotovahinkojen aiheuttajat; koneet, laitteet ja putkistot (19, s. 12)



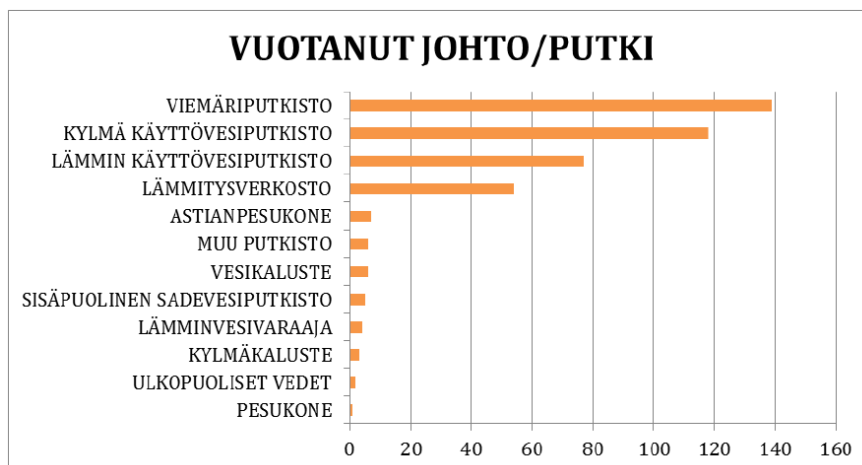
**KUVA 15.** Omakotitalojen vuotovahinkojen aiheuttajat; koneet, laitteet ja putkistot (19, s. 13)

Vuotavana osana on yleensä putki tai johto, seuraavaksi yleisimpänä tulee liitos tai tiiviste. Kuva 16 esittää vuotojen jakautumista eri osien kesken.



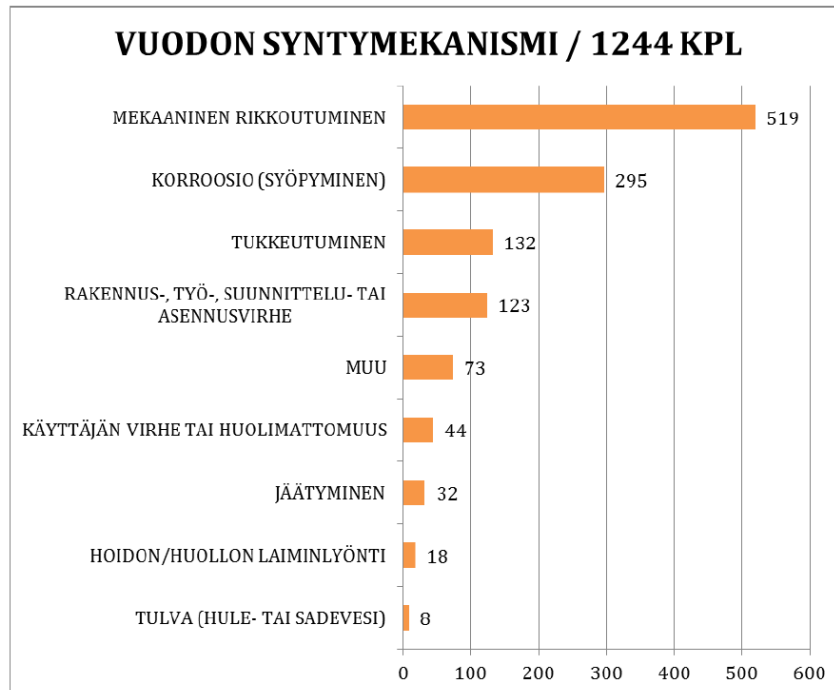
KUVA 16. Vuotava osa (19, s. 15)

Kuten myös vuotovahinkojen jakauman perusteella voidaan olettaa, on yleisimmin vuotanut putkisto viemäriputkisto. Tämä nähdään myös kuvasta 17.



KUVA 17. Vuotaneen putken laitekokonaisuus (19, s. 17)

Yleisin syy vuotovahingolle putken osalta on mekaaninen rikkoutuminen. Seuraavana on korroosio ja tämän jälkeen käytännössä tasoissa ovat tukkeutuminen ja rakennus-, työ-, suunnittelu- tai asennusvirhe. Kuva 18 esittää tulokset.



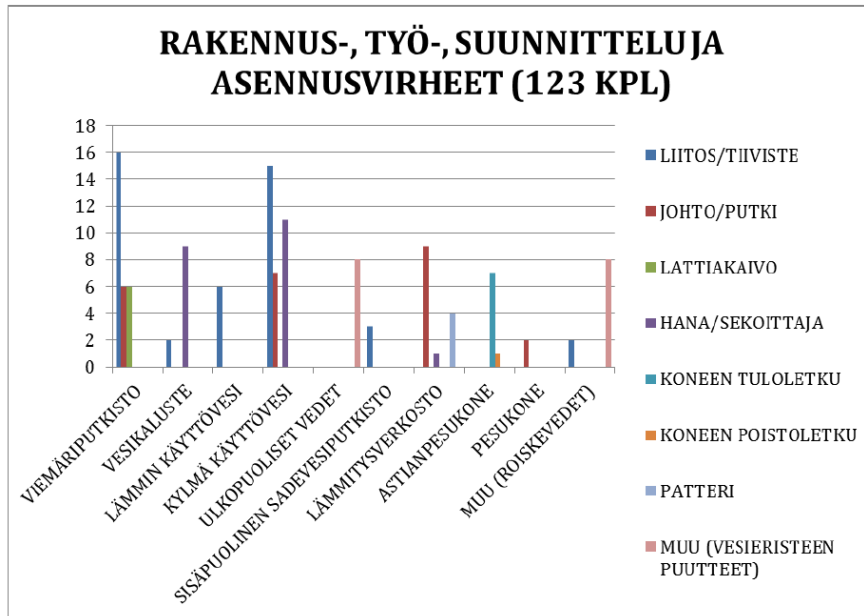
KUVA 18. Vuotovahingon syntymekanismit (19, s. 118)

Selvityksessä on tarkasteltu vuodon syntymekanismeja jokaisen järjestelmän osalta erikseen. Viemäriputkiston osalta tukkeutuminen on selkeästi suurin syy, sitten seuraavat mekaaninen rikkoutuminen ja korroosio suurin piirtein tasoissa ja tämän jälkeen tulee rakennusvirheet.

Kylmän käyttöveden puolella mekaaninen rikkoutuminen on yleisin, seuraavaksi yleisin on korroosio ja sitten rakennusvirheet. Lämpimän veden puolella järjestys on korroosio, mekaaninen rikkoutuminen ja rakennusvirheet.

Astianpesukoneissa mekaaninen rikkoutuminen on käytännössä ainoa syy vuotovahingolle ja suurin osa mekaanisista rikkoutumista koskee poistoletkua.

Selvityksessä on myös tarkasteltu eri syntymekanismeja tarkemmin. Rakennus-, työ-, suunnittelu- ja asennusvirheiden jakauma on esitetty kuvassa 19. Kuten nähdään, suurimmat virheet liittyvät liitoksiin ja tiivisteisiin.



KUVA 19. Rakennusvirheiden vuodon lähteet ja vuotaneet osat (19, s. 20)

Laitteiden ikä vuotovahinkotapauksessa on myös kirjattu ylös. Kuvissa 20, 21 ja 22 on esitetty viemäriputkiston, apk ja kylmän käyttöveden rikkoutumismäärät ikään suhteutettuna. Kuten kuvista nähdään, vahinkoja sattuu melko tasaisesti eri-ikäisille putkistoille. Apk:n yleinen kestoikä lienee noin 15 vuotta, ja siksi vahingot keskittyvät ”nuorille” laitteille putkistoihin verrattuna.

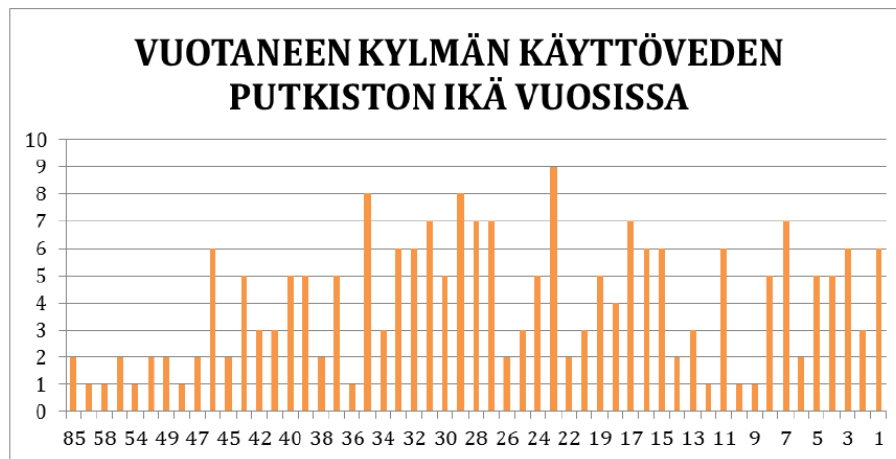


KUVA 20. Kappalemäärien vertailu vuotaneen putkiston iän suhteen (19, s. 22)





KUVA 21. Kappalemäärien vertailu vuotaneen astianpesukoneen iän suhteen (19, s. 23)



KUVA 22. Kappalemäärien vertailu vuotaneen kylmän käyttövesiputkiston iän suhteen (19, s. 26)

Selvityksessä on myös paljon muita yksityiskohtia, joista tähän poimittiin vain mielenkiintoisimmat.

## 5.2 Kosteusvahinkoselvitykset

Aikaisemmin jo todettiin, että kosteusvahingoista ja niiden yleisyydestä on rajoitetusti saatavilla keskitettyjä, vuosittain tehtäviä selvityksiä. Vaurioiden tunnistamista ja korjaamista on kuitenkin hyvin paljon materiaalia. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan selvityksessä on esitetty oheisia arvioita kosteusvahinkojen yleisyydestä:

- päiväkotirakennukset 10–50 %
- koulurakennukset noin 25 %
- pientalot 82 %
- kerrostalot noin 40 %. (8.)

Kuten luvuista voidaan päätellä, ovat pientalot hyvin ongelmallisia. Luku on kuitenkin vain arvio.

Taulukkoon 5 on koottu yleisimmät kosteusvahinkojen syyt Kuntaliiton tuottamasta selvityksestä Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005.

TAULUKKO 5. Kosteus- ja homeongelmien syyt (21, s. 11)

	A	B	C	D	E	F
Toimistorakennukset	41 %	31 %	9 %	6 %	0 %	13 %
Päiväkodit	40 %	34 %	10 %	3 %	2 %	11 %
Terveystoimintorak. ja muut sos.toimen rakennukset	40 %	26 %	12 %	6 %	0 %	16 %
Urheilurakennukset	60 %	17 %	8 %	3 %	2 %	13 %
Opetusrakennukset yhteensä	38 %	30 %	13 %	4 %	1 %	14 %
<i>Keskimäärin</i>	<i>42</i>	<i>28</i>	<i>12</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>13</i>
(Vuonna 2000)	27	29	14	16	3	11)

A = suunnitteluvirhe

B = rakennusvirhe

C = huoltovirhe

D = käyttötapavirhe

E = energiansäästövirhe

F = muut tekijät

Kuten taulukosta 5 voidaan lukea, suunnittelu – ja rakennusvirheet kattavat käytännössä 70 % kaikista virheistä näissä rakennustyypeissä. Taulukossa ei ole mukana pientaloja. Taulukon tuloksissa erot ovat kuitenkin niin selkeät, että on oletettavaa pääongelmakohtien olevan pientalojen osalta samankaltaisia.

Samassa selvityksessä on myös esitetty kosteuden lähteet taulukon 6 avulla.

TAULUKKO 6. Kosteuden lähteet vuonna 2005 (21, s. 12)

	A	B	C	D
Toimistorakennukset	51 %	37 %	2 %	10 %
Päiväkodit	58 %	42 %	0	0
Terveystuolitorakennukset ja muut sos.toimen rakennukset	44 %	31 %		25 %
Urheilurakennukset	55 %	26 %	6 %	13 %
Opetusrakennukset yhteensä	51 %	36 %	1 %	12 %
<i>Keskimäärin</i>	<i>51</i>	<i>34</i>	<i>2</i>	<i>14</i>
(Vuonna 2000	40	29	5	26)

jossa

A = sade, lumi, tuuli, katto- ja valumavedet      B = maakosteus  
C = sisäilman kosteus                                      D = käyttövedet

Taulukosta 6 voidaan nähdä, että vauriot keskittyvät lähinnä talon ulkopuolises-  
ta vedestä johtuviin vaurioihin. Käyttövedellä on kuitenkin myös oma selkeä vai-  
kutuksensa, tosin käyttövesistä johtuvat ongelmat ovat laskeneet vuodesta  
2000.

### 5.3 Yhteenveto

Vuotovahinkoselvityksistä voidaan tunnistaa seuraavat riskit:

- putkiston ikääntyminen
- asennusvirheet
- mekaaninen rikkoutuminen.

Nämä kolme aluetta nousivat selvästi ylitse muiden selvityksen perusteella.

Järjestelmistä suurimmat ongelmat kohdistuvat viemäriputkistoon. Myös käyttö-  
vesien putkituksissa esiintyi ongelmia. Yksittäisenä laitteena astianpesukone on  
vuotojen kannalta ongelmallinen. Astianpesukoneissa vuotokohde on yleisim-  
min poistovesiletku.

Kosteusvahinkoselvityksistä suurin osa vahingoista liittyy ulkopuolisten vesien  
pääsyyn rakenteeseen. Katolla olevien talotekniikan läpivientien toteutukseen  
tulee näin ollen kiinnittää huomiota. Varsinkin liitosten yksityiskohdat tulisi

suunnitella hyvin ja myös toteutusta valvoa. Samoin salaojituksella ja hulevesien ohjauksella vaikutetaan rakenteiden kosteusrasitukseen.

Teorian pohjalta voidaan nostaa seuraavia riskikohtia esille:

- sisäilman kosteutta pääsee rakenteeseen
- sisälle muodostuva kosteus ei poistu tarpeeksi tehokkaasti
- virheellisen eristyksen aiheuttamat kondenssiongelmat talotekniikan putkituksissa
- rakennuksen käytössä tehdään virheitä.

## 6 RISKIT JA TOIMENPITEET

Tässä luvussa on aikaisemmin esitetyistä selvityksistä poimittu tärkeimmiksi ajateltuja riskikohtia ja esitetty, kuinka näitä riskejä voitaisiin minimoida eri rakentamisen vaiheissa. Rakentamisen vaiheistus on otettu ToVasta (0) ja samaa vaiheistusta on käytetty myös Kuivaketju10-hankkeessa.

### 6.1 Riskit

Teoriatarkastelusta, vuotovahinkoselvityksistä ja kosteusvahinkoselvityksistä voidaan johtaa seuraavat keskeisimmät riskialueet talotekniikan kannalta:

- putkistojen ikääntyminen
- asennusvirheet
- mekaaninen rikkoutuminen
- höyrynsulun läpivientien tiiveys
- puutteellinen sisäilman vaihto
- ulkovaipan läpivientien tiiveys
- puutteelliset putkieristykset, kondenssiongelmat ja jäätymisongelmat
- hulevesien ohjaus
- käyttövirheet.

Näistä riskeistä kaikkia ei voida suoraan korjata tai estää rakentamisen aikana. Rakentamisessa tulee kuitenkin huomioida pidemmän aikavälin riskitkin. Esimerkiksi putkiston ikääntymisestä johtuvaa vuotoriskiä voidaan pienentää rakentamisen aikana materiaalivalinnoilla, suunnittelemalla järjestelmät huollettaviksi ja mahdollistamalla vuodon havaitseminen ajoissa. Varsinkin mahdollisten vuotojen aikaiseen havainnoimiseen ja sen perusteella vahingon automaattiseen rajoittamiseen kannattaisi panostaa. Esimerkkinä edellisestä voidaan esittää kosteusanturointi astianpesukoneen alla mikä on kytketty magneettiventtiin. Mikäli kosteusanturi havaitsee kosteutta, katkaistaan veden syöttö. Tällä minimoidaan mahdollinen vesivahinko.

## 6.2 Tilaaminen

ToVa-prosessissa on kaksi tarkistuspistettä liittyen tilaamiseen: tilaajan tavoitteiden tarkistus ja suunnitteluedellytysten varmistus. Tavoitteiden ja edellytysten varmistuksen vaiheet on syytä suorittaa huolellisesti. Mikäli mahdollista, tulisi mukana olla mahdollisimman monipuolisesti ammattilaisia eri rakentamisen vaiheista. Esimerkiksi kiinteistöhuollon ammattilaisen olisi hyvä olla mukana jo tässä vaiheessa, koska kiinteistön käyttö ja huolto on ajallisesti kaikkein pisin vaihe rakentamisessa.

Luvun alussa esitetyt riskit ja niille ehdotetut toimenpiteet tilaamisen vaiheessa on esitetty taulukossa 7. Varsinaisia rakentamisen määräyksiä, jotka vaikuttaisivat tilausvaiheessa, ei tunnistettu. Kuitenkin käytännössä MRL § 117 vaikuttaa kaikkeen, minkä vuoksi sitä ei ole tähän erikseen merkitty. Samoin RYL G00 kohdan vaatimuksesta voidaan nähdä, että sopimusasiakirjoilla ja sitä kautta ”oikein” tilaamisella on oleellinen merkitys koko hankkeen kannalta.

Tilaamisen tärkeys korostuu jos halutaan tehdä minimivaatimuksia parempaa laatua. Eritasoisten määräysten kautta saadaan vain ns. minimilaatua. Esimerkkinä voi tässä mainita vaikka kahden lattiakaivon toteuttamisen pesutilaan. Tällainen vaatimus täytyy mainita tilatessa, koska mikään määräys ei tätä edellytä. Samoin vaikkapa vuotoindikaattorien määrät tai vaatimuksia parempi vesieristystaso tulee mainita tilatessa, perusmääräysten kautta nämä eivät välttämättä tule toteutettua. Edellä mainitut esimerkit ovat kuitenkin kohtuullisen halpoja investointeja joilla voidaan estää isoja vahinkoja.

*TAULUKKO 7. Riskit ja toimenpiteet tilausvaiheessa*

Riski	Toimenpide	Määräys
Putkiston ikääntyminen	Tilataan järjestelmien suunnitelmat niin, että huoltovarmuus on huomioitu, ja että se pystytään osoittamaan. Aistinvaraista havainnointia tulisi auttaa tarpeellisilla automaattijärjestelmillä.  Järjestelmien huolto ja käyttövarmuus täytyy olla mielessä jokaisessa jatkovaiheessa. Raportoinnissa huolto ja käyttövarmuus tulisi olla yksi osa-alue. Tämä on	

	<p>syötä määritellä tilauksessa.</p> <p>Otetaan käyttö ja ylläpito huomioon, kun sovitaan sähköisten dokumenttien toimitusmuodot ja toimitusketjut.</p>	
Asennusvirheet	<p>Tilataan asennusten tarkastukset ja dokumentoinnit osaksi tarkastuksia. Tilataan myös työkalujen kalibrointien osoitus soveltuvin osin.</p> <p>Vesiputkien osalta koeponnistus on oleellinen osa. Viemäriputkien osalta olisi hyvä tilata viemärikuvaus sopivassa vaiheessa (kun korjaaminen on vielä mahdollista).</p> <p>Suunnitteluun olisi hyvä antaa yhdeksi tavoitteeksi asentamisen helppous.</p>	
Mekaaninen rikkoutuminen	<p>Tilataan järjestelmät ja suunnitelmat niin, että mekaanisen rikkoutumisen tilanteessa voidaan asia havaita. Riittävä määrä anturointeja varmistamaan aistinvaraista havainnointia.</p> <p>Tilataan suunnitelmiin dokumentointi järjestelmien oikeaoppisesta kannakoinnista, työmaavaiheen sopimuksessa edellytetään kannakoinnin dokumentointi.</p>	
Höyrynsulun läpivientien tiiveys	<p>Annetaan suunnitteluun tehtäväksi minimoida läpivientien määrä.</p> <p>Riittävä määrä tiiveysmittauksia eri vaiheisiin, aikaa korjaaville toimenpiteille.</p> <p>Tilataan suunnitelmat eri käyttötilanteiden paine-ero tarkasteluihin rakenteen yli.</p> <p>Tilataan rakenteen yli olevan paine-eron monitorointi mikäli tämä vain on mahdollista.</p> <p>Varataan riittävästi aikaa käyttöönotto- ja säätövaiheeseen</p>	
Puutteellinen sisäilman-	<p>Annetaan mahdollisuus suunnitella paremmin kuin D2 minimissään edellyttää, mikäli tämä on perusteltua.</p>	

vaihto	Tilataan riskialttiiden tilojen (esimerkiksi kylpyhuone) osalta tarkempaa mallinnusta kosteuden poiston riittävydestä.  Varataan riittävästi aikaa käyttöönotto- ja säätövaiheeseen	
Ulkovaipan läpivientien tiiveys	Tilataan riittävän tarkat suunnittelu detaljit läpivienneistä ja niiden toteutuksesta	
Puutteelliset putkieristykset	Annetaan suunnitteluun tehtäväksi minimoida putkien reititystä riskialttiissa tiloissa. Kiinnitetään huomiota putkieristysten merkintään suunnitelmissa.	
Hulevesien ohjaus	Tilataan riittävän väljät mitoitukset esimerkiksi kattoviemäreihin. Tilataan tarkat delailit mm pintojen kaadoista, varmistetaan että nämä myös mitataan ja dokumentoidaan.	
Käyttövirheet	Tilataan järjestelmät niin, että sovitut käyttövirheet on huomioitu. Esimerkkinä vaikka lattiakaivon tukkeutuminen suihkutilassa (esimerkiksi sammuminen tai vaatteiden jääminen kaivon päälle). Tilojen vesieristykseen olisi myös syytä kiinnittää huomiota jo tilatessa. Vesieristys olisi järkevää tilata jokaiseen tilaan jossa on vesipiste. Rakentamismääräykset eivät tätä vaadi, joten tähän on syytä kiinnittää huomiota tilatessa.	

### 6.3 Suunnittelu

ToVassa on suunnitteluun liittyen käytännössä kaksi tarkistuspistettä: järjestelmäratkaisujen kelpoisuuden varmistus sekä hankinta- ja rakentamisedellysten varmistus. Molemmilla on selkeä paikkansa kokonaisprosessin onnistumisen kannalta.

Suunnittelun suuntaviivat annetaan luonnollisesti tilaamisen yhteydessä. Suunnittelijan on kuitenkin syytä tarvittaessa ottaa yhteyttä tilaajaan, mikäli tilauksen pohjalta tehdyssä suunnitelmassa on selkeitä riskirakenteita.



Suunnitteluvaiheessa on muutenkin syytä käydä aktiivista dialogia tilaajan kanssa vaatimuksista ja niiden mahdollisista tarkennuksista. Suunnittelu on kuitenkin tärkeä osavaihe, jonka jälkeen siirrytään toteuttamaan. Mikäli tilanne pääsee siihen, että suunnitelmat eivät vastaa tilaajan toiveita, silloin käytännössä myöskään toteutus ei sitä tee. Toteutuksen pohjalla ovat kuitenkin suunnitelmat.

Suunnitelmissa olisi hyvä nostaa esille mahdollisia riskirakenteita, niin toteuttamisen kuin rakennuksen ylläpidonkin kannalta. Suunnitteluvaiheessa voidaan oleellisesti vaikuttaa huollon ja ylläpidon helppouteen. Suunnittelijan olisi hyvä myös olla saatavilla varsinaisen rakentamisen aikana, jotta mahdolliset muutokset voidaan toteuttaa oikein. Suunnittelussa tärkeää on myös suunnitelmien dokumentoinnin laatu.

Taulukko 8 listaa riskit ja suunnittelussa huomioitavat toimenpiteet.

*TAULUKKO 8. Riskit ja toimenpiteet suunnitteluvaiheessa*

Riski	Toimenpide	Määräys
Putkiston ikääntyminen	<p>Suunnitellaan huollettavia ja kokonaiskustannustehokkaita ratkaisuja.</p> <p>Dokumentoidaan suunnitelmat sovittuun muotoon ja niin, että niitä voi hyödyntää rakennuksen huollossa.</p> <p>Nostetaan esiin huollon kannalta mahdolliset kriittiset paikat, nämä tulisi nostaa seurattaviksi asioiksi työmaavaiheessa.</p> <p>Suunnitellaan aistinvaraisen havainnoinnin avuksi automaattisia ratkaisuja, esimerkiksi kosteusanturointeja paikkoihin joihin on haastava päästä katsomaan.</p>	<p>RakMK D1; 2.6.5, 2.4.1, 6.1</p> <p>RYL G06.00.11</p>
Asennusvirheet	Nostetaan suunnitelmista esiin kohtia, jotka ovat potentiaalisesti hankalia toteuttaa. Esitetään järjestelmätoteutus, jolla kyseinen kohta tulisi toteuttaa.	

	<p>Mikäli jokin kohta tunnistetaan hankalaksi toteuttaa, varaudutaan suunnitelmassa myös mahdolliseen virheeseen. Varautuminen voidaan tehdä esimerkiksi esittämällä liitos tilaa vesieristettäväksi tai varautumalla anturoinnilla mahdollisen vuodon nopeaan havainnoimiseen.</p>	
Mekaaninen rikkoutuminen	<p>Varmistetaan, että tarvittavat mittaukset sekä käyttöotossa, että käytönseurannassa on mahdollista tehdä.</p> <p>Esitetään tarvittavat suojaputket suunnitelmissa.</p> <p>Kiinnitetään huomiota detaljisuunnitteluun.</p> <p>Myös tätä riskiä voidaan pienentää suunnittelemalla automaattisia ratkaisuja vuototilanteiden havainnoimiseen.</p>	<p>RakMK C2; 8.1.1</p> <p>RakMK D1; 2.6.5</p>
Höyrynsulun läpivientien tiiveys	<p>Suunnitellaan toimeksiannon mukaan, mahdollisuuksien mukaan pyritään minimoimaan läpivientien määrä. Mahdollisesti simuloidaan kosteiden tilojen ilmanvaihdon riittävyttä.</p> <p>Tunnistetaan mahdolliset riskirakenteet, suunnitellaan detaljit tarkasti, ja niin että detaljit hyödyttävät työmaata.</p> <p>Huomioidaan eri käyttötilanteen suunnittelussa, varmistetaan, että paine-ero suhteet pysyvät oikein päin eri tilanteissa.</p>	<p>RakMK C2; 1.4.1 &amp; 1.4.2</p>
Puutteellinen sisäilmanvaihto	<p>Suunnitellaan ”paremmin” kuin D2 edellyttää eli suunnitellaan tilojen ja tilanteiden mukaan, ei mennä taulukko mitoituksella joka kohdassa.</p> <p>Esitetään suunnitelmissa eri käyttötilanteiden vaatimat ilmavirrat niin että ne voidaan säätää ja todentaa käyttöotossa.</p> <p>Suunnitellaan tarpeelliset anturoinnit ja ohjaukset rakennuksen sisäilmaston ohjausta ja monitorointia</p>	<p>RakMK D2; 2.1.1; 2.1.2; 2.3.2; 3.1.1; 3.2.3</p>

	varten.	
Ulkovaipan läpivientien tiiveys	<p>Pyritään keskittämään läpivientejä ryhmiin niin että läpivientien määrä on minimoitu.</p> <p>Suunnitellaan läpivienti detaljit kunnolla, käytetään toisiinsa sopivia järjestelmien osia, esimerkiksi huopakatolle on eri menetelmät läpivienneille kuin peltikatolle.</p>	<p>RakMK C2; 1.4.1 &amp; 1.4.2</p> <p>RakMK D2; 3.8.4</p>
Puutteelliset putkieristykset	Kiinnitetään huomiota eristysten merkintään suunnitelmissa. Suunnitellaan ratkaisuja, jotka ovat suoraviivaisia ja helppoja toteuttaa, esimerkiksi otetaan huomioon erilaisten eristeiden määrän minimointi suunnitelmissa. Mikäli mahdollista, olisi eristettävien linjojen myös oltava mahdollisimman suorina ja viety tiloissa joissa eristäminen on oikeasti mahdollista.	<p>RakMK C2; 8.1.1</p> <p>RakMK D2; 3.8.5</p> <p>RYL G3300.10</p>
Hulevesien ohjaus	<p>Mitoitetaan hulevesien viemäroinnit oikein ja riittävän väljästi. Otetaan huomioon mitä tapahtuu mahdollisessa vikatilanteessa, mietitään mitä tapahtuu esimerkiksi kaivon tulviessa, mihin vesi tällöin menee.</p> <p>Otetaan linjoissa huomioon myös huollettavuus ja putkien huuhtelun mahdollisuus.</p>	<p>RakMK D1; 5.1.1</p>
Käyttövirheet	Otetaan sovitut käyttövirheet huomioon suunnittelussa. Esimerkiksi suunnitellaan suihkutilaan kaksi lattiakaivoa minimoimaan yhden tukkeutumisesta johtuvaa potentiaalista vesivahinkoa. Myös riittävä määrä vuotovahteja on syytä esittää suunnitelmissa.	

## 6.4 Rakentaminen

ToVassa rakentamiseen liittyviä tarkistuspisteitä on varsinaisesti yksi: toimintakokeiden ja säätöjen varmistus. Tässä pisteessä tarkistetaan rakentamisen aikana tehtävät toimintakokeet ja perussäädöt. Varsinainen käyttöönotto ja luovutus tapahtuvat erikseen.

Rakentaminen voidaan prosessin kannalta nähdä suoraviivaisena toteuttamisen vaiheena, tässä toteutetaan tilaajan tilaamia suunnitelmia niin että saadaan toimiva kokonaisuus. Rakentaminen on kuitenkin kompleksinen vaihe, koska työmaalla on yhtä aikaa menossa monta eri vaihetta. Rakentamisen vaiheessa tärkeäksi nouseekin työvaiheiden ja toteutuksen seuranta ja dokumentointi.

Taulukko 9 listaa riskit ja rakennusvaiheessa huomioitavat toimenpiteet.

*TAULUKKO 9. Riskit ja toimenpiteet rakennusvaiheessa*

Riski	Toimenpide	Määräys
Putkiston ikääntyminen	Toteutetaan suunnitelmien mukaan, otetaan huomioon huollettavuus.  Huollettavuutta voisi koestaa työmaan loppuvaiheessa jolloin vielä voitaisiin parantaa ratkaisuja tarvittaessa.	RakMK D1; 2.4.1, 2.6.3 2.6.5, 4.3.2, 6.1  RYL G2000.00
Asennusvirheet	Asennetaan huolellisesti, dokumentoidaan asennukset. Varmistetaan, että työkalujen tarpeelliset kalibroinnit ovat kunnossa ja dokumentit olemassa.  Toteutetaan ja dokumentoidaan tilatut välitarkistukset ja mittaukset, esimerkiksi viemärikuvaus.	RakMK C2; 2.6.3,  RakMK D1; 4.5, 6.1  RYL G06.00, G06.21, G2860
Mekaaninen rikkoutuminen	Käsitellään tuotteita varoen niin, että niihin ei tule tarpeettomasti kolhuja jotka voisivat johtaa rikkoutumiseen. Huomioidaan jo asennetut järjestelmät muissa työvaiheissa.	
Höyrynsulun läpivientien tiiveys	Tehdään läpiviennit huolellisesti. Tarkistetaan ja dokumentoidaan toteutukset.  Ennen pintojen kiinnilaittoa olisi syytä tehdä tiiveysmittaus, jotta nähdään mahdolliset vuodot ja	RakMK C2; 1.4.1 & 1.4.2  RYL

	voidaan parantaa ratkaisuja.	G3000.10
Puutteellinen sisäilmanvaihto	Toteutetaan suunnitelmissa olevat anturoinnit, laitteet ja kanavat. Mikäli asennuksia ei voida toteuttaa suunnitelmien mukaan tulee vaihtoehtoinen ratkaisu hyväksyttävä suunnittelijalla.	RakMK D2; 2.1.1; 2.1.2; 2.3.2; 3.1.1; 3.2.3
Ulkovaipan läpivientien tiiveys	Toteutetaan läpiviennit suurta huolellisuutta noudattaen. Mikäli mahdollista voitaisiin läpiviennille tehdä vesirasitus testi ja näin varmistua veden pitävyydestä.	RakMK C2; 1.4.1 & 1.4.2  RakMK D2; 3.8.4  RYL G2615
Puutteelliset putkieristykset	Toteutetaan suunnitelmissa olevat eristykset huolella.	RakMK C2; 8.1.1  RakMK D2; 3.8.5  RYL G06.90  RYL G3300.10
Hulevesien ohjaus	Toteutetaan suunnitelmat huolella, dokumentoidaan myös maan sisään jäävien putkien kaadot hyvin.	RakMK D1; 5.1.1  RYL G06.21
Käyttövirheet	Toteutetaan suunnitelmien mukaan.	

## 6.5 Käyttöönotto

ToVa-prosessissa käyttöönotto on nähty osana rakentamista. Käyttöönottoon voidaan ToVasta yhdistää yksi tarkistuspiste, joka on luovutuksen ja käyttöönoton varmistus. Käyttöönotto on hyvin tärkeä vaihe koko prosessia. Käyttöönotossa kirjoitetaan ”kuitti” suunnittelun ja rakentamisen osalta asiakkaalle. Tässä vaiheessa on syytä kiinnittää erityistä huomiota suunnitelmien toteutumiselle ja sen osoittamiselle. Samoin dokumentaation tulee olla valmis huoltoa varten.

Taulukko 10 listaa riskit ja toimenpiteet, joihin on syytä kiinnittää huomiota käyttöönotossa.

*TAULUKKO 10. Riskit ja toimenpiteet käyttöönottovaiheessa*

Riski	Toimenpide	Määräys
Putkiston ikääntyminen	<p>Tarkistetaan suunnitelmien toteutuminen</p> <p>Tarkistetaan suunnittelussa ja toteutuksessa esille nostetut riskialttiit kohdat (mikäli tämä vain on mahdollista).</p> <p>Varmistetaan, että kuvaukset ja mittaukset on suoritettu.</p> <p>Päivitetään huoltokansio ja huoltosuositukset.</p> <p>Varmistetaan, että tieto joka on kerätty ja luotu tiilaamisen, suunnittelu, toteutuksen ja käyttöönoton aikana siirtyy huolto-ohjelmaan.</p> <p>Varmistetaan huoltoluukkujen ja muiden vastaavien sijainti.</p> <p>Suunnitelmien ajantasakuvat tulee olla tehtynä ja dokumentoituna.</p> <p>Koestetaan mahdolliset anturoinnit ja automaattiratkaisut.</p>	<p>RakMK D1; 6.1</p> <p>RYL G06.21; G08</p>
Asennusvirheet	Suoritetaan tarpeelliset tarkistusmittaukset, mm	RakMK D1; 2.8.1;

	<p>käyttövesiputkiston painekoe ja viemärikuvaus.</p> <p>Päivitetään huolto-ohje ja dokumentoidaan asennukset.</p> <p>Koestetaan mahdolliset anturoinnit ja automaattiratkaisut.</p>	<p>2.8.6; 6.1</p> <p>RYL G06.21; G08; G2000.08</p>
Mekaaninen rikkoutuminen	<p>Tarkistetaan, että suunnitellut suoja-putket ja anturoinnit on asennettu.</p> <p>Dokumentoidaan anturointien paikat ja niiden tuottaman informaation merkitys huolto-ohjeeseen.</p> <p>Koestetaan mahdolliset anturoinnit ja automaattiratkaisut.</p>	
Höyrynsulun läpivientien tiiveys	<p>Tehdään ilmanvaihdon lopulliset säädöt</p> <p>Tarkistetaan suunnittelussa ja toteutuksessa esille nostetut ilmapuotojen kannalta riskialttiit kohdat.</p> <p>Tehdään lopullinen tiiveysmittaus rakennukselle.</p> <p>Päivitetään huoltokansio ja huoltosuositukset vuoto-kohtien osalta.</p>	<p>RakMK D2; 4.1.1; 4.1.2</p>
Puutteellinen sisäilmanvaihto	<p>Tehdään ilmanvaihdon lopulliset säädöt.</p> <p>Suoritetaan kattava toimintakoe ja korjataan mahdolliset puutteet säädöissä. Koestetaan rakennusta eri käyttötilanteilla; mitataan painesuhteet ja ilmamäärät.</p> <p>Kuormitetaan märkätiloja kosteudella ja varmistetaan ilmanvaihdon riittävyys myös kosteusmittauksilla.</p>	<p>RakMK D2; 4.1.2</p>
Ulkovaipan läpivientien tiiveys	<p>Tarkistetaan suunnittelussa ja toteutuksessa esille nostetut riskialttiit kohdat.</p> <p>Varmistetaan oikeanlainen dokumentointi huolto-oppaaseen.</p>	

Puutteelliset putkieristykset	Tarkistetaan, että eristevahvuudet ovat suunnitelmien mukaiset ja työ huolellisesti tehtyä.	
Hulevesien ohjaus	Varmistetaan kriittisten kohteiden kaatojen oikeellisuus.  Varmistetaan oikeanlainen dokumentointi huoltooppaaseen.	RakMK D1; 6.1
Käyttövirheet	Testaan, että toteutetut ratkaisut todella toimivat käyttövirhe tilanteessa.	

## 6.6 Huolto ja ylläpito

ToVassa ja muuten rakentamisessa huolto ja ylläpito on käytännössä viimeinen vaihe. Ajallisesti tämä on kuitenkin käytännössä se pisin rakentamisen vaihe. ToVasta löytyy yksi tarkistuspiste liittyen käyttöön ja ylläpitoon; säännöllinen jatkuva toimivuuden varmistus. Huolto-ohjeen mukainen ylläpito ja jatkuva seuranta ovat tärkeässä osassa investoinnin arvon säilyttämisessä. Taulukko 11 listaa riskit ja niihin liittyvät toimenpiteet rakennuksen käytön aikana.

*TAULUKKO 11. Riskit ja toimenpiteet huolto- ja ylläpitovaiheessa*

Riski	Toimenpide	Määräys
Putkiston ikääntyminen	Tarkkaillaan järjestelmien toimintaa huolto-ohjeen mukaan. Tämän tulee sisältää mm vuotoundikaattorien tarkkailu.  Varmistetaan määräajoin anturointien toimivuus.  Suoritetaan huolto-ohjeen mukaiset ennakoivat huollot ajallaan.	RakMK D1; 6.1
Asennusvirheet	Varmistetaan määräajoin anturointien toimivuus.  Korjauksien tapauksissa varmistetaan asennusten laatu testaamalla ja dokumentoidaan korjaukset.  Varmistetaan määräajoin anturointien toimivuus.	



Mekaaninen rikkoutuminen	<p>Tarkkaillaan järjestelmien toimintaa huolto-ohjeen mukaan.</p> <p>Suoritetaan huolto-ohjeen mukaiset ennakoivat huollot ajallaan. Esimerkiksi astianpesukoneen poistoletkut olisi syytä vaihtaa määräajoin.</p> <p>Varmistetaan määräajoin anturointien toimivuus.</p>	RakMK D1; 6.1
Höyrynsulun läpivientien tiiveys	<p>Suoritetaan painekokeita rakennukselle määräajoin, näin varmistetaan, että mahdolliset syntyvät vuodot saadaan kiinni ajoissa.</p> <p>Varmistetaan mahdollisen paine-eroanturoinnin toimivuus määräajoin.</p>	
Puutteellinen sisäilmanvaihto	<p>Suoritetaan kanavien puhdistukset huolto-ohjeen mukaisesti, puhdistuksen jälkeen säädetään pääte-laitteet suunnitelmien mukaisiin arvoihin.</p> <p>Suoritetaan muutenkin huolto-ohjeeseen merkityt huollot määräajoin esimerkiksi vaihdetaan suodat-timet riittävän ajoissa.</p> <p>Suhtaudutaan asukkaiden / tilan käyttäjien aistinva-raisiin havaintoihin vakavasti ja otetaan välittömästi selvää mistä on kysymys.</p>	
Ulkovaipan läpivientien tiiveys	<p>Tarkistetaan riskikohtien toimivuus huolto-oppaan mukaisesti. Käytetään hyväksi myös mahdollisia poikkeuksellisia sääolosuhteita, esimerkiksi rankka-sateella on hyvä mahdollisuus tarkistella läpivien-tien vedenpitävyyttä.</p>	
Puutteelliset putkieristykset	<p>Tarkistetaan putkieristykset kriittisistä kohdista määräajoin, varmistetaan eristeiden paikallaan pysyvyys.</p>	
Hulevesien ohjaus	<p>Tarkkaillaan järjestelmän toimivuutta kovissa kuor-mitusolosuhteissa, esimerkiksi rankkasade.</p> <p>Puhdistetaan järjestelmät huolto-ohjeen mukaisesti.</p>	RakMK D1; 6.1

Käyttövirheet	Annetaan riittävät ohjeet asukkaille mahdollisten käyttövirheiden minimoimiseksi.	
---------------	---	--

## 7 YHTEENVETO

Työn päätarkoituksena oli tarkastella talotekniikkaan liittyvää kosteudenhallintaa rakentamisen eri vaiheissa ja tuottaa taustamateriaalia Oulun kaupungin rakennusvalvonnan johtamaan Kuivaketju10-hankkeeseen. Koko rakentamisen ketju on tosin hieman liian laaja käsiteltäväksi yksityiskohtaisesti yhdessä insinöörityössä. Työ kuitenkin poimii tärkeimmät kohteet ja antaa pohjaa mahdollisille jatko-analyysille.

Tärkein asia, joka työstä voidaan nostaa esille, on juurikin koko ketjun hallinta; jokainen rakentamisen vaihe on kytköksissä toisiinsa. Yhteistyö eri osapuolien välillä tulee olemaan ratkaisevaa koko hankkeen onnistumisen kannalta. Prosesseilla ja tarkistuslistoilla on kuitenkin vain tekemistä ohjaava vaikutus. Itse sisällön laatu on kuitenkin kiinni prosessiin osallistuvista ammattilaisista.

Toinen selkeästi nähtävä asia on määräysten laajuus kosteudenhallintaan liittyen. Useaa riskikohtaa käsittelee jo jokin määräys, jota noudattamalla kyseisen riskin ei tulisi realisoitua. Määräykset ovat myös ohjaavuudeltaan sellaisia, että niitä tulisi noudattaa. Tästä nouseekin kysymys, miksi määräykset eivät pure. Osittain asia selittyy sillä, että määräykset ovat usein hyvin tulkinnanvaraisia. Määräyksiä olisikin syytä kehittää mitattavaan suuntaan. Määräyksellä, jota ei voida mitata, ei oikeastaan ole merkitystä. Hankkeen alusta asti on syytä määrittellä toimitteet tarkasti. Hankkeen ei tulisi nojata pelkästään määräyksiin ja minimilaatuun. Ohjelmistoteollisuudessa on jo pidemmän aikaa pyritty juurikin siihen, että kokonaisuudelle asetettuja vaatimuksia seurataan jokaisessa eri kehitysvaiheessa. Vaatimuksien täyttyminen täytyy myös olla selkeästi mitattavissa ja todennettavissa.

Kaiken kaikkiaan työ oli hyvin mielenkiintoinen toteuttaa, koska se tarjosi läpileikkauksen koko rakentamisen prosessiin.

## LÄHTEET

1. RIL 250–2011. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.
2. Palomäki, Eero. Kosteus- ja homevauriot. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s497.pdf>. Hakupäivä 27.8.2015
3. Haapaniemi, Minna 2012. Kiinteistöjen vuotovahingot 2000-luvulla. Opinnäytetyö. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan koulutusohjelma.
4. Kastepiste. 2016. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kastepiste> Hakupäivä 20.3.2016.
5. Pulakka, Sakari – Heimonen, Ismo – Junnonen, Juha-Matti – Wuolle, Mika 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. VTT Tiedotteita 2409. Espoo: VTT. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>. Hakupäivä 10.12.2015
6. Kosonen, Risto – Laitinen, Ari – Laine, Tuomas – Martiskainen, Veikko 1999. Huonekohtaisten talotekniikkajärjestelmien elinkaarikustannukset. VTT Tiedotteita 1947. Espoo: VTT.
7. Nissinen, Kari. 2003. Toimitilojen tehokkuuden ja toimivuuden mittaaminen työpistetarkastelunperusteella. Tutkimus Tekesin Rembrandt-ohjelmassa 2003. Helsinki: Tekes.
8. Reijula, Kari – Ahone, Guy – Alenius, Harri – Holopainen, Rauno – Lappalainen, Sanna – Palomäki, Eero – Reiman, Marjut. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Helsinki: Eduskunnan tarkastusvaliokunta. Saatavissa: [https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj\\_1+2012.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf). Hakupäivä 27.8.2015.

9. Rakennetun omaisuuden tila 2015. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL. Saatavissa: [www.roti.fi](http://www.roti.fi). Hakupäivä 01.04.2016.
10. MRL 5.2.1999/132, ajantasainen säädös, 28.04.2016. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>. Hakupäivä 30.04.2016.
11. C2 (1998).1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf> . Hakupäivä 27.8.2015
12. D1 (2007). 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf). Hakupäivä 27.8.2015.
13. D2 (2012).2011. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. Saatavissa: [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf). Hakupäivä 27.8.2015.
14. TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10355> (vaatii käyttäjälisenssin). Hakupäivä 17.8.2015.
15. Eronen, Eeva 2016. ”Yksikin tapaus vuodessa liikaa”- Uudet kylpyhuoneet rakennetaan kestävästi kannivahingot. Taloussanomien. Saatavissa: <http://m.taloussanomien.fi/asuminen/2016/02/17/yksikin-tapaus-vuodessa-liikaa-uudet-kylpyhuoneet-rakennetaan-kestavaan-kannivahingot/20161883/310>. Hakupäivä 05.05.2016

16. Pietiläinen, Jorma – Kauppinen, Timo – Kovanen, Keijo – Nykänen, Veijo – Nyman, Mikko – Paiho, Satu – Peltonen, Janne – Pihala, Hannu – Kalema, Timo – Keränen, Hannu 2007. ToVa-käsikirja; Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiatehokkuuden ja sisäilmaston kannalta. VTT Tiedotteita 2413. Espoo: VTT. Saatavissa:  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>. Hakupäivä 27.8.2015.
17. V-Model. 2016. Wikipedia. Saatavissa: <https://en.wikipedia.org/wiki/V-Model>.  
Hakupäivä 05.05.2016
18. Seppälä, Pekka 2016. Kuivaketju10- toimintamallin esittely. Oulu: Oulun Kaupunki Rakennusvalvonta. Saatavissa: [http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2015/11/Kuivaketju10\\_hanke\\_Pekka-Sepp%C3%A4l%C3%A4.pdf?8c675a](http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2015/11/Kuivaketju10_hanke_Pekka-Sepp%C3%A4l%C3%A4.pdf?8c675a). Hakupäivä 10.04.2016
19. Vuotovahinkoselvitys 2012–2013. 2014. Helsinki: Finanssialan keskusliitto. Saatavissa:  
[http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/vuotovahinkoselvitys\\_2013.pdf](http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/vuotovahinkoselvitys_2013.pdf). Hakupäivä 27.08.2015
20. Vuotovahinkoselvitys 2002–2003. 2004. Helsinki: Suomen Vakuutusyhtiöiden Keskusliitto (SVK). Saatavissa:  
[http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Vuotovahinkoselvitys\\_2002-2003.pdf](http://www.finanssiala.fi/vahingontorjunta/dokumentit/Vuotovahinkoselvitys_2002-2003.pdf). Hakupäivä 27.08.2015
21. Ruokojoki, Jorma 2006. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. ISBN 952-213-109-1. Helsinki: Suomen Kuntaliitto. Saatavissa:  
<http://shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/p060608140541D.pdf>. Hakupäivä 10.12.2015