



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juha-Pekka Salo

KOSTEUSVAURIOHERKÄT  
RAKENTEET  
1960–1980-LUKUJEN  
PÄIVÄKOTIRAKENNUKSISSA

Tekniikka  
2019

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juha-Pekka Salo
Opinnäytetyön nimi	Kosteusvaurioherkät rakenteet 1960–1980-lukujen päiväkotirakennuksissa
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	75
Ohjaaja	Minna Uimonen

---

Opinnäytetyön päätavoitteena oli määrittää 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotien tyypillisiä kosteudelle vaurioherkkiä rakenteita. Kosteudelle vaurioherkät rakenteet ovat rakenteita, jotka voivat rakenteensa vuoksi kosteusvaurioitua muita rakenteita herkemmin. Lisäksi tavoitteena oli tehdä selvitys toimeksiantajan laatimien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusraporttien perusteella päiväkotien kosteusvaurioista ja niiden merkittävydestä sekä selvittää syitä, jotka johtavat rakenteen kosteusvaurioitumiseen. Työssä oli tarkoitus tarkastella rakentamista koskevia yleisiä ohjeita, jotka vaikuttivat 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotien kosteuden hallintaan. Työ rajattiin koskemaan tyypillisiä päiväkodeissa käytettyjä rakenteita märkätiloja lukuun ottamatta. Työn toimeksiantaja oli Vahanen Rakennusfysiikka Oy.

Opinnäytetyössä käydään läpi päiväkotien rakentamiseen 1960–1980-luvuilla vaikuttanutta lainsäädäntöä ja yleisiä ohjeita sekä hyvää rakentamistapaa. Työssä selvitetään miten kosteus pääsee rakenteisiin ja millä tavoin kosteus siirtyy rakenteissa sekä tarkastellaan kosteusvaurioiden yleisiä seurauksia. Työssä esitetään päiväkotien yleisimmät kosteudelle vaurioherkät perustus-, alapohja-, yläpohja-, seinä- ja vesikattorakenteet 1960–1980-luvuilla. Työssä on tutkittu päiväkotien kosteusvaurioita myös toimeksiantajan tekemien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten ja tutkimusselostusten avulla. Lisäksi työssä on käytetty kahta esimerkkikohdetta, joissa suoritettiin kosteus- ja sisäilmatekniset kuntotutkimukset.

Opinnäytetyössä havaittiin, että rakentamisen ohjeistus on ollut kosteuden osalta melko vähäistä, tulkinnanvaraista ja ristiriitaista. Osa 1960–1980-lukujen hyvän rakennustavan mukaisista rakenneratkaisuista on nykyisen tietämyksen mukaan kosteustekniseltä toiminnaltaan virheellisiä. 1960–1980-luvuilla rakennetuissa rakennuksissa on runsaasti ilmastuotoja, jotka voivat heikentää sisäilman laatua. Kosteusvaurioitumiselle herkkiä rakenteita on perustuksissa, maanvastaisissa alapohjissa, maanvastaisissa seinissä, väliseinissä, ulkoseinissä, yläpohjissa ja vesikatoissa. Lisäksi tuulettuvan alapohjan ryömintätilassa on usein sisäilman laatua heikentäviä tekijöitä.

## ABSTRACT

Author	Juha-Pekka Salo
Title	Moisture-sensitive Structures in Kindergartens Built in the 1960`s–1980`s
Year	2019
Language	Finnish
Pages	75
Name of Supervisor	Minna Uimonen

---

The primary purpose of this thesis was to identify the typical moisture-sensitive structures in the municipal kindergartens built between the 1960`s and 1980`s. In addition, the aim was to make a review of moisture damages in municipal kindergartens, based on the client`s humidity and indoor air condition studies. Moreover, the aim was to focus on the significance of moisture damages in kindergartens and reasons for them. Additionally, the purpose of this thesis was to study the general instructions that had impact on the moisture management of the kindergartens built in the 1960–1980`s. This study was limited to include the most typical structures used in kindergartens, excluding the bathrooms and other wet areas. The client of this thesis is Vahanen Rakennusfysiikka Oy.

The thesis reviews the legislation, general guidelines and good building technique of the kindergartens in 1960–1980`s. The thesis clarifies how moisture gets into structures, how it proceeds in them and the most frequent causes caused by the moisture damages. The thesis shows the most common moisture sensitive structures in foundations, ground floor slab, walls and roof in the kindergartens in the 1960–1980`s. The thesis also covers moisture damages in the kindergartens by means of the client`s moisture and indoor air condition studies and reports. Also, two example cases were utilized where moisture and indoor air condition studies have been made.

It was discovered that the instructions for moisture have been quite modest, ambiguous and contradictory. According to the current knowledge, part of the construction solutions built according to good building technique in the 1960–1980`s is incorrect as to moisture aspects. Buildings built in the 1960–1980`s have plenty of air leaks, which can impair indoor air quality. Moisture-sensitive structures are found in foundations, ground floor slab, basement walls, partition walls, exterior walls and roofs. In addition, there may often be factors in crawl space that impair indoor air quality.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	PÄIVÄKOTIEN RAKENTAMINEN JA OHJEISTUS 1960–1980- LUVUILLA.....	10
	2.1 Rakentamisen tarve.....	10
	2.2 Päiväkotien rakennusmäärä .....	11
	2.3 Rakentamista säädellyt rakennuslaki- ja asetus .....	13
	2.4 Rakentamisen hyvä rakennustapa .....	14
	2.4.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma .....	15
	2.4.2 Ohjaavat ohjeet.....	16
3	KOSTEUDEN ESIINTYMINEN JA SIIRTYMINEN SEKÄ VAIKUTUKSET RAKENTEISSA .....	18
	3.1 Kosteusvaurioherkkä rakenne.....	18
	3.2 Kosteuden lähteet.....	19
	3.2.1 Rakennuksen ulkopuoli.....	19
	3.2.2 Rakennuksen sisäpuoli.....	20
	3.3 Kosteuden siirtyminen .....	21
	3.4 Kosteus rakenteessa .....	24
	3.5 Ilmavuodot ja ilmanvaihto .....	26
	3.6 Rakenteen vaurioitumisen merkitys.....	27
4	1960–1980-LUKUJEN TYYPILLISIÄ RAKENTEITA JA KOSTEUSRISKEJÄ.....	30
	4.1 Perustukset .....	30
	4.2 Betonirakenteinen maanvarainen laatta .....	34
	4.3 Maanvastaiset seinät .....	36
	4.4 Tuulettuva alapohja.....	38
	4.5 Ulko- sekä väliseinät.....	40
	4.5.1 Kivirakenteiset ulkoseinät.....	40

4.5.2	Kevytrakenteiset ulkoseinät .....	42
4.5.3	Väliseinät.....	44
4.6	Yläpohjarakenteet .....	46
4.7	Vesikatot .....	48
4.7.1	Loivat katot .....	48
4.7.2	Jyrkät katot.....	49
5	PÄIVÄKOTIEN KOSTEUSVAURIOT .....	51
5.1	Kosteusvaurioiden syyt ja kosteusvaurioitunut rakenne.....	51
5.2	Vahanan-yhtiöt ja Vahanan Rakennusfysiikka Oy:n päiväkotien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusraporttien tarkastelu .....	54
5.3	Tulokset ja johtopäätökset .....	56
6	KUNTOTUTKIMUKSET ESIMERKKIKOhteissa.....	61
6.1	Tutkimukset ja käytetyt menetelmät.....	61
6.2	Esimerkkikohde 1 .....	61
6.3	Esimerkkikohteen 1 rakenteet.....	62
6.4	Esimerkkikohteen 1 havainnot.....	63
6.5	Esimerkkikohde 2 .....	65
6.6	Esimerkkikohteen 2 rakenteet.....	65
6.7	Esimerkkikohteen 2 havainnot.....	67
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	68
	LÄHTEET.....	71

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuvio 1.</b> Päiväkotirakennusten lukumääriä eri vuosikymmeniltä vuonna 2016. . . . .	11
<b>Kuvio 2.</b> Päiväkotien kerrosneliöt alueittain vuonna 2016. ....	12
<b>Kuvio 3.</b> Rakenteen kosteuspitoisuuden muodostuminen. ....	18
<b>Kuvio 4.</b> Rakennuksen kosteuslähteet. ....	20
<b>Kuvio 5.</b> Aineen paksuuden vaikutus kapillaarisuuteen. ....	22
<b>Kuvio 6.</b> Kosteuden diffuusio. ....	22
<b>Kuvio 7.</b> Lämpötilan vaikutus paine-eroon. ....	23
<b>Kuvio 8.</b> Konvektion vaikutus. ....	24
<b>Kuvio 9.</b> Mikrobiryhmien kasvun vähimmäiskosteudet rakenteissa. ....	25
<b>Kuvio 10.</b> Raon ja paine-eron vaikutukset ilmavirran määrään. ....	27
<b>Kuvio 11.</b> Perustamistapoja vuodelta 1957. ....	32
<b>Kuvio 12.</b> Valesokkelirakenne, jossa on tiilirakenteinen ulkoseinä. ....	32
<b>Kuvio 13.</b> Perustusten vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja. ....	33
<b>Kuvio 14.</b> RT-kortin mukaisia maanvaraisia betonilaattoja vuodelta 1957. ....	34
<b>Kuvio 15.</b> Maanvaraisen betonilaatan vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja. ....	36
<b>Kuvio 16.</b> RT-kortin mukainen kellarinseinärakenne ja yksi lämmöneristysvaihtoehto. ....	37
<b>Kuvio 17.</b> Kellarinseinän yläosan vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja. ....	38
<b>Kuvio 18.</b> Tuulettuvan alapohjan vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja. ....	39
<b>Kuvio 19.</b> Tiili-villa-tiiliulkoseinä. ....	40
<b>Kuvio 20.</b> Tiili-villa-betoniulkoseinä. ....	40
<b>Kuvio 21.</b> Ulkoseinän vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja. ....	42
<b>Kuvio 22.</b> Tiiliverhoiltu ulkoseinä, jossa on valesokkelirakenne. ....	43
<b>Kuvio 23.</b> Väliseinän vauriomekanismit ja epäpuhtauksien kulkeutuminen. ....	44
<b>Kuvio 24.</b> Väliseinä, joka lähtee kaksoislaatan päältä. ....	45
<b>Kuvio 25.</b> TT-laattaisia yläpohjarakenteita vuosilta 1974 ja 2011. ....	46
<b>Kuvio 26.</b> Kattorakenteiden ohjeistus vuodelta 1977. ....	47
<b>Kuvio 27.</b> Tuulettuminen eri yläpohjarakenteissa. ....	48

<b>Kuvio 28.</b> Kyselyyn vastanneet kunnat vuonna 2000. ....	51
<b>Kuvio 29.</b> Kyselyyn vastanneet kunnat vuonna 2005. ....	52
<b>Kuvio 30.</b> Kosteus- ja homevaurioon johtaneita syitä vuonna 2000 ja 2005. ....	53
<b>Kuvio 31.</b> Kosteus- ja homevaurion kosteuslähteet vuonna 2000 ja 2005. ....	53
<b>Kuvio 32.</b> Kosteus- ja homevaurioituneet rakennusosat vuonna 2000 ja 2005. ....	54
<b>Kuvio 33.</b> Kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen. ....	55
<b>Taulukko 1.</b> Maalajien likimääräiset kapillaariset nousukorkeudet. ....	21
<b>Taulukko 2.</b> Konvektion ja diffuusion vertailu eri materiaaleissa. ....	24
<b>Taulukko 3.</b> Kosteusvaurion alkamisen kriittisiä kosteuspitoisuuksia lattioiden pintamateriaaleilla. ....	26
<b>Taulukko 4.</b> Kosteus- ja homeongelmien arvioidut vuosittaiset lisäkustannukset Suomen rakennuskannassa. ....	29
<b>Taulukko 5.</b> Koulujen ja päiväkotien arvioitu rakennuskanta home- ja kosteusvaurioineen sekä korjauskustannuksineen. ....	29

# 1 JOHDANTO

Kosteusvaurioita esiintyy erilaisissa ja kaiken ikäisissä rakennuksissa, eivätkä päiväkodit ole tehneet tähän poikkeusta. Opinnäytetyön aiheen taustalla on kiinnostus saada tietoa 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotien rakentamisesta, kosteusvaurioista sekä kartoittaa kosteudelle vaurioherkkiä rakenteita. Tarkastelun kohteeksi valittiin tyypilliset päiväkodeissa käytetyt rakenteet märkätilojen rakenteita lukuun ottamatta.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Vahanen Rakennusfysiikka Oy, joka on osa Vahanen-yhtiöt-konsernia. Konserni muodostuu 10:stä yrityksestä. Konsernin palvelualueisiin kuuluu kuntotutkimukset ja rakennusfysiikka, rakennesuunnittelu ja korjaussuunnittelu, talotekniikka, akustiikka, arkkitehtuuri, huoltokirjapalvelut, taloyhtiöpalvelut, kiinteistöjohtaminen, kiinteistön turvallisuus sekä ympäristöpalvelut. Konsernissa työskentelee yli 400 asiantuntijaa 10:llä paikkakunnalla. /1/

Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotien tyypillisiä kosteudelle vaurioherkkiä rakenteita ja tehdä selvitys toimeksiantajan vuosina 2006–2019 laatimien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusraporttien perusteella päiväkotien kosteusvaurioista ja niiden merkittävyydestä. Lisäksi tavoitteena on selvittää syitä, jotka johtavat rakenteen kosteusvaurioitumiseen. Työssä on tarkoitus tarkastella myös rakentamista koskevia yleisiä ohjeita, jotka vaikuttivat 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotien kosteuden hallintaan. Työssä käytetään lähdeaineistona alan kirjallisuutta, verkkojulkaisuja, RT-kortistoa sekä yleisiä että toimeksiantajan selvityksiä päiväkotien kosteusongelmista.

Opinnäytetyössä käydään läpi päiväkotien rakentamiseen 1960–1980-luvuilla vaikuttanutta lainsäädäntöä ja yleisiä ohjeita. Työssä selvitetään myös hyvän rakentamistavan käsite. Työssä käydään läpi miten kosteus pääsee rakenteisiin ja millä tavoin kosteus siirtyy rakenteissa. Työssä tarkastellaan myös kosteusvaurioiden yleisiä seurauksia. Työssä esitetään päiväkotien yleisimmät kosteudelle vaurioherkät perustus-, alapohja-, yläpohja-, seinä- ja vesikattorakenteet 1960–1980-luvuilla. Kosteudelle vaurioherkät rakenteet ovat rakenteita, jotka voivat raken-

teensa vuoksi kosteusvaurioitua muita rakenteita herkemmin. Vaurioherkkiä rakenteita tutkiaan myös toimeksiantajan tekemien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusten ja tutkimusselostusten avulla. Lisäksi työssä tarkastellaan kahta esimerkkikohdetta, joissa kirjoittaja oli mukana tekemässä kosteus- ja sisäilmateknisiä kuntotutkimuksia.

## 2 PÄIVÄKOTIEN RAKENTAMINEN JA OHJEISTUS 1960–1980-LUVUILLA

### 2.1 Rakentamisen tarve

Suomessa oli päiväkoteja 1960-luvulle tultaessa vain 10 % tarvittavasta määrästä /2, s. 155/. Sosiaali- ja terveysministeriön asettaman Lasten päivähoitolaitostoimikunnan mietinnöstä vuonna 1967 selviää, että vielä vuonna 1967 päiväkodeissa oli vain 13% lapsista. Vähäinen lapsimäärä päiväkodeissa johtui suurelta osin päiväkotipaikkojen puutteesta. /3, s. 39–40/

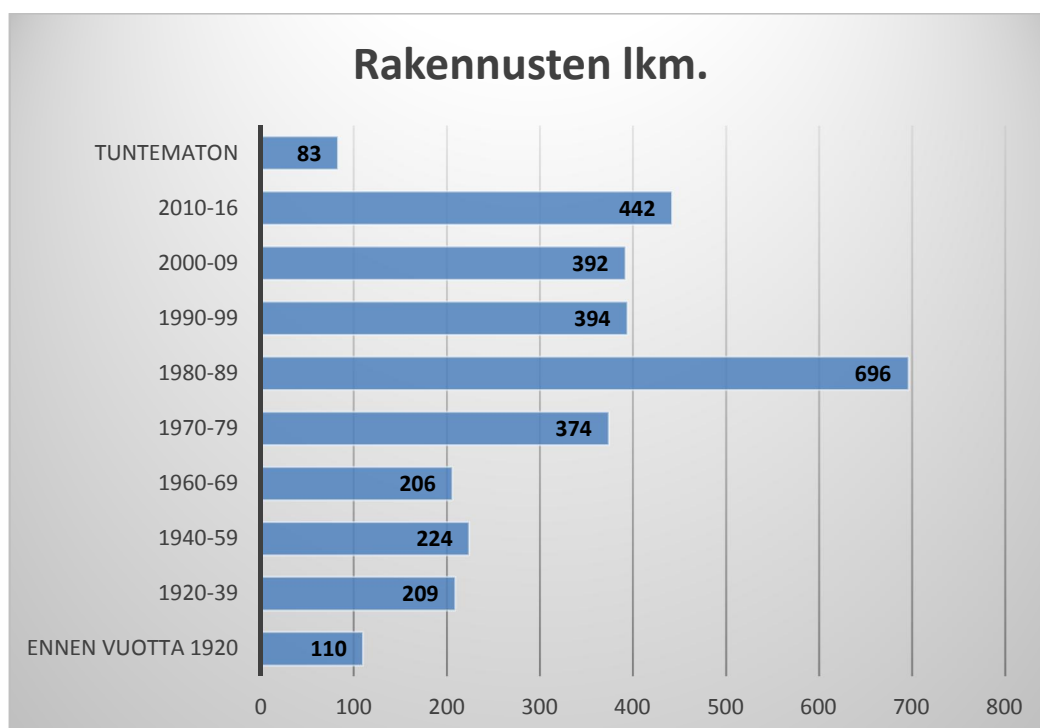
Suomessa yhteiskunta muuttui 1960-luvulla kaupunkimaisemmaksi ja teollistuminen kiihtyi lisäten myös naisten työssäkäyntiä /2, s. 151/. Esimerkiksi Helsingin seudulle muutti vuosina 1962–1966 joka vuosi 20 000 uutta asukasta. Tästä eteenpäin Helsingin seudun väestö kasvoi vuosittain 8000–12 000 henkilöllä 1990-luvun alkupuolelle asti. /4, s. 6/ Muuttoliikkeen myötä päiväkotipaikkojen tarve kasvoi kaupungeissa entisestään. Muun muassa Helsinki aikoi kaksinkertaistaa päivähoitopaikkojensa määrän 1960-luvulla. Sosiaali- ja terveysministeriö tiedusteli vuonna 1965 kunnilta päiväkotien rakentamisen tarpeesta tulevaisuudessa. Vastauksista selvisi, että 43 isointa kaupunkia aikoi rakentaa yhteensä 145 uutta kunnallista päiväkotia. /3, s. 41–42/.

Lasten päivähoitolaitostoimikunnan mietinnöstä vuonna 1967 tulee ilmi, että toimikunta ehdottaa päiväkotipaikkojen määrän kaksinkertaistamista kaupungeissa viiden vuoden sisällä /3, s. 68/. Vuonna 1973 tuli voimaan laki lasten päivähoidosta, jossa veloitettiin kuntia huolehtimaan päivähoitopaikat niitä tarvitseville. Se lisäsi voimakkaasti uusien päiväkotien rakentamista tulevina vuosina. /2, s. 196–198/ Uusien päiväkotien rakentamisen tarve jatkui voimakkaana vielä 1980-luvun ajan. Esimerkiksi Turun kaupungissa rakennettiin uusia päiväkoteja eniten 1980-luvulla. /5/

## 2.2 Päiväkotien rakennusmäärä

Pekka Lith on julkaissut vuonna 2018 tutkimuksen Varhaiskasvatuksen markkinat; Raportti lasten päivähoidon asiakkaista, palveluntuottajista, markkinoista ja kiinteistöistä tilastojen valossa. Raportissa Lith on muun muassa koonnut yhteen eri vuosikymmeniltä olevien päiväkotien määrät, omistajatyypit ja kerrosneliöt käyttäen lähteenä Tilastokeskuksen Rakennuskantatilastoa vuodelta 2016. /6, s. 41–47/

Rakennettujen päiväkotirakennusten lukumääriä eri vuosikymmeniltä on esitetty kuviossa 1. Lukuja voidaan tarkastella vain suuntaa-antavasti, koska tilastoista ei käy ilmi esimerkiksi toiminnasta poistetut päiväkotirakennukset. /6, s. 41–47/ Kuviossa 1 esitettyjen lukujen perusteella voidaan kuitenkin havaita päiväkotirakennusten rakentamisen olleen kasvavaa 1960-luvun jälkeen, ja että rakentaminen on ollut voimakkainta 1980-luvulla.



**Kuvio 1.** Päiväkotirakennusten lukumääriä eri vuosikymmeniltä vuonna 2016 /6, s. 42/.

Kuvioon 2 on tilastoituna rakennettujen päiväkotirakennusten kerrosneliöt eri paikkakunnilla. Uudellamaalla huomataan sijaitsevan merkittävä määrä koko Suomen päiväkotikannasta. Tätä selittää suuri muuttoliike pelkästään Helsingin seudulle, jonka asukasluku oli 839 964 vuonna 1970 ja vuonna 1990 asukkaita oli 1 051 346 /7, s. 43/.

Tilastokeskuksen tietojen mukaan vuonna 1990 oli koko Uudenmaan alueella väkiluku 1 232 236, kun koko Suomessa väkiluku oli 4 998 478. Lisäksi Tilastokeskuksen verkkosivuilta selviää Uudenmaan olevan Suomen tiheimmin asutettu maakunta. Alkuvuonna 2018 Uudenmaan väestötiheys oli 182 asukasta / km<sup>2</sup>, kun koko maan keskiarvo oli 18 asukasta / km<sup>2</sup>. /8–9/



**Kuvio 2.** Päiväkotien kerrosneliöt alueittain vuonna 2016 /6, s. 43/.

### 2.3 Rakentamista säädellyt rakennuslaki- ja asetus

Rakentamista ja kaavoitusta velvoitti vuodesta 1959 alkaen rakennuslaki (370/2358), joka tuli voimaan 1.7.1959 /10, s. 29/. Rakentamista ohjasi lisäksi rakennusasetus (266/2359), joka annettiin 26.6.1959 sekä paikallinen rakennusjärjestys, joka puolestaan ohjasi esimerkiksi rakennusten sijoittelua /11/. Rakennuslakiin tehtiin sen voimassaoloaikana lukuisia muutoksia, ja se oli voimassa vuoteen 2000 asti. Tämän jälkeen se muuttui maankäyttö- ja rakennuslaiksi. /10, s. 34–35/

Rakenteiden kunnollisen kosteusteknisen toiminnan osalta vanhassa rakennuslaissa ja rakennusasetuksessa ei ollut määräyksiä tai ne olivat melko vähäisiä. Esimerkiksi rakennuslaissa ei ole mainintaa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta /12/. Rakennusasetuksesta löytyy vain joitakin pykälää kosteudenhallintaan liittyvistä asioista /11/. Seuraavassa luettelossa on poimintoja kyseisestä asetuksesta.

- ”Olosuhteiden niin vaatiessa voidaan rakennuslupa antaa sillä ehdolla, että ennen rakennuksen rakentamista tai sen ottamista tarkoitettuun käyttöön, ryhdytään tarpeelliseen maan kuivattamiseen.” /11, 59 §/
- ”riittäviin toimenpiteisiin ryhdytään niiden rakennusosien suojaamiseksi ja eristämiseksi, jotka ovat kosteudelle tai kylmyydelle alttiit;”/11, 63 §, kohta 3/
- ”rakennuksen kuivumista sopivilla toimenpiteillä tehokkaasti edistetään; sekä” /11, 63 §, kohta 4/
- ”kaikkea sellaista vältetään, mikä muutoin saattaa aiheuttaa vaaraa rakennuksen kestävyydelle taikka haittaa siinä oleville henkilöille.” /11, 63 §, kohta 5/
- ”Rakennus on eristettävä kosteudelta ja tarpeen vaatiessa vedenpaineelta.” /11, 78 § /
- ”Asuin- ja työhuoneen lattia ei saa olla huoneen ikkunaseinän kohdalla olevaa maanpintaa alempana. Maistraatti voi kuitenkin myöntää poikkeuksen työhuoneitten osalta, milloin se maastosuhteiden tai huoneistojen tarkoituksenmukaisen käytön takia havaitaan tarpeelliseksi eikä siitä ole terveydellistä haittaa.” /11, 80 §/

## 2.4 Rakentamisen hyvä rakennustapa

Hyvä rakennustapa mainitaan rakennuslain (320/2358) 5 luvun pykälässä 34. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (1999/172) 7 luvun pykälässä 50 hyvä rakennustapa on muutettu hyväksi rakentamistavaksi. Kuitenkin maankäyttö- ja rakennuslain 17 luvun pykälä 117 mainitsee hyvän rakennustavan. Hyvää rakentamistapaa tai hyvää rakennustapaa ei ole määritelty tarkasti laissa. /12–13/ Teoksessa Maankäyttö- ja rakennuslaki selityksineen Syrjänen toteaa, että hyvällä rakentamistavalla voidaan ajatella olevan yhteys kaavoituksen ja rakentamisen välillä /10, s. 311/. Hyvästä rakennustavasta löytyy maininta hallituksen antamassa esityksessä HE (101/2398) 17 luvun pykälästä 117. Siinä hyvällä rakennustavalla ”viitattaisiin sitovan norminannon ulkopuoliseen hyvää rakentamista täsmentävään tietopohjaan”. /14/

Palo ja Linnainmaa kertovat teoksessa Asuntokaupan virheet ja vastuut oikeuskäytännössä hyvän rakennustavan mukaisen rakentamisen koostuvan kyseisen ajan normistosta sekä hyväksytyistä rakentamista ohjaavista ohjeista. Ohjeet eivät kuitenkaan ole velvoittavia. Myös muunlainen rakentaminen kuin ohjeissa kerrotaan, voi kuulua hyvään rakennustapaan. /15, s. 32–33/ Rakentamisen tulee kuitenkin täyttää sille asetetut vaatimukset, joka todetaan hallituksen antamassa esityksessä HE (101/2398) 1 luvun pykälässä 13 /14/. Hallituksen antamassa esityksessä Eduskunnalle asuntokauppaa koskevaksi lainsäädännöksi (HE 14/2394) selvitetään 4 luvun pykälässä 14 rakentamisen vaatimuksia hyvää rakentamistapaa ajatellen. Harkittaessa täyttyykö hyvä rakentamistapa, on huomioitava muun muassa rakentamisessa käytetyt rakenneratkaisut, rakennusmateriaalit, rakentamismenetelmät sekä rakentamisolosuhteiden asettamat vaatimukset. /16/

Laine toteaa hyvästä rakennustavasta väitöskirjassaan Rakennusvirheistä ”että, hyvä rakennustapa tulisi käsittää hyväksi ja kunnolliseksi työntulokseksi”. Nämä muodostuvat ammattimaisesta ja laadukkaasta työn toteutuksesta, johon vaikuttavat käytetyt rakenneratkaisut ja materiaalit. /17, s. 93/ Rudanko kuvaa väitöskirjassaan Rakennuttajan myötävaikutushäiriöistä rakennusurakassa, hyvää rakennustapaa sopimuksellisesta näkökulmasta katsottuna. Urakoitsijan toteutusta arvi-

oitaessa esimerkiksi tilanteissa, joissa sopijapuolten sopimat sopimukset eivät täyty, käytetään yhtenä kriteerinä hyvää rakennustapaa. Hyvän rakennustavan määrittely ei ole kuitenkaan aina yksiselitteinen asia, johtuen rakennusalan kehityksestä ja tämän mukanaan tuomista muutoksista esimerkiksi rakenneratkaisuissa. Tästä syystä hyvän rakennustavan määrittelyssä painoarvoa annetaan voimassa oleville normeille ja hyväksytyille ohjeistukselle. /18, s. 118/

#### **2.4.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma**

Vuonna 1975 tuli voimaan Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) tarkentamaan rakentamista velvoittavin säädöksin sekä ohjaavin ohjein /19/. Ensimmäinen määräys kosteuden ja veden hallintaan oli Veden- ja kosteudeneristys, Määräykset C2, 1976 /20/. Vaikka Suomen rakentamismääräyskokoelman tarkoituksena oli selventää ja ohjata rakentamista, ei sen käyttö kuitenkaan ollut alussa ongelmatonta. Muun muassa RakMk C2 (1976) oli vuoteen 1998 asti määräyksiltään ja ohjeiltaan liian yksityiskohdaton ja tulkinnanvarainen. /15, s. 32/ Seuraavassa luettelossa on otteita määräyksistä.

### **1 Yleistä**

- ”Rakennuksen on tarkoituksenmukaisesti suojattava sisätiloja veden ja kosteuden haitallisilta vaikutuksilta ja tehtävä terveellisen sisäilmaston ylläpitäminen mahdolliseksi.” /20, 1.1/
- ”Rakenteiden, rakennustarvikkeiden ja -aineiden on oltava sellaisia, ettei kosteus eivätkä muut tekijät haitallisessa määrin heikennä rakennuksen toimintakelpoisuutta, kestävyyttä ja rakenteiden kosteusteknistä toimintaa.” /20, 1.2/

### **2 Kosteustekninen suunnittelu**

#### **2.1 Rakenteet yleensä**

- ”Suunniteltaessa on kiinnitettävä huomiota rakennuksen ja rakenteiden toimintaan vaikuttaviin eri kosteustekijöihin kuten kosteuden lähteet, siirtymismuodot ja kosteuden aiheuttamat haitalliset vaikutukset.” /20, 2.1.1/
- ”Rakenteisiin kerääntyvä kosteus ja sen poistaminen ei saa rakennusaikana tai valmiissa rakennuksessa aiheuttaa kohtuutonta haittaa rakenteille tai rakennuksessa olijoille.” /20, 2.1.2/

- ”Rakenteiden on oltava sellaisia, ettei niiden pinnalle tai sisälle mahdollisesti muodostuva jää haitallisessa määrin vahingoita niitä. Jään muodostuminen on tarvittaessa estettävä.” /20, 2.1.3/
- ”Ulkoisen vedenpaineen alaisten rakenteiden on kestävä riittävällä varmuudella vedenpaineen vaikutus. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erityinen vedenpaine-eristys tai ulkoisen vedenpaineen vaikutus on estettävä luotettavalla tavalla.” /20, 2.1.4/

#### 2.4.2 Ohjaavat ohjeet

Hyvään rakennustapaan kuuluu ohjaavia ohjeita kuten Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset RYL, joka ilmestyi ensi kertaa kirjan muodossa vuonna 1981 /21/. Myös Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n normit, standardit ja ohjeet alkaen vuodesta 1945 katsotaan kuuluvan hyvään rakennustapaan /22, s.119/. Lisäksi hyvään rakennustapaan liitetään Rakennustietosäätiön RT-kortit, jotka julkaistiin ensimmäisen kerran vuonna 1942 /23/. Päiväkotien rakentamista varten Sosiaalhallitus julkaisi vuonna 1980 päiväkotisuunnittelua ohjaavan normiston RT-korttina /24/. Ennen tämän RT-kortin tuloa päiväkotien suunnittelua ohjasi sosiaalhallituksen vuonna 1974 antama yleiskirje /5, s. 11/.

Ongelmatonta ei hyvän rakennustavan mukainen rakentaminen kuitenkaan ollut. Palo ja Linnainmaa toteavat, että ”Vanhemmat rakentamismääräyskokoelman ohjeet olivat käytännössä niin suppeita, että toteutustavat olivat löydettävissä vain RIL:stä, RYL:stä ja RT-kortiston ohjeista.” Ohjeet eivät myöskään olleet yksiselitteisiä toistensa kanssa, vaan niistä löytyi ristiriitaisuuksia. /15, s. 33, 35/

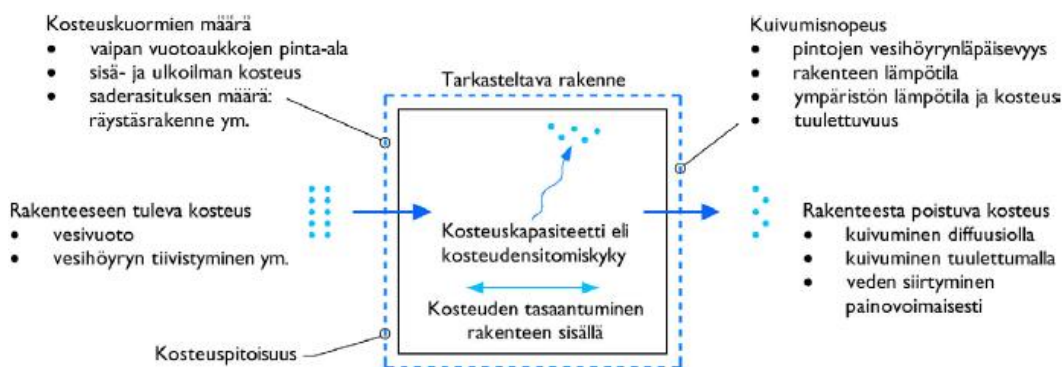
Pirinen kertoo lisensiaattitutkimuksessaan Hyvän rakentamistavan mukainen pientalojen kosteuden hallinta, että hyvän rakennustavan mukaisissa ohjeissa ilmeni nykytietämyksen mukaan virheellisiä rakenneratkaisuja, vaikka ne olivat osa hyvää rakennustapaa. Pirinen kertoo lisäksi muista rakentamista ohjaavista ohjeista. Näitä ohjeita tuotti esimerkiksi Rakennusinsinööri- ja arkkitehtiliitto RIA. Nämä ohjeet ovat verrattavissa RIL:n ohjeisiin. /25/ RIA tunnettiin vuosina 1951–1964 nimellä Yleisen insinööriyhdistyksen Rakennusinsinöörit. Yhdistyksen nimeksi tuli Rakennusinsinöörit ja arkkitehdit ry eli RIA vuonna 1965. /26/ Neuvoa rakentamiseen saattoi saada myös virastoilta ja yhdistyksiltä kuten asuntohallitukselta,

Suomen Kaupunkiliitolta, Suomen Geoteknilliseltä Yhdistykseltä, Kunnallistekniseltä Yhdistykseltä, Teräsrakenneyhdistykseltä ja Suomen Betoniyhdistykseltä. Lisäksi Pirisen mukaan VTT:n materiaalit, Rakentajain kalenteri sekä alan oppikirjat tulee sisällyttää hyvän rakennustavan mukaiseen ohjeistukseen. Opastusta ja ohjeistusta antoivat myös suurimmat materiaalivalmistajat. /25, s. 26–28, 120/ Yksi tällainen materiaalivalmistaja, joka ohjeisti rakenneratkaisuissa, oli Oy Par-tek Ab /27/.

### 3 KOSTEUDEN ESIINTYMINEN JA SIIRTYMINEN SEKÄ VAIKUTUKSET RAKENTEISSA

#### 3.1 Kosteusvaurioherkkä rakenne

Kosteusvaurioherkällä rakenteella tarkoitetaan kosteudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna rakennetta, joka ei syystä tai toisesta kykene luovuttamaan pois siihen kerääntyvää kosteutta ennen vaurioitumisen syntymistä. Kosteus voi siirtyä rakenteeseen höyryyn, veteen, lumen sekä jään muodossa ja se liikkuu rakenteessa pyrkien tasaantumaan rakennetta ympäröivien olosuhteiden mukaan. /28, s. 147–152/ Kuviossa 3 esitetään kuinka kosteuden siirtyminen ja tasaantuminen rakenteessa tapahtuu.



**Kuvio 3.** Rakenteen kosteuspitoisuuden muodostuminen /28, s. 149/.

Rakenteen kosteusvaurion syntymisen nopeuteen voivat vaikuttaa muun muassa suunnitteluratkaisut, rakentamisen aikaiset virheet, kosteus sekä ihmisten huolimaton toiminta käytön aikaisessa toiminnassa tai rakennuksen kunnossapidossa. Nämä kaikki saattavat muuttaa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta. Kosteustekninen toiminta saattaa muuttua myös tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa tai rakennukselle tehdyn korjaustoimenpiteen jälkeen. /28, s. 147–152/

Eri materiaalien sietokyky kosteutta vastaan vaihtelee huomattavasti. Tähän vaikuttavat muun muassa materiaalin ikä ja tyyppi. Esimerkiksi elastiset tiivistysmateriaalit kovettuvat aikaa myöden, ja betoni sietää kosteutta vaurioitumatta huomattavasti paremmin kuin puupohjaiset tuotteet. /28, s. 147–154/

## 3.2 Kosteuden lähteet

### 3.2.1 Rakennuksen ulkopuoli

Rakennuksen maanvastaisia rakenteita voi rasittaa vajo-, orsi- tai pohjavesi. Ulkopuolelta rakenteita koettelee suurimmaksi osaksi vuotta vesisade ja tästä muodostuvat pinta- ja vajovedet. Pintavedet kastelevat talon ulkopuolisia rakenteita ja vajovedet puolestaan saattavat rasittaa maanalaisia rakenteita kuten maanvastaisia seiniä, perusmuureja, anturoita sekä mahdollisesti alapohjarakenteita. /29, s. 11–14/

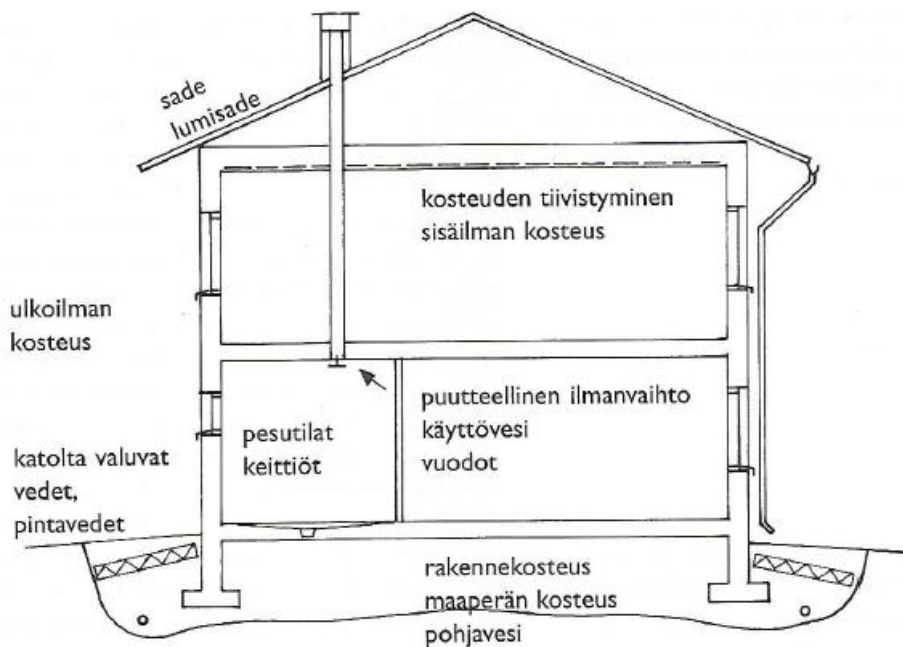
Lisärasitusta rakennuksen ulko- että sisäpuolelle tuo lumi, joka voi tuiskutessaan päästä muun muassa yläpohjaan. Sulaessaan lumi saattaa rasittaa maanalaisia rakenteita samoin kuin vesisade. Sulamisvedet voivat jäätyessään tuoda ongelmia rakennuksen vedenpoistojärjestelmälle ja vesikatolle. Vedenpoistojärjestelmän tukkeutuminen saattaa aiheuttaa esimerkiksi vesikatteen rikkoutumista ja hallitsematonta veden valumista muun muassa julkisivurakenteisiin. /29, s. 11–14/

Ilmankosteus rakennuksen ulkopuolella on merkittävä kosteuden lähde. Ilmankosteuden määrällä on erityinen merkitys maanvastaisen ja tuulettuvan alapohjarakenteen kunnollisessa toiminnassa. /29, s. 11–14/ Ilmankosteutta tarkastellaan suhteellisen kosteuden eli RH:n avulla. Ilman suhteellisessa kosteudessa on kysymys ilmassa vallitsevan vesihöyryn määrän suhteesta siihen vesihöyryn määrään, jonka ilma pystyy kyseisessä lämpötilassa enintään sisältämään. Jos ilmassa on vesihöyryä enemmän kuin siihen mahtuu, alkaa vesihöyry tiivistymään. Tällöin suhteellinen kosteus on 100 %. Tiivistymisestä käytetään usein myös nimitystä kondensoituminen. /30, s. 43–46, 64–67/

### 3.2.2 Rakennuksen sisäpuoli

Rakennuksen sisäpuolista tai rakenteissa olevaa kosteutta tarkastellaan yleensä suhteellisen kosteuden avulla. Sisäpuolinen kosteus on seurausta rakennuksen ulkopuolisesta kosteudesta sekä muun muassa ihmisistä ja heidän toiminnastaan syntyvästä kosteudesta. Kosteutta syntyy esimerkiksi tiloista, joissa käytetään vettä. Sisäpuolinen kosteus saattaa osaltaan nostaa rakenteiden kosteuspitoisuuksia. Sisäisiä kosteuden lähteitä ovat rakennuksessa olevat viemärien, käyttö- tai lämmitysvesiputkistojen vuodot sekä eristämättömiin ilmanvaihtoputkistoihin mahdollisesti kondensoitunut vesi sekä laitteet ja kodinkoneet, joissa käytetään vettä. Näistä aiheutuu huomattavan usein vaurioita rakenteisiin. /29, s. 14–18/

Yksi kosteuden lähde uusissa rakennuksissa on rakennekosteus, jos rakentamisen aikaista kosteutta on jäänyt rakenteisiin. Rakennusaikaisen kosteuden määrä on riippuvainen muun muassa työnaikaisesta rakenteiden ja rakentamisessa käytettyjen materiaalien suojauksesta. Lisäksi materiaalien kuten kevytbetonin ja betonin valmistamiseen tarvitaan paljon vettä. /30, s. 51/ Kuviossa 4 havainnollistetaan erilaisia rakennusta rasittavia kosteuslähteitä.



**Kuvio 4.** Rakennuksen kosteuslähteet /29, s. 11/.

### 3.3 Kosteuden siirtyminen

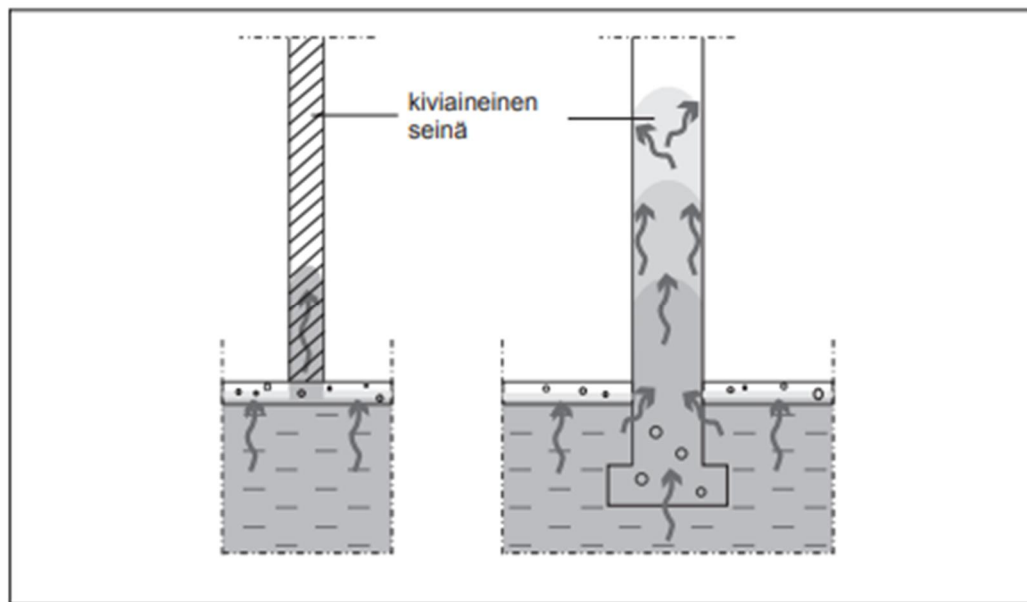
Painovoimaisen veden siirtyminen rakennuksen ulkopuolelta rakennukseen tapahtuu valuvan tai tuulen painaman veden vaikutuksesta. Vesi valuu alaspäin katolta julkisivurakenteita pitkin aina maaperään asti. Lisäksi vesi saattaa päästä tunkeutumaan rakenteisiin muun muassa erilaisten rakojen tai liitosten kautta. Maaperässä vesi voi valua perustusrakenteisiin saakka. /28, s. 112–113/

Kapillaarinen kosteuden siirtyminen tarkoittaa veden siirtymistä aineessa olevien huokosverkostojen avulla. Huokoisen aineen kastuessa se siirtää itsessään vettä eteenpäin tiettyyn pisteeseen asti, joka on riippuvainen aineen ominaisuuksista. Kapillaarisuudessa on kaksi vaihetta, joista voidaan erottaa aineen alempi kastuminen ja ylempi kostuminen. Alemman tilan kastumisessa aine on täysin kyllästynyt vedestä. Ylemmässä tilassa kosteuden siirtyminen on vähenemään päin. Pystysuuntaisen kapillaarisen veden siirtymisen lisäksi vesi voi siirtyä myös muihin suuntiin. /31/

Taulukosta 1 huomataan maalajien rakeisuuden ja tiiviyyden vaikutus kapillaariseen nousukorkeuteen. Mitä hienompi raekoko ja tiiviimpi kerros, niin sitä suurempi on kapillaarinen nousukorkeus. Kapillaarisen veden kulkeutumisen katkaisemiseen käytettävällä maalajilla tulee olla melko suuri raekoko. Raekoon tulee olla vähintään 1 mm /31/. Kuviosta 5 käy ilmi, että veden kapillaarisen siirtymisen voimakkuuteen vaikuttaa huokoskoon lisäksi aineen paksuus /32, s. 5/.

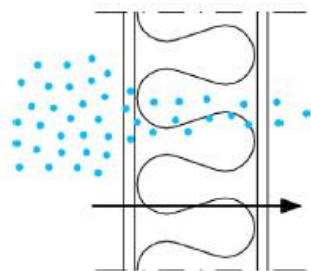
**Taulukko 1.** Maalajien likimääräiset kapillaariset nousukorkeudet /30, s. 54/.

Maalaji	Raekoko [mm]	Kapillaarisuuden nousukorkeus [m]	
		löyhä kerrostuma	tiivis kerrostuma
savi	0,002	8	10
hiesu	0,002...0,02	4...10	6...12
hieno hieta	0,02...0,06	1,5...5	2,5...8
karkea hieta	0,06...0,2	0,3...2	0,4...3,5
hieno hiekka	0,2...0,6	0,10...0,35	0,12...0,5
karkea hiekka	0,6...2	0,03...0,12	0,04...0,15



**Kuvio 5.** Aineen paksuuden vaikutus kapillaarisuuteen /32, s. 5/.

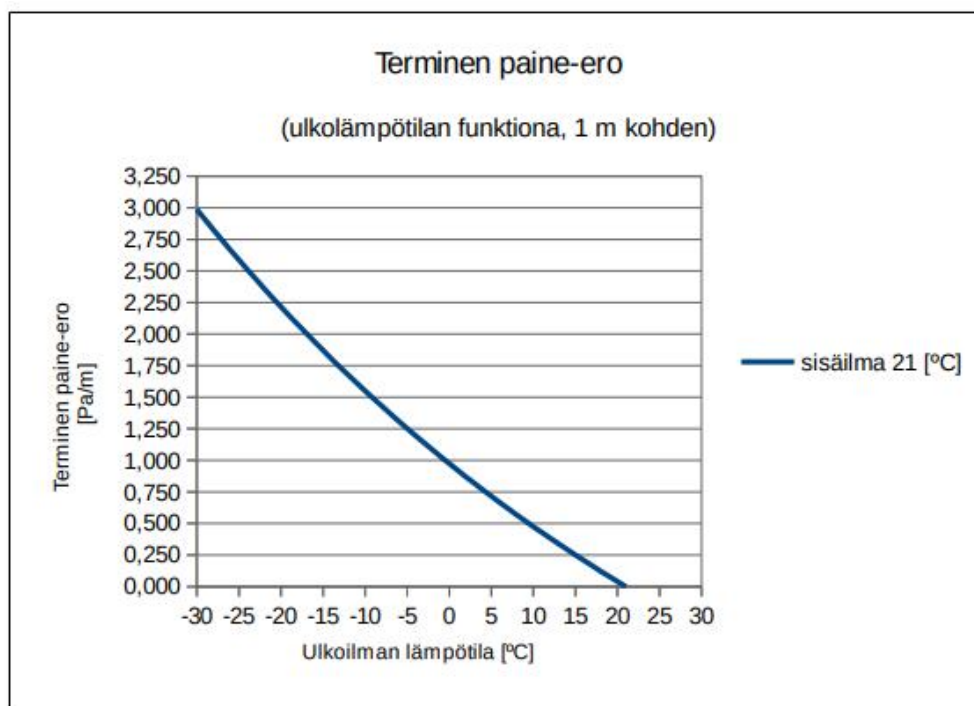
Diffuusiosta kosteus siirtyy rakenteessa vesihöyryn muodossa. Diffuusiosta vesihöyryn eri pitoisuudet pyrkivät tasaantumaan korkeammasta pitoisuudesta matalampaan. Diffuusion suuntaan ja voimakkuuteen vaikuttavat erilaiset lämpötilat samoin kuin ilmankosteus rakennuksen sisä- ja ulkopuolella sekä rakenteessa olevien materiaalien vesihöyryvastukset. Kuviossa 6 on kuvattu diffuusion suunta korkeammasta kosteuspitoisuudesta matalampaan. /28, s. 113–115/



**Kuvio 6.** Kosteuden diffuusio /28, s. 113/.

Konvektiossa kosteus siirtyy ilmavirran mukana rakenteen sisällä tai rakenteen läpi siinä olevien huokosten tai reikien ja rakojen kautta. Rakenteiden läpi virtaavaan ilmavirran voimakkuuteen ja suuntaan sekä sen mukana siirtyvään kosteuden määrään vaikuttavat raon tai reiän koko, materiaalin tiiviys ja ilmanläpäisevyys. Lisäksi siihen vaikuttavat kokonaispaine-erot rakennuksen sisä- ja ulkopuolella.

Paine-erojen voimakkuuteen vaikuttavat rakennuksen korkeus sekä sisällä ja ulkopuolella olevien lämpötilojen ero, eli niin kutsuttu savupiippuvaikutus. Paine-eroihin liittyy oleellisesti rakennuksen vaipan ja kerrosten välinen tiiviys, ilmanvaihto sekä tuuli. /28, s. 115–122/ Kuviosta 7 ilmenee, kuinka lämpötilan muutos osaltaan vaikuttaa paine-eron kasvamiseen.



**Kuvio 7.** Lämpötilan vaikutus paine-eroon /34, s. 12/.

Rakenteen sisällä ilmavirta liikkuu seinän sisässä ilmaa läpäisevän eristeen sisällä tai se voi liikkua lämmöneristeissä olevien epätiiviskohtien kautta. Ilmavirran liikettä pitävät yllä paine-erot, jotka yleensä johtuvat savupiippuvaikutuksesta ja tuulesta. Rakenteessa liikkuva ilmavirta saattaa myös kostuttaa rakennetta ja heikentää rakenteen lämmöneristyskykyä. /33, s. 47–48/

Konvektiolla voi olla riippuen sen suunnasta, joko rakenteita kuivaava tai kasteleva vaikutus kuten kuvioista 8 käy ilmi. Konvektiolla siirtyvä kosteus muuttuu haitalliseksi rakenteessa, kun lämmitetyn rakennuksen sisäpuolinen kosteus joutuu kosketuksiin rakenteessa olevan sisäilmaa kylmemmän materiaalin kanssa. Tämän johdosta kosteus voi alkaa tiivistymään rakenteessa. /28, s. 115–117/



**Kuvio 8.** Konvektion vaikutus /28, s. 116/.

Konvektion ja diffuusion avulla siirtyvää kosteutta materiaalin läpi on vertailtu taulukossa 2. Taulukon arvoja vertailemalla huomataan, että konvektion avulla siirtyvä kosteus ilmaa läpäisevässä materiaalissa voi olla moninkertainen verrattuna diffuusiolla siirtyvään kosteuteen. Materiaalin ollessa tiivis voi konvektion osuus olla kosteuden siirtymisen kannalta pienempää kuin diffuusiolla tapahtuva kosteuden siirtyminen.

**Taulukko 2.** Konvektion ja diffuusion vertailu eri materiaaleissa /28, s. 116/.

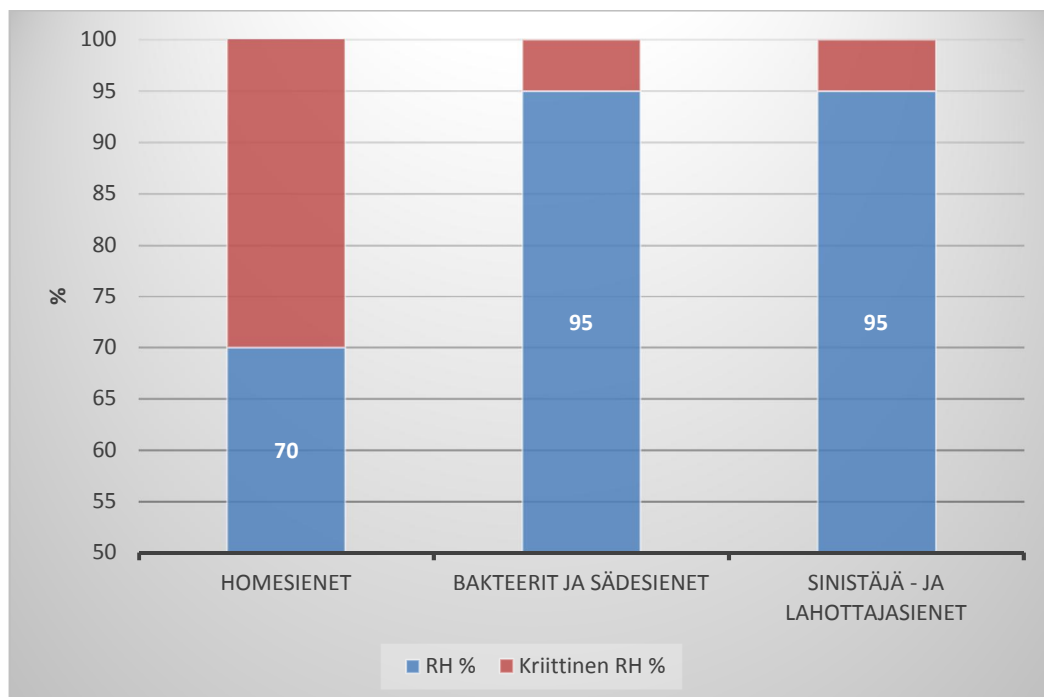
Materiaali	Paksuus [mm]	Kosteusvirta, konvektio [ $\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ]	Kosteusvirta, diffuusio [ $\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ ]
Mineraalivilla, kevyt	100	51,5	1,2
Rakennuslevy	12	0,5	0,4
Tiili	100	$6,7 \times 10^{-2}$	0,1
Betoni	100	$5,7 \times 10^{-5}$	0,01

### 3.4 Kosteus rakenteessa

Ellei rakenteeseen pääsyt liiallinen kosteus pääse kuivamaan, on rakenteen vaurioituminen todennäköistä. Rakenteen vaurioitumisesta voi seurata mikrobivaurioita tai materiaalin kemiallisesta hajoamisprosessista syntyviä materiaaliemissioita, jotka heikentävät sisäilman laatua. /35/ Lisäksi seurauksena saattaa olla pintama-

tereaalien vaurioita, perustusvauriota, tiilien ja betonin rapautumista, teräsosien mahdollista korroosiota sekä jopa rakenteellisesti vakavia puurakenteiden laho- vaurioita. Lisäksi liiallinen kosteus rakenteessa alentaa lämmöneristeiden läm- möneristyskykyä. /30, s. 8/

Kriittisiä suhteellisen kosteuspitoisuuden alarajoja homeille, bakteereille, sädesie- nille, sinistäjille ja lahovaurioille on esitetty kuviossa 9. Homeiden kasvulle otolli- set olosuhteet kosteuden kannalta saavutetaan, kun suhteellinen kosteus ylittää raja-arvon 70 %. Kosteuden lisäksi mikrobit tarvitsevat kasvaakseen lämpöä ja ravinteita. Bakteerien, sädesienien ja puuhun ilmestyvien lahottajasienien kasvulle tarvitaan korkeampi suhteellinen kosteus kuin homeille. Näille pidetään suhteelli- sen kosteuden alarajana 95 %. /28, s. 130–136/ Suhteellisen kosteuden ollessa 95 % on rakenne erittäin kosteassa olosuhteessa, koska suhteellisen kosteuden saa- vuttaessa 100 % alkaa vesihöyry tiivistyä vedeksi.



**Kuvio 9.** Mikrobiryhmien kasvun vähimmäiskosteudet rakenteissa /28, s. 131/.

Korkea kosteuspitoisuus rakenteessa tai rakennuksessa saattaa aiheuttaa materiaa- lien kemiallisesta hajoamisesta syntyviä haihtumisilmiöitä, joita kutsutaan emis- sioiksi. Emissiot saattavat osaltaan huonontaa sisäilman laatua. /36, s. 16, viitattu

Wolkoff 1998, Salthammer 1999/ Näitä materiaaliemissioita voivat aiheuttaa muun muassa vanhoissa rakennuksissa käytetyt maalit, lastulevyt, lisälämmöneristeet, erilaiset muovimatot ja liimat /36, s. 17, viitattu Wolkoff 1995/. Emissioita voivat tuottaa myös vanhat kaseiinipitoiset lattiatasoitteet /36, s. 17, viitattu Karlsson ym. 1989, Gustafsson 1990, Bornehag 1991/. Taulukossa 3 esitetään maanvaraisen betonilaatan kriittisiä kosteuspitoisuuksia lattian pintamateriaalin kannalta. Kriittisen kosteuspitoisuuden ylittyessä saattaa lattian pintamateriaalin kosteusvaurioituminen lähteä etenemään. /31, s. 33–35/

**Taulukko 3.** Kosteusvaurion alkamisen kriittisiä kosteuspitoisuuksia lattioiden pintamateriaaleilla /31, s. 35, viitattu Harderup, L-E. 1993/.

Materiaali	Kriittinen kosteuspitoisuus RH %
Puu ja Puupohjaiset materiaalit	80
Muovimatot, joiden alapinnalla homeenkasvu mahdollista	80
Liimatut lattiapäällysteet:	
-pitkäaikainen (yli 6 kk) kosteusrasitus	90
-lyhytaikainen kosteusrasitus	95
Korkkilaatat	80
Tasoitteet, kosteussulut, keraamiset laatat	lähes 100

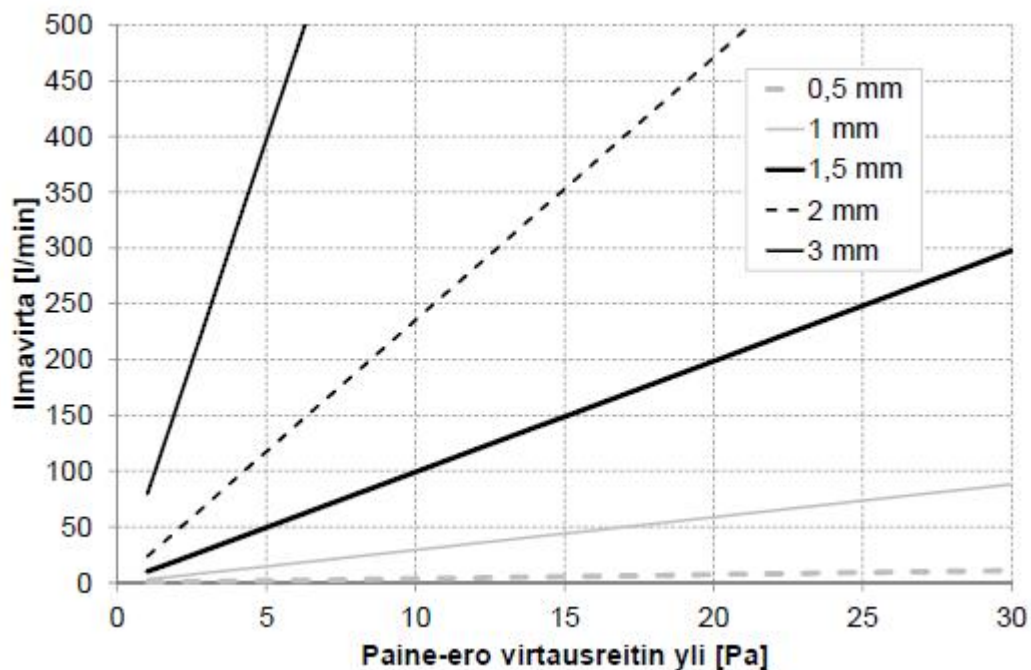
### 3.5 Ilmavuodot ja ilmanvaihto

Ilmavuodoilla on merkitystä muun muassa epäpuhtauksien siirtymiseen, johon lukeutuvat esimerkiksi mikrobit, radon sekä materiaaleista irtoavat erilaiset epäpuhtaudet. Ilmavuodot vaikuttavat myös energiatehokkuuteen, kosteuden ja lämmön siirtymiseen sekä ilmanvaihdon toimintaan. Ilmavuodot voivat haitata ilmanvaihdon hallittua toimintaa ja tähän liittyvää rakennuksen vähäistä alipaineistamista. /33, s. 46/ Ilman lievää rakennuksen alipaineisuutta syntyy helposti ylipaineisuutta, jolloin kosteus siirtyy konvektiolla rakenteeseen. Ylipaineisuus rakennuksessa voi ilmetä muun muassa höyrystyneinä ikkunoiden pintoina. /37, s. 22–25/

Ilmanvaihto voi synnyttää liian suurta alipaineisuutta, jolloin ilma saattaa virrata hallitsemattomasti rakenteiden läpi tuoden mukanaan mahdollisia epäpuhtauksia sisäilmaan. Ilmanvaihto voi olla myös liian tehotonta. Liian tehottomalla ilman-

vaihdolla on merkitystä sisäilmanlaatuun ja sisätilan kosteuspitoisuuteen. Korkeita sisäilman kosteuspitoisuuksia ei kuitenkaan yleensä esiinny päiväkotien sisätiloissa johtuen koneellisesta ilmanvaihdosta sekä jatkuvan kosteuden tuoton vähäisyydestä. /37, s. 22–25/

Rakenteen läpi virtaavan ilmavirran ja ilmavirran mukana kulkevan kosteuden suuruutta selventää kuvio 10, jossa on tutkittu erilevyisten rakojen sekä ilmanpaine-erojen vaikutusta ilmavirran määrään. Tutkittavana oli erilevyisiä suoria siileäpintaisia rakoja, joiden pituus oli 100 muun muassa /28, s. 115/ Kuviosta huomataan, että raon pienellä suurentumisella on suuri vaikutus siitä läpi kulkeutuvan ilmavirran määrään.



**Kuvio 10.** Raon ja paine-eron vaikutukset ilmavirran määrään /28, s. 115/.

### 3.6 Rakenteen vaurioitumisen merkitys

Rakennuksen kosteusvaurioituminen saattaa synnyttää rakennukseen epäpuhtauslähteitä esimerkiksi materiaaliemissioiden tai mikrobivaurioitumisen kautta. Jos nämä epäpuhtaudet pääsevät leviämään sisäilmaan esimerkiksi ilmavuotojen kautta, niin ne saattavat aiheuttaa ihmisille erilaisia terveyshaittoja kuten hengitystieoireita ja -infektioita, astmaa, päänsärkyä, väsymystä tai pahoinvointia. /38, viitat-

tu useisiin tutkimuksiin/ Suoranaista yhteyttä oireiden ja vaurioituneen rakennuksen välillä ei kuitenkaan vielä ole pystytty todentamaan /38, viitattu katsaukseen World Health Organization 2009/. Tästä huolimatta kosteus- ja homevaurioita pidetään yhtenä hengitystieoireiden ja -infektioiden, astman saamisen tai pahenemisen vaaratekijänä /38, viitattu katsaukseen World Health Organization 2009 ja Mendell ym. 2011/. Kuitenkin oletetaan, että oireiden ilmeneminen vaatii pitkän altistusajan pahasti vaurioituneessa rakennuksessa /38/. Myös kosteus- ja homevaurion vaikeustaso ilmeisesti vaikuttaa lasten altistumisherkkyyteen astmalle /39, viitattu Pekkanen ym. 2007/. Lisäksi lapsilla on suurempi todennäköisyys astman saamiseen kuin aikuisilla /39, Mendell ym. 2011/.

Ihmisten terveydellisten haittojen lisäksi kosteusvaurioituneilla rakennuksilla on suuri kansantaloudellinen merkitys ihmisten terveyteen ja työhyvinvointiin /39, s. 121–155/. Kosteus- ja homevauriot voivat aiheuttaa kustannuksia muun muassa ammattitautien ja työperäisten sairauksien osalta /39, s. 145, viitattu TVL:n tilasto 2006–2009/ sekä lisätä työkyvyttömyyseläkkeiden määrää /39, s. 146–147/. Näiden lisäksi ihmisten oireilu tai sairastuminen aiheuttaa muun muassa hoitokuluja ja sairauspoissaoloja /39, s. 139, viitattu Seppänen 2004, s. 147, viitattu Kela 2010, Seppänen 1998/. Myös kosteusvaurioituneessa rakennuksessa työskentely voi vaikuttaa alentavasti työtehoon ja sen tuottavuuteen /39, s. 148, viitattu Seppänen 1998/.

Rakennuksen kosteus- ja homevaurioiden korjaus lisäävät kansantaloudellisia kustannuksia /39, s. 122–123/. Korjaustoimenpiteet voivat aiheuttaa tarpeen väistötiloille korjauksien ajaksi /39, s. 121, viitattu Kolari 2011/. Lisäkustannuksia saattaa syntyä myös rakennuksen mahdollisesta käytöstä poistamisesta, ihmisten sairastumisten tai oireilujen vuoksi /39, s. 122–123/. Kosteusvaurioiden aiheuttamia mahdollisia lisäkustannuksia on arvioitu taulukossa 4. On huomattava, että kustannukset nousevat tulevaisuudessa, jos rakennusten kosteusvaurioitumiseen ei puututa ajoissa /39, s. 149/.

**Taulukko 4.** Kosteus- ja homeongelmien arvioidut vuosittaiset lisäkustannukset Suomen rakennuskannassa /39, s. 149/.

<b>Rakennuskustannukset 21,4 mrd. €</b> -uudisrakentaminen 11,6 mrd. € -korjausrakentaminen 9,6 mrd. €	<b>Työpanos- ja hoitokustannukset 36,6 mrd. €</b> -tk-eläkkeet 16,9 mrd. € -sairauspoissaolot 3,7 mrd. € -terveydenhoito 16 mrd. €
<b>Kosteus- ja homeongelmien poistaminen</b> -uudis ja korjausrakentaminen (oletus) 1400 milj. € (kertaluonteinen)	-tk-eläkkeet 80 milj. € (oletus) -sairauspoissaolot 250 milj. € (oletus) -terveydenhoito 80 milj. € (oletus) -tuottavuusmenetykset 40 milj. € (oletus)
<b>Yhteensä (oletus) 1400 milj. € (kertaluonteinen)</b>	<b>Yhteensä. 450 milj. €</b>

Taulukossa 5 on arvioitu merkittäviä kosteusvaurioita sisältävien koulu- ja päiväkotirakennuksien kerrosalan määrää ja näistä aiheutuvat korjauskustannukset Suomen rakennuskannasta. Taulukossa esitettyyn kosteus- ja homevaurioille altistuvien henkilöiden määrään luetaan tiloissa pääsääntöisesti oleskelevat ihmiset. Arvioitaessa rakennuksissa altistuvien määrää, voidaan tuloksia pitää viitteellisinä. Taulukon oletuksissa on käytetty tutkimustietoa siltä osin, kun sitä on ollut saatavilla. Rakennusten vaurioitumisen osalta on tehty yleistyksiä, vaikka rakennuskanta on todellisuudessa hyvin vaihtelevaa. /39, s. 141–142/

**Taulukko 5.** Koulujen ja päiväkotien arvioitu rakennuskanta home- ja kosteusvaurioineen sekä korjauskustannuksineen /39, s. 143/.

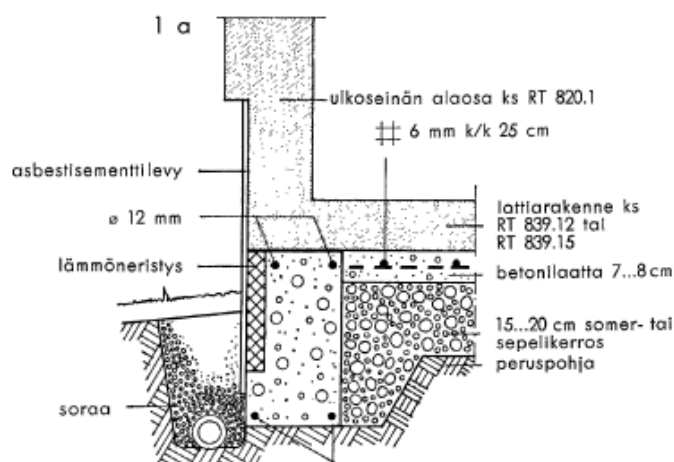
<b>Koulut ja päiväkodit</b>		<b>alin arvio</b>	<b>ylin arvio</b>
<b>Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita</b>	kerrosala [m <sup>2</sup> ]	2 120 000	3 180 000
	osuus [%]	12	18
<b>Altistuvia</b>	[kpl]	172 000	259 200
<b>Korjauskustannukset</b>	[milj. €]	212	318

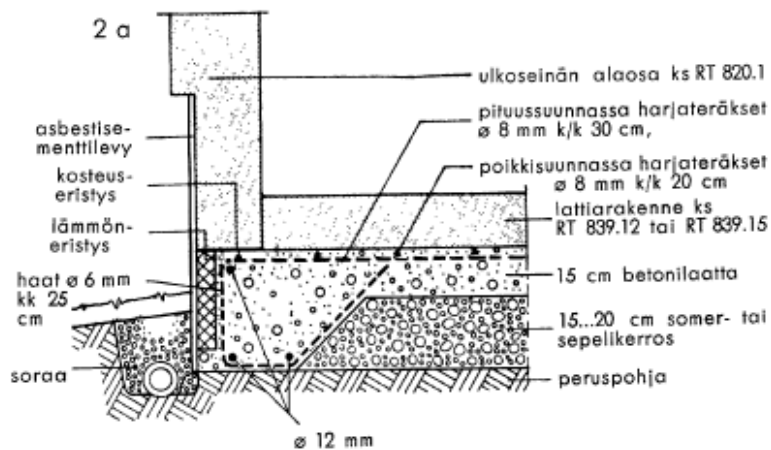
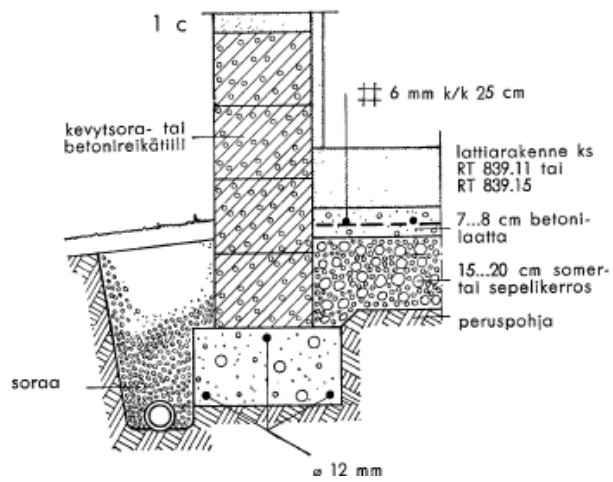
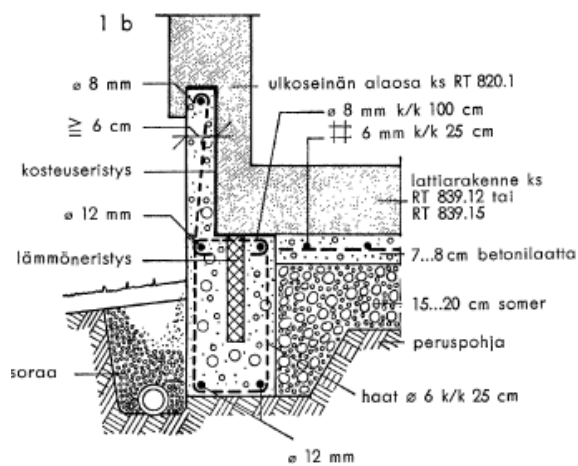
## 4 1960–1980-LUKUJEN TYYPILLISIÄ RAKENTEITA JA KOSTEUSRISKEJÄ

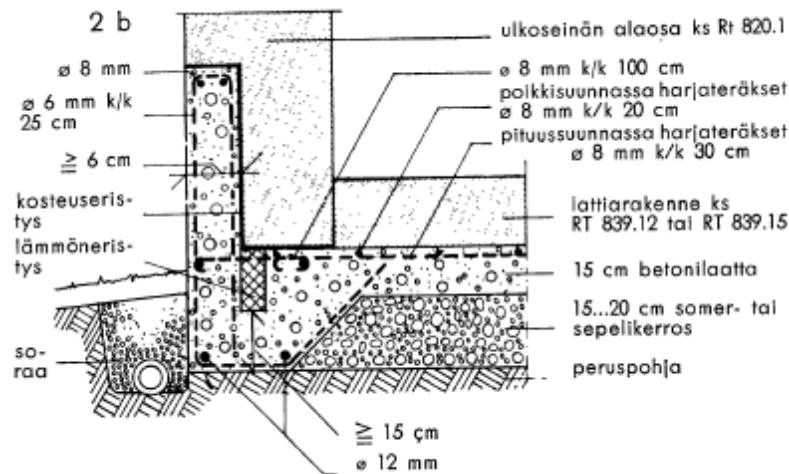
### 4.1 Perustukset

Maanvastaisia perustamistapoja on esitetty esimerkiksi RT-kortissa 817.11 vuodelta 1957 ja tämän korvaavassa RT-kortissa 817.13 vuodelta 1972. Perustamistavat pysyivät pääosin samanlaisina vuoteen 1993 asti. Kuviossa 11 on esitetty viisi perustamistapaa vuoden 1957 RT-kortista. Perustamisessa käytettiin erilaisia rakenteita, joita olivat matalaperustus eli valesokkeli, reunapalkin ja alapohjalaatan liittorakenne eli reunavahvistettu maanvarainen laatta sekä anturaperustus. Anturaperustuksen päälle voitiin tehdä perusmuuri käyttäen harkkoja tai teräsbetonista sokkelipalkkia, joka voitiin asentaa maanvaraan ilman anturaa. Tästä käytetään myös nimeä perusmuuriperustus. /40/

Sokkelipalkki saattoi olla myös ”halkaistu”, jolloin se koostui teräsbetonisesta sisä- ja ulkokuoresta sekä lämmöneristeestä /35, s. 154–155/. Sisä- ja ulkokuoren välisenä lämmöneristeinä saattoi olla 1960-luvulla sementtipuukuitulevyä, jonka valmistus lopetettiin vuonna 1967. Lämmöneristeinä käytettiin myös korkkia, mineraalivillaa ja polystyreeniä. Polystyreeni tunnetaan myös nimellä EPS. Polystyreenin ja mineraalivillan käyttö rakentamisessa yleistyi 1960-luvulla ja polyuretaanin 1970-luvulla. /41, s. 10–11/ Korkki, mineraalivilla ja sementtipuukuitulevy ovat herkkiä vaurioitumaan kosteuden vaikutuksesta /35, s. 154/.

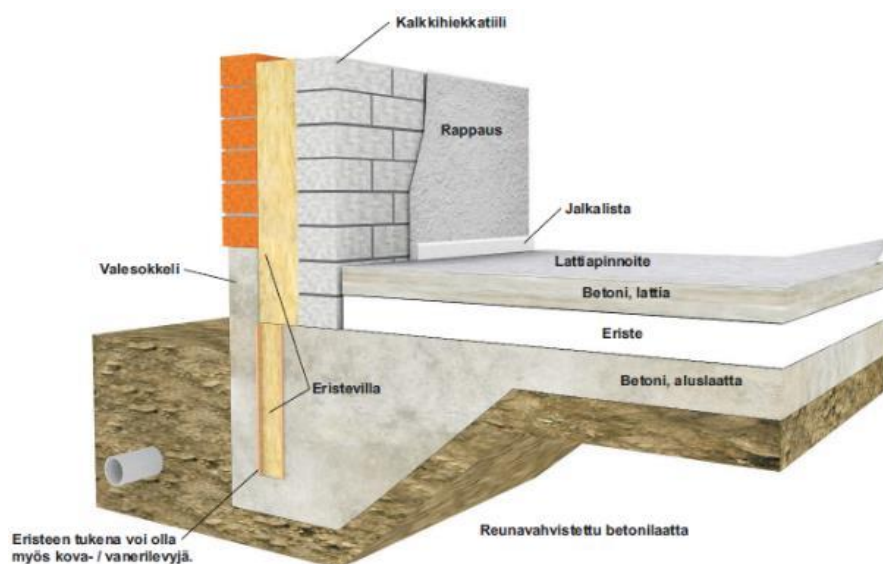






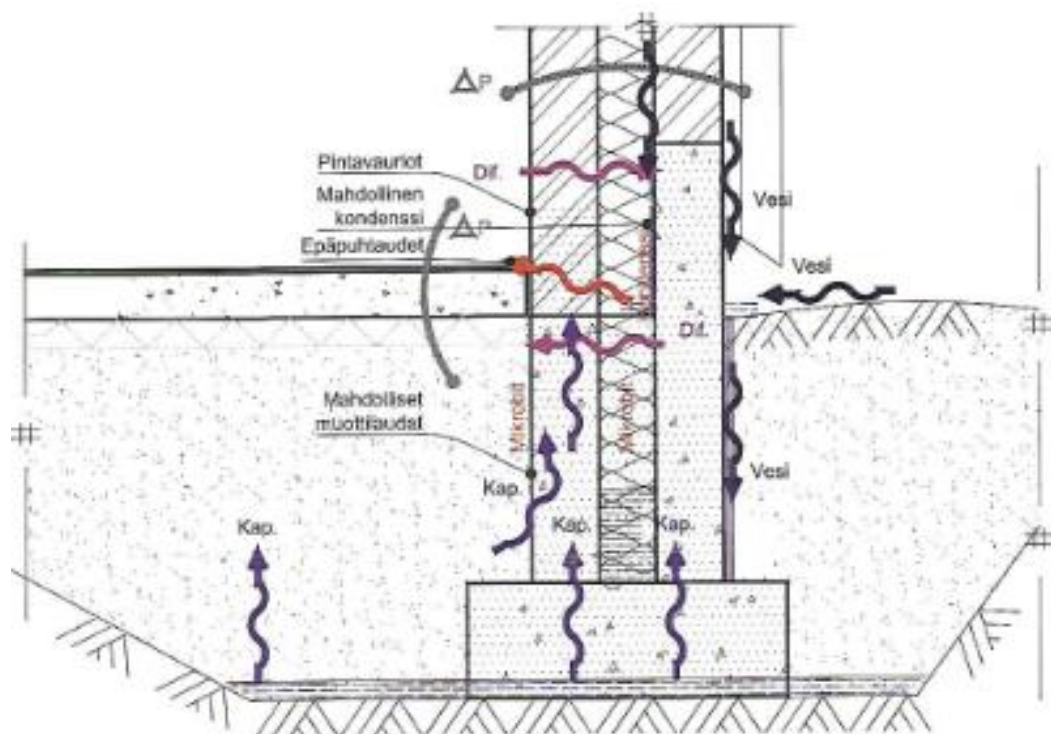
**Kuvio 11.** Perustamistapoja vuodelta 1957 /40/.

Matalaperustusta eli valesokkeliä käytettiin pientalojen sekä yksikerroksisten palvelurakennusten perustusrakenteena 1960–1990-luvuilla. Rakenteessa seinän alaosa saattaa jäädä lattia- ja maanpinnan alapuolelle. /42/ Kuviossa 12 on valesokkelirakenteellinen perustus ulko- ja sisäseinän tiilimuurauksella, joka on ollut käytössä muun muassa päiväkodeissa /43/. Runkorakenteena on käytetty myös puuta kuten kuviossa 22 on esitetty.



**Kuvio 12.** Valesokkelirakenne, jossa on tiilirakenteinen ulkoseinä /43/.

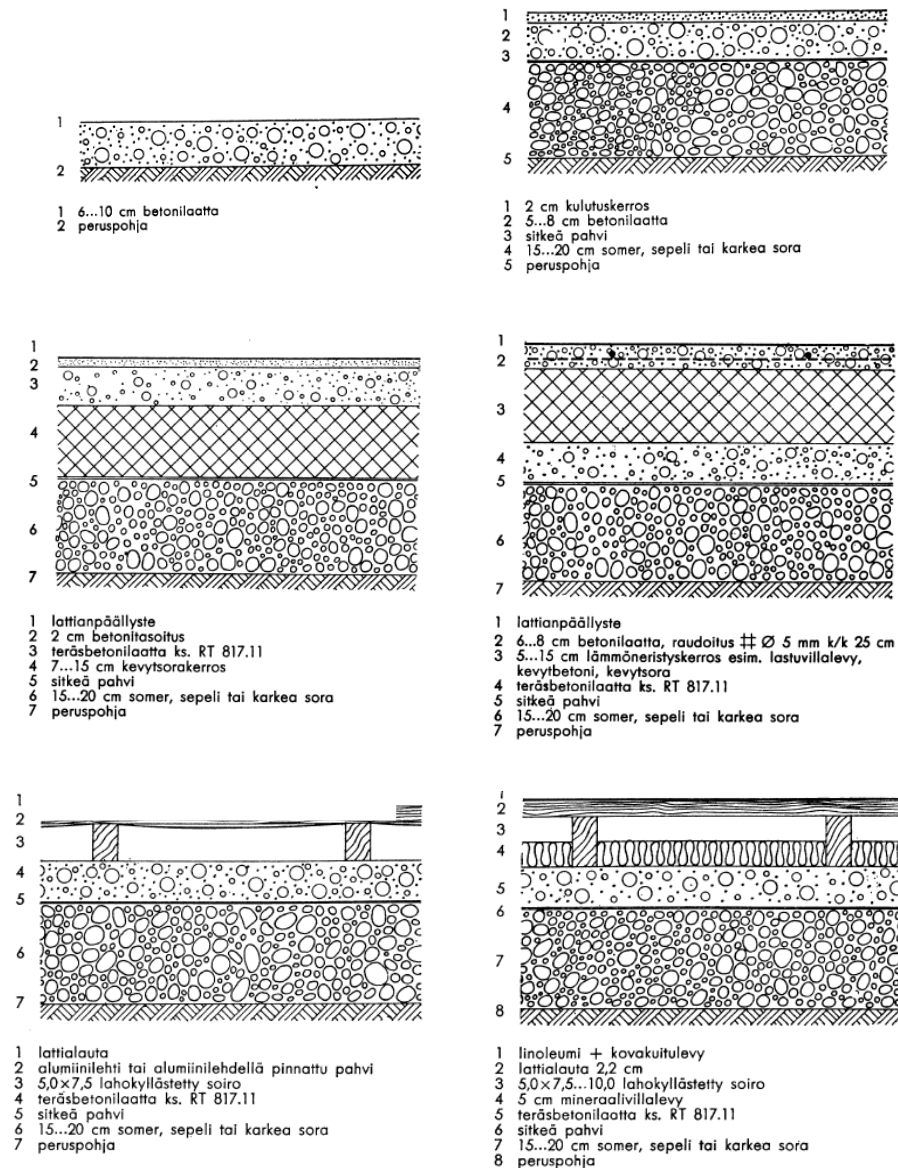
Rakenteen vaurioherkkyyttä lisäävät maanpinnan virheelliset kallistukset, seinärakenteen ulkopuolisen vesieristyksen toimimattomuus tai sen puuttuminen, liian hienojakoinen maa-aines anturan alla ja vääränlaiset täyttömateriaalit seinustalla sekä sadevesi- ja salaojajärjestelmän huono toiminta. Huono toiminta voi johtua muun muassa putkien rikkoutumisesta, tukoksista, asennusvirheistä sekä suunnitteluvirheistä. Lisäksi salaojajärjestelmän vääränlainen ympärystäyttö saattaa lisätä niiden toimimattomuutta. Sadevesi- ja salaojajärjestelmä voi myös puuttua kokonaan. /37, s. 29–31/ Kuviossa 13 havainnollistetaan perustusten vauriomekanismeja ja mahdollisten epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.



**Kuvio 13.** Perustusten vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja /35, s. 154/.

## 4.2 Betonirakenteinen maanvarainen laatta

Betonirakenteisia maanvaraisia laattoja on esitetty esimerkiksi RT-kortissa 839.12. Kortti on vuodelta 1957 ja se on ollut voimassa vuoteen 1991 asti. Kuvi-  
ossa 14 esitetään kyseisen kortin rakennetyyppejä. /44/



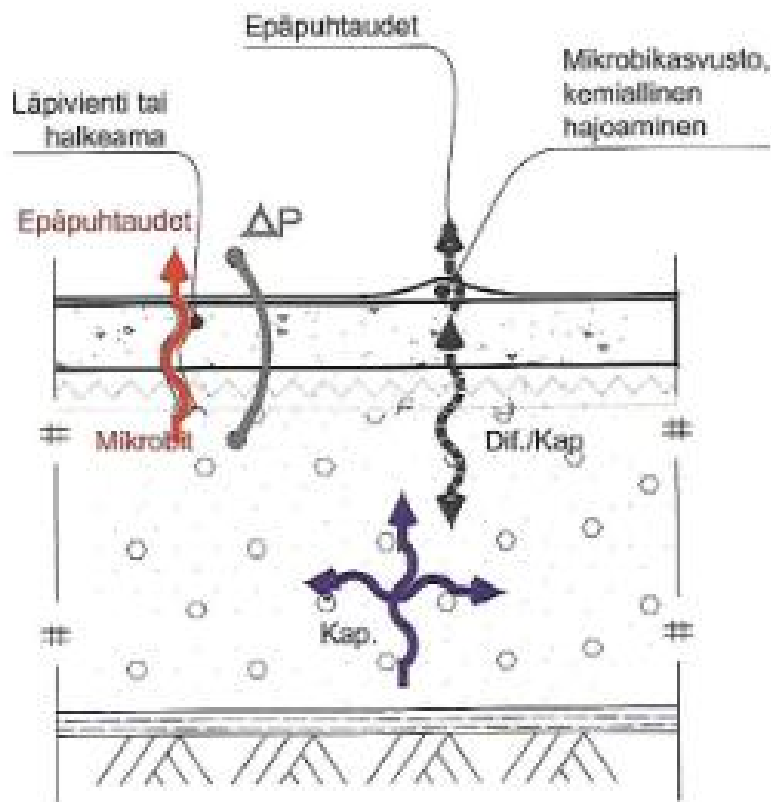
**Kuvio 14.** RT-kortin mukaisia maanvaraisia betonilaattoja vuodelta 1957 /44/.

Betonirakenteisen maanvaraisen laatan voi tehdä vaurioherkäksi rakenteeksi liian tiivis lattiamateriaalin pinta, siihen jäänyt rakentamisen aikainen rakennekosteus, salaoja- ja sadevesijärjestelmän toimimattomuus, höyrynsulun käyttö väärässä paikassa sekä laatan kosketus maaperään. Maaperässä on voitu käyttää liian hienojakoista täyttömateriaalia aina 1990-luvulle asti. Liian hienojakoinen maa-aines ei katkaise kapillaarista veden siirtymistä. Kapillaarisuuden lisäksi kosteus siirtyy rakenteessa diffuusiolla. Siirtyvä kosteus voi vaurioittaa rakenteessa mahdollisesti käytettyä puuta, lämmöneristettä ja valupahvia aiheuttaen mahdollista mikrobi-vaurioitumista rakenteessa. Myös pintamateriaalien vauriot ja emissiot lisääntyvät kosteuden vaikutuksesta. /35, s.114–116/

1960-luvulla voitiin käyttää lämmöneristeenä polystyreeniä, mineraalivillaa tai sementtipuukuitulevyä. Polyuretaania on voitu käyttää 1970-luvulta eteenpäin. /41, s. 10–11/ Lämmöneristeet saattavat puuttua kokonaan betonilaatan alta, varsinkin rakennuksen keskivaiheilla. Tällöin maaperästä tulevan kosteuden määrä kiihtyy entisestään kapillaarisuuden ja diffuusion muodossa. Jos lattiarakenne on pinnoitettu tiiviillä materiaalilla ei kosteus pääse siirtymään ja kuivumaan sisäilmaan päin. /35, s. 114–115/

Muovi, jota on käytetty esimerkiksi väärässä paikassa höyrynsulkuna, on yksi mahdollinen vaurioherkkyyttä lisäävä tekijä. Sijaitessaan betonilaatan alla tai betonilaatan ja lämmöneristeen välissä, voi rakennekosteus tai vesivahingosta syntynyt kosteus jäädä betonilaattaan, koska sen kuivuminen alaspäin on estynyt. /31, s. 12/

Kosteuden sekä maaperästä lähtöisin olevien epäpuhtauksien siirtymistä maanvaraisessa betonilaattarakenteessa selventää kuvio 15. Epäpuhtaudet saattavat päästä kulkeutumaan sisätiloihin muun muassa betonilaatassa olevien halkeamien sekä epätiivien liitosten kautta rakennuksen ollessa liian alipaineinen /35, s. 115/.

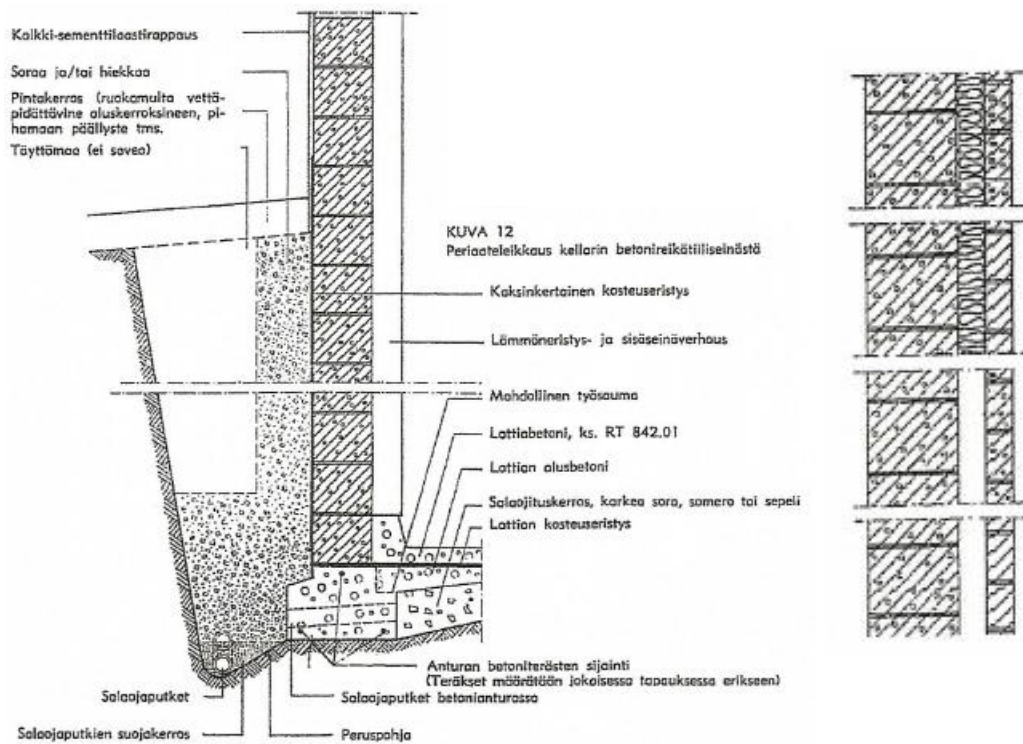


**Kuvio 15.** Maanvaraisen betonilaatan vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja /35, s. 115/.

### 4.3 Maanvastaiset seinät

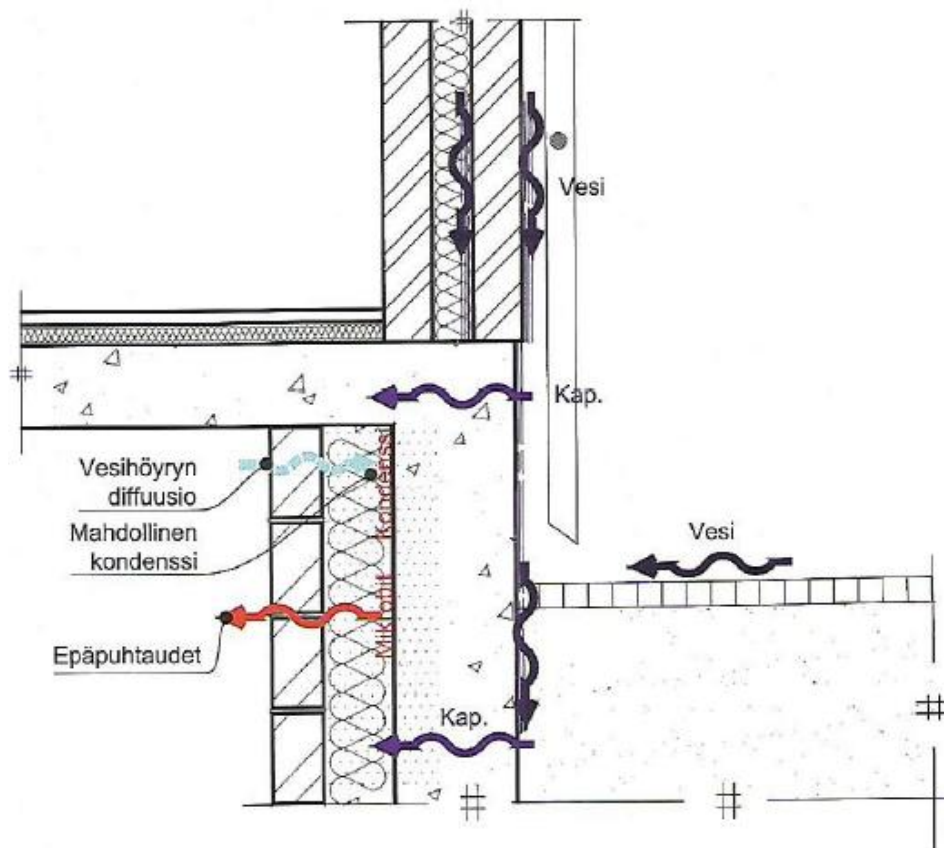
RT-kortista Kellarinseinä betonireikätiilestä 813.511 löytyy tarkasteluajankohdan aikainen lämmöneristetyin maanvastaisen seinän rakentamista ohjaava ohje. Kortti oli voimassa vuodesta 1961 vuoteen 1993 asti. Ohjeessa on annettu kolme erilaista sisäpuolista lämmöneristys- ja pintarakenteen vaihtoehtoa, joista yksi on mineraalivilla-tiili ratkaisu. /45/ Kuviossa 16 on esitetty RT-kortista löytyvä seinärakenteen poikkileikkaus ja mineraalivilla-tiili lämmöneristysratkaisu.

Maanvastaisissa seinissä on ollut käytössä 1970-luvulla rakennetyyppi, jossa on ilmennyt vaurioherkkyyttä. Seinärakenne koostuu ulko- ja sisäkuoresta ja niiden välisestä lämmöneristeestä. Ulkokuori voi olla betonia tai tiiltä, ja sisäkuori on tehty tiilestä. Lämmöneristeinä on käytetty mineraalivillaa. /35, s. 140–141/ Maanvastaisten seinien vaurioherkkyyttä ja vaurioitumista sekä kosteuden siirtymistä aiheuttavat samat asiat kuin perustuksissa /37, s. 29–31/.



**Kuvio 16.** RT-kortin mukainen kellarinseinärakenne ja yksi lämmöneristysvaihtoehto /45/.

Jos maanvastaiset seinät ovat kellarinseinä, saattaa niiden yläosassa, jossa ei ole rakennetta kylmyydeltä suojaavaa maata edessä, alkaa tapahtumaan vesihöyryn tiivistymistä. Diffuusiolla tai konvektiolla sisäpuolelta siirtyvä vesihöyry saattaa joutua kosketuksiin ulkoseinän sisäilmaa viileämmän pinnan kanssa sekä tiivistyä rakenteeseen mahdollistaen muun muassa mikrobikasvuston kasvamisen sisä- ja ulkokuoren väliin. /35, s. 140–142/ Kuviossa 17 on kuvattu maanvastaisen seinän maanpinnan yläpuolista kosteuden siirtymistä rakenteeseen ja epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin.



**Kuvio 17.** Kellarinseinän yläosan vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja /35, s. 141/.

#### 4.4 Tuulettuva alapohja

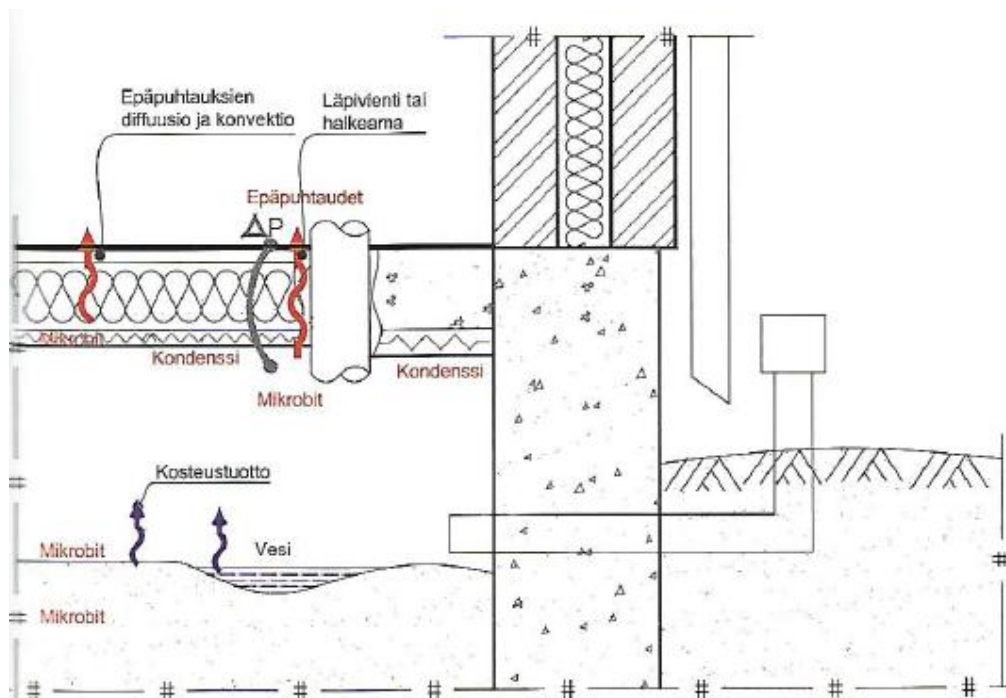
Tuulettuva eli ryömintätilainen alapohja on yleisesti käytössä oleva pientalojen alapohjarakenne /29, s. 48/. Sitä on käytetty alapohjarakenteena myös 40 %:ssa Suomen kouluista /35, s. 128/. Tästä huolimatta sen rakentamiseen tarvittavia ohjeita on menneillä vuosikymmenillä ollut heikollaisesti tarjolla. Ohjeita on saatu vasta 1970-luvulta lähtien, mutta ne ovat olleet sisällöltään hyvin vaihtelevia. /25, s. 69–74/ Ensimmäinen RT-kortti, jossa on käsitelty tuulettuvan alapohjan kosteutta ja tuuletusta on vuodelta 1981. Kortti oli voimassa vuoteen 1990 asti. /46/

Tuulettuvien alapohjien vauriomekanismit ja epäpuhtauksien kulkeutuminen ilmenevät kuviosta 18. Mahdollisia mikrobikasvustoja lisääviä riskitekijöitä ovat esimerkiksi alapohjaan jääneet rakennusaikaiset orgaaniset jätteet ja vanhat muottilaudat /37, s. 32/. Alapohjan vaurioherkkyyttä kosteuden osalta lisää ryömintätalassa vallitseva lämpötila, tuuletuksen huono toiminta ja suuri ilman suhteellinen

kosteus. Kosteus voi olla vapaan veden muodossa, siirtyä maaperästä tai tulla ilman mukana. /35, s.126–127/

Alapohjassa vallitseva lämpötila vaikuttaa ilman suhteelliseen kosteuspitoisuuteen tätä laskevasti tai nostavasti. Kosteuspitoisuus ryömintätilassa saattaa esimerkiksi loppukesästä nousta korkeaksi johtuen ilman korkeasta suhteellisesta kosteuspitoisuudesta ja ryömintätilan viileydestä. Ryömintätilan viileyteen taas vaikuttaa muun muassa maaperästä tuleva lämpö. /29, s. 49/

Tuuletuksen toimimattomuus pitkittää sinne joutuneen kosteuden poistumista ja hidastaa alapohjan kuivumista. Koska ulkoilma sisältää vähemmän kosteutta talvella kuin kesällä, tapahtuu rakenteiden kuivuminen tuuletuksen avulla paremmin talvisin kuin kesäisin. Tuuletus ei kuitenkaan pelkästään riitä kuivattamaan alapohjaa, jos siellä on näkyvää vettä tai maaperästä nousee paljon kosteutta. /37, s. 29–32/

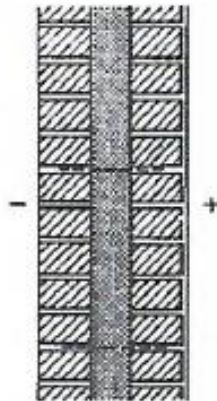


**Kuvio 18.** Tuulettuvan alapohjan vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja /35, s. 127/.

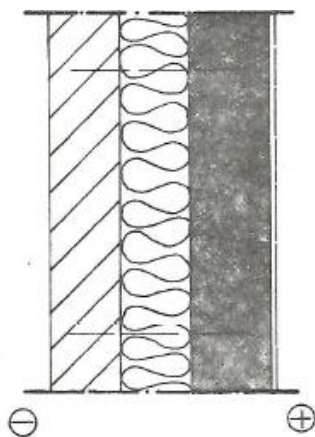
## 4.5 Ulko- sekä väliseinät

### 4.5.1 Kivirakenteiset ulkoseinät

Kivirakenteisia seiniä rakennettiin päiväkoteihin esimerkiksi Turussa 1970–1980-luvuilla yleensä paikalla rakentaen betonista ja tiilestä. Myös betonisia elementtejä käytettiin jonkin verran. /5/ Kivirakenteinen seinä on rakennetyypiltään tuulettumaton. Seinä koostuu sisä- ja ulkokuoresta sekä niiden välisestä eristeestä, joka on yleensä mineraalivillaa. Kuvioissa 19 ja 20 on ulkoseinien rakennetyypit, joita rakennettiin yleisesti 1960–1980-luvuilla. Rakennetyyppeinä käytettiin muun muassa tiili-villa-tiili- ja tiili-villa-betoniseiniä. /35, s. 191–192/



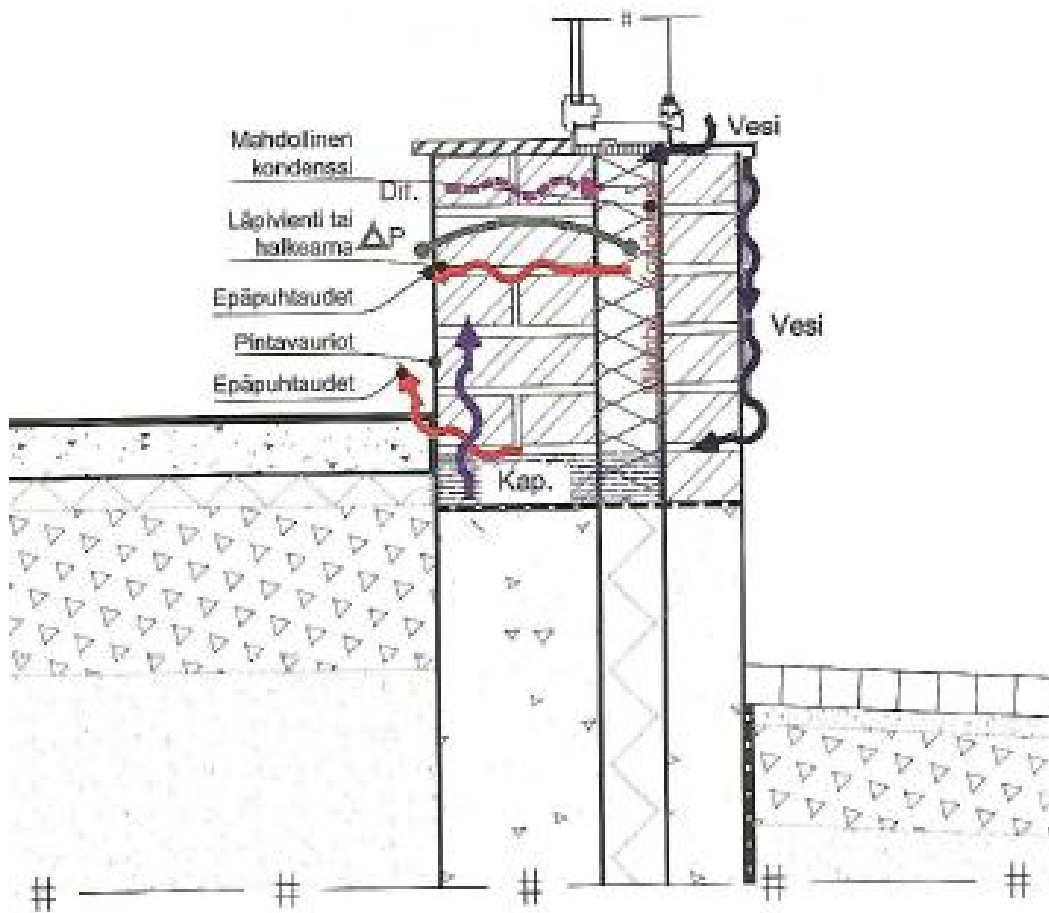
**Kuvio 19.** Tiili-villa-tiiliulkoseinä /47/.



**Kuvio 20.** Tiili-villa-betoniuulkoseinä /48/.

Kivirakenteissa ulkoseinissä vaurioherkkyyttä aiheuttaa yleisimmin sadeveden pääseminen seinän sisään ja maaperästä rakenteeseen siirtyvä kosteus. Sadeveden pääseminen rakenteeseen voi tapahtua muun muassa ulkokuoren lävitse tai siinä olevien rakojen ja muiden vastaavien kohtien kautta. Rakenteeseen päätyvän veden määrään vaikuttaa osaltaan rakennusten lyhyet räystäät ja räystäättömyydet. /29, s. 36/ Kosteutta saattaa joutua seinärakenteeseen myös epätiivien ikkunaliitosten kautta. Koska rakenne on tuulettumaton, ei lämmöneriste tai seinämateriaali kastuessaan pääse välttämättä kuivumaan tarpeeksi nopeasti. Tämä saattaa aiheuttaa mikrobikasvustoa tai erilaisia rakenteellisia vaurioita kuten seinän rapautumista. /35, s. 191–193/

1980-luvun alkupuolelle asti on käytetty paikalla muurattujen ulkoseinien ikkunoiden ylityksissä betonista leukapalkkia. Sen taakse eristetilaan voi kerääntyä sadevettä mikä voi aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteeseen. Lisäksi, jos palkin ja tiilien liitoskohdasta puuttuvat liikuntasaumot, saattaa palkki ”eläessään” tehdä halkeamia itseensä tai seinärakenteeseen, jolloin muun muassa rakenteen tiiviys ja lujuus saattavat kärsiä. Mahdolliseen lujuuden heikkenemiseen ja jopa suoranaisen palkin sortumiseen, vaikuttavat esimerkiksi palkin lohkeilu sekä halkeilu korroosiovaurioineen. /35, s. 208–210/ Kuviossa 21 havainnollistetaan ulkoseinärakenteessa tapahtuvaa kosteuden siirtymistä rakenteeseen ja mahdollisten epäpuhtauksien siirtymistä huonetilaan sekä sisäseinän alaosan pintavaurioitumista.

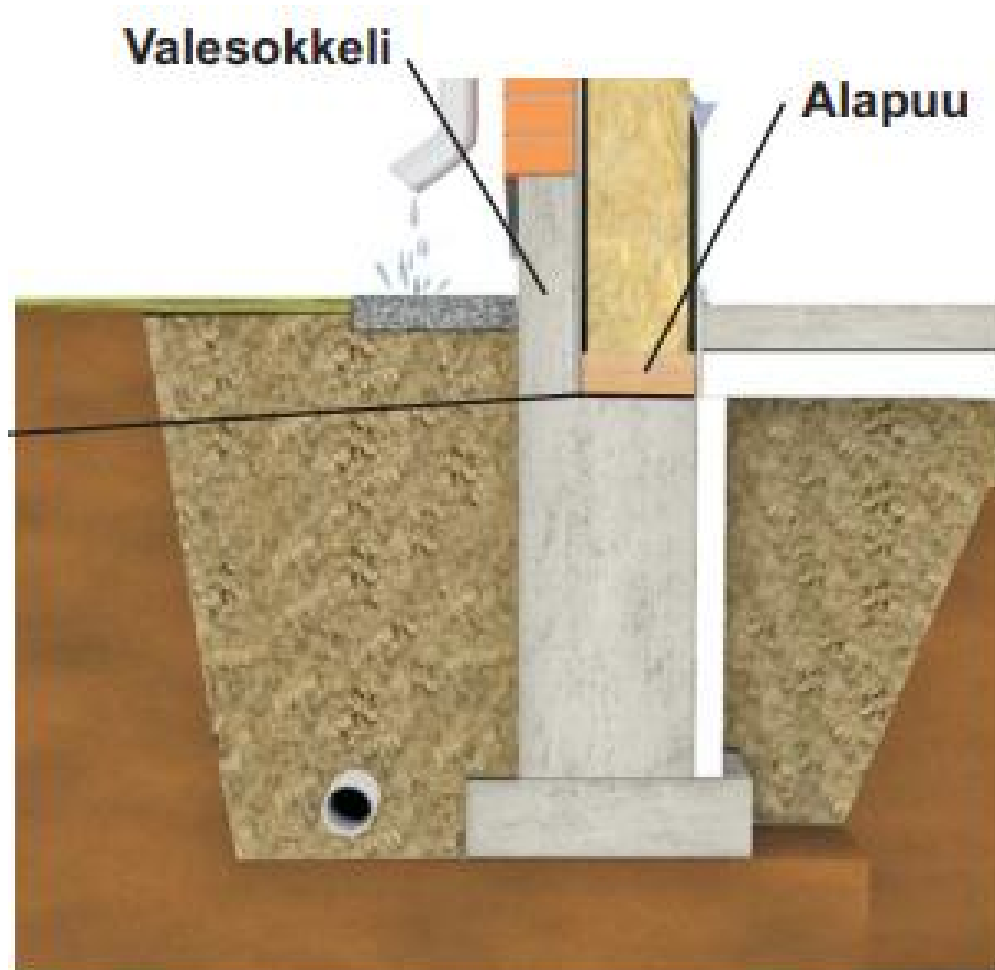


**Kuvio 21.** Ulkoseinän vauriomekanismit ja epäpuhtauksien siirtymistapoja /35, s. 192/.

#### 4.5.2 Kevytrakenteiset ulkoseinät

Kevytrakenteisissa ulkoseinissä käytetään yleensä puurunkoa ja julkisivumateriaali vaihtelee. Päiväkotien julkisivumateriaaleina on esimerkiksi Turussa käytetty 1970–1980-luvuilla enimmäkseen tiiltä, puuta ja profiilipeltiä. /5/ Kevytrakenteisten ulkoseinärakenteiden kosteusvaurioitumista aiheuttaa yleisesti tuuletusvälin puutteellinen toiminta tai sen puuttuminen julkisivumateriaalin takaa. Tuuletusvälin tai julkisivumateriaalin taakse päässyt kosteus saattaa kuivua hitaasti ja aiheuttaa kosteusvaurioita. /35, s. 191/ Puurunkoisten seinien rakentamiseen ohjaavissa ohjeissa tuuletusväliä ei mainittu ulkoseinärakenteessa ennen vuotta 1971. Tästä vuoteen 1994 asti ohjeet tuuletusvälin tarpeellisuudesta olivat ristiriitaiset ja tulkinvaraiset. Esimerkiksi tiiliverhoilun taakse tehtävästä tuuletuksesta ohjeet yhtenäistyivät vasta vuonna 1994 /25, s. 118/

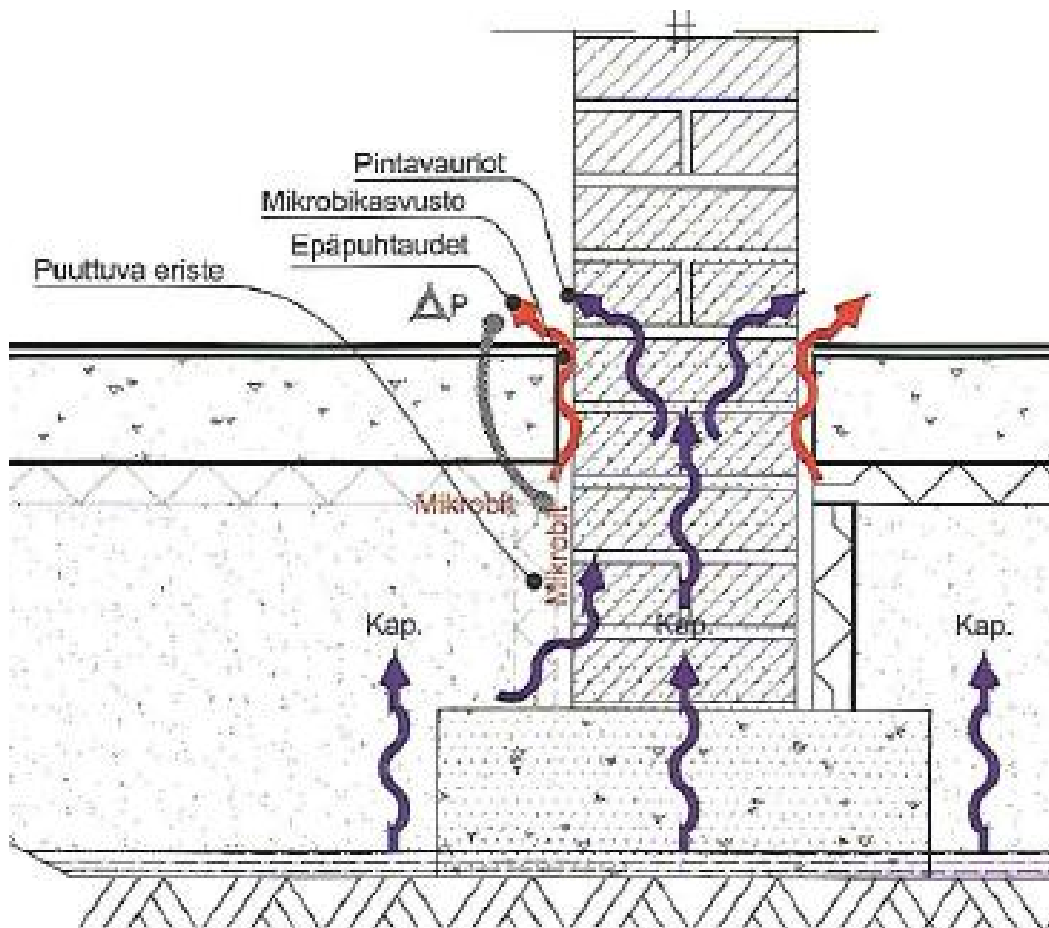
Puurunkoinen seinä, jonka julkisivu on verhoiltu tiilellä, on vaurioherkempiä kevytrakenteisia ulkoseinärakenteita. Seinä on herkkä vaurioitumaan kosteuden vaikutuksesta etenkin alaosastaan. /29, s. 36–38/ Seinän alaosasta tiilen takaa saattaa puuttua esimerkiksi bitumikermi, joka estäisi kosteuden pääsemisen syvemmälle rakenteeseen /35, s. 191/. Jos kyseessä on valesokkelirakenne, saattaa myös maaperän kosteus aiheuttaa vaurioita /29, s. 36–38/.



**Kuvio 22.** Tiiliverhoiltu ulkoseinä, jossa on valesokkelirakenne /43/.

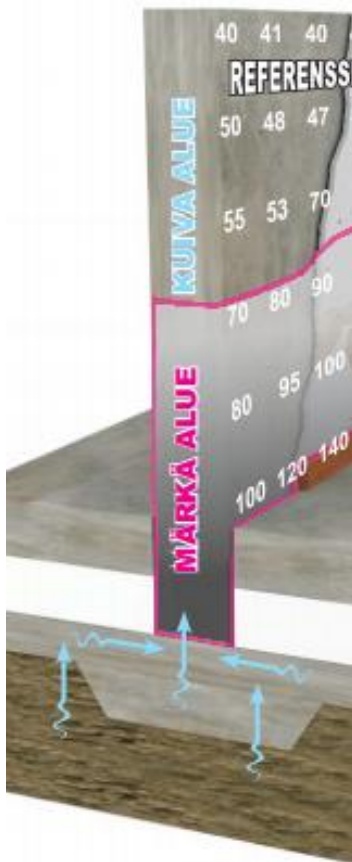
### 4.5.3 Väliseinät

Väliseinien osalta rakenteen vaurioitumista voi aiheuttaa sen perustamistapa. Antura on voitu rakentaa liian hienojakoisen maa-aineksen päälle. Seinät on usein rakennettu käyttäen tiiltä tai betonia. Näissä materiaaleissa pääsee tapahtumaan kapillaarista kosteuden nousemista sekä tästä syntyvää mahdollista seinän alaosan ja sitä vasten olevan lämmöneristeen vaurioitumista. /35, s. 172–174/ Kuvio 23 havainnollistaa väliseinässä tapahtuvaa ja kosteuden ja epäpuhtauksien siirtymistä.



**Kuvio 23.** Väliseinän vauriomekanismit ja epäpuhtauksien kulkeutuminen /35, s. 172/.

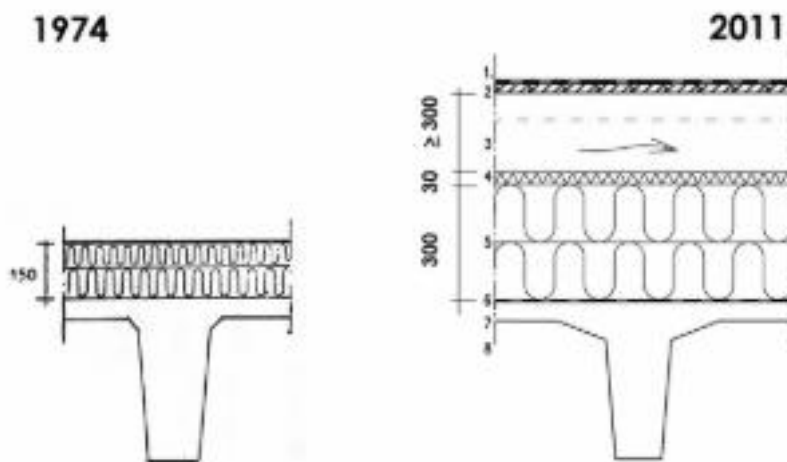
Väliseinä voi olla myös puurakenteinen ja se saattaa olla perustettu esimerkiksi kaksoislaattarakenteen alemman teräsbetoni-laatan päälle. Jos runkopuun alla ei ole bitumikermiä, eikä teräsbetoni-laatan alla ole kapillaarisen nousun estävää katkoa, saattaa kosteus nousta kapillaarisesti laatan kautta seinärakenteeseen ja vaurioittaa runkopuuta tai lämmöneristettä. /43/ Kuviossa 24 on esitetty kaksoislaatta ja sen päältä lähtevä väliseinä. Samassa kuviossa on myös havainnollistettu ilmavirtojen ja kosteuden siirtyminen seinärakenteessa.



**Kuvio 24.** Väliseinä, joka lähtee kaksoislaatan päältä /43/.

## 4.6 Yläpohjarakenteet

Yläpohjarakenne voi olla massiivinen eli kivirakenteinen tai se voi olla rakennettu teräksestä tai puusta kevytrakenteisena /49, s. 642–646/. Massiivirakenteisia yläpohjarakenteita on valmistettu muun muassa betonista paikallavaluna sekä erilaisina elementteinä kuten kevytbetoni-, ontelo- ja TT-laattoina /50/. Kuviossa 25 esitetään TT-laattarakenne vuosina 1974 ja 2011.



**Kuvio 25.** TT-laattaisia yläpohjarakenteita vuosilta 1974 ja 2011 /50/.

Lämmöneristeenä kivirakenteessa on käytetty kovaa mineraalivillaa, polystyreeniä, paisutettua korkkia tai kevytsoraa. Kevytrakenteisissa rakenteissa yläpohjat ovat useimmiten puurakenteisia ja lämmöneristeenä on käytetty pehmeää mineraalivillaa. Lisäksi molempiin rakenteisiin sisältyy höyryn- tai ilmansulku. /49, s. 640–650/

Yläpohjarakenteita luokitellaan niiden tuulettavuuden perusteella hyvin ja heikosti tuulettuviin yläpohjarakenteisiin. Hyvin tuulettuviin yläpohjarakenteisiin katsotaan yleensä kuuluvan kaikki rakenteet, joissa on käytetty puupohjaisia materiaaleja joko yksistään tai yhdistettynä kivirakenteen kanssa. Heikosti tuulettuvat rakenteet ovat useimmiten pelkästään kivipohjaisia rakenteita, eivätkä sisällä orgaanisia materiaaleja. /51/

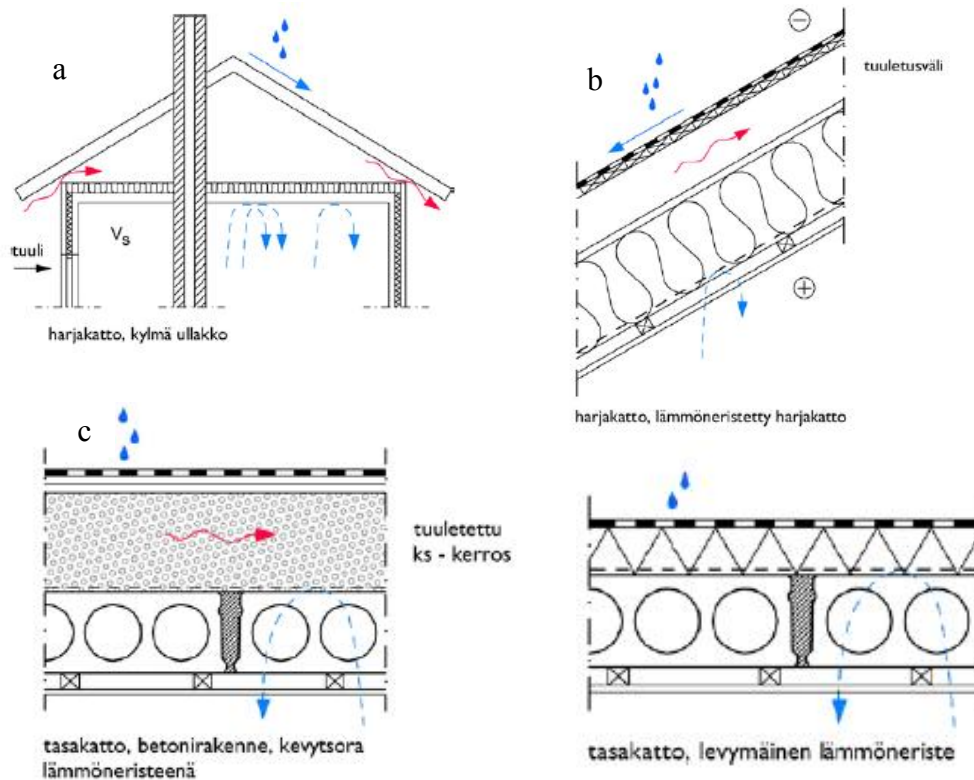
Kuviossa 26 on esitetty vuodelta 1977 olevan Rakennustekniikan käsikirjan mukainen ohjeistus eri kattorakenteille. Ilmatila tarkoittaa harjakaton alapuolista ullakkotilaa ja tuuletustila vesikatteen ja lämmöneristeen välistä tilaa, jossa ilma pääsee vaihtumaan. Tuuletetussa rakenteessa ilmavirta kulkee lämmöneristeen läpi tai siinä olevien urien kautta. Tuulettumaton rakenne on nimensä mukaan kokonaan tuulettumaton. Täysin tuulettumattomia rakenteita käytetään erittäin harvoin kattorakenteissa. Käännettyjä rakenteita on käytetty yleensä esimerkiksi maanpinnan alapuolella olevissa rakenteissa. /49, s. 641/

Tuuletustapa	Ilmatila	Tuuletustila	Tuuletettu 1)	Tuulettamaton 2)	Käännetty 3) kattorakenne
Rakenneseosa					
Vedeneristys - kaltevuus - alusrakenne	jyrkkä > 1:6 erillinen vesikattorakenne	loiva 1:6	kuormitettu lämmöneriste vedeneristysalustana (lämmöneristyslevyt tai lämmöneristeen päälle valettu betoni tai kevytbetoni-laatat)		tasainen 1:∞ betoni, betonielementti
vedeneristysmateriaalit	bitumikermit pelti asbestisem.levyt	muovikatteet			
Lämmöneristysmateriaalit	pehmeä villa	kevytbetoni	kova villa muotovaltu polystyreeni suulakepuristettu polystyreeni kevytsora ja kevytsorabetoni kevytbetoni solulasi paisutettu korkki		
Höyrysulku	puu- ja poimulevyrakenteissa höyrysulku on tarpeellinen, betonirakenteissa rakenteen ja olosuhteiden mukaan		tehokas höyrysulku		vedeneristys toimii höyrysulkuna
(lämmöneristetty) kantava rakenne	puurakenne vanerikotelolaatat paikalla valettu betoniyläpohja TT-, ripa- betonikotelolaatat teraspoimulevy asbestisem poimulevyt		ja ontelolaatat		
Erikoiskäyttö	ylipainekatto			sandwichrakenne terassit ja liikennekatot	

**Kuvio 26.** Kattorakenteiden ohjeistus vuodelta 1977 /49, s. 641/.

Rakentamismääräyskokoelman C2-opas vuodelta 1999 mainitsee yläpohjan rakenteiden osalta muun muassa seuraavaa: ”Yläpohja altistuu muita rakennusosia herkemmin ilmapuodoille ja sisäilman konvektioille, koska sisäpuolisen ylipaineisuuden uhka on suurin rakennuksen yläosissa.”. /52, s. 42/ Yläpohjarakenteiden mahdolliseen vaurioitumisherkkyyteen vaikuttaa osaltaan höyryn- tai ilmansulun epätiiviyys ja veden tai lumen pääsy rakenteeseen esimerkiksi erilaisten katevuotojen sekä epätiiviyden liitosten kautta /35, s. 214–215/. ”Hyvin tuuletetuissa rakenteissa” on hyvin usein ilmennyt tuuletuksen toimimattomuutta varsinkin loivissa ja tasakattoisissa rakenteissa /53, s. 49/.

Erilaisten yläpohjarakenteiden vesikatteen ja höyrynsulun toimintaa sekä tuulettumista on havainnollistettu kuviossa 27. Kuviot a ja b kuvaavat hyvin tuuletettuja rakenteita, ja kuviot c ja d heikosti tuuletettuja rakenteita. /28, s. 177/ Rakenteen mahdollinen kosteusvaurioituminen saattaa ilmetä hajuina ja ilman epäpuhtauksina, joita mikrobikasvusto voi tuottaa. Vauriot saattavat näkyä myös erilaisina sisäkattojen ja seinien pintavaurioina. /35, s. 214–215/



**Kuvio 27.** Tuulettuminen eri yläpohjarakenteissa /28, s. 177/.

## 4.7 Vesikatot

### 4.7.1 Loivat katot

Loivan katon kattokaltevuus on 1:10 tai sitä vähemmän /51/. Loivat katot olivat hallitsevina kattotyyppeinä 1960–1970-luvuilla. Ne rakennettiin yleensä huonosti tuulettuvina, räystäättöminä ja kattokaltevuudeltaan vähäisinä tai sitten kokonaan tasaisina. /53, s. 50/ Ensimmäiset loivia kattoja koskevat ohjeet saatiin vasta vuonna 1976 /7, s. 111/.

Mahdollisia kosteusvaurioita loivan kattotyypin alapuolisiin rakenteisiin aiheuttaa muun muassa aluskatteen puuttuminen tai virheellinen toiminta, vanhojen katemateriaalien heikkous, vedenpoiston huono toiminta tai toimimattomuus ja talvella putkistojen jäätyminen. Myös vesivuodot läpivientien liitoskohdista sekä katteen tai räystäspelttien vauriokohdista aiheuttavat kosteusongelmia. Lisäksi kattorakenteen huono tuuletus nostaa rakenteen kosteuspitoisuutta ja saattaa aiheuttaa esimerkiksi mikrobivaurioita tai kosteudesta johtuvaa rakenteen ”elämistä”, joka voi rikkoa vesikatetta. /29, s. 27–28/

Vaurioita on esiintynyt runsaimmin niissä koulurakennuksissa, joissa on loiva peltikatto tai tuulettumaton loiva katto, jonka lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaa. Vähiten vaurioita on ollut loivissa kevytsoralla lämmöneristetyissä katoissa. 1960–1970-luvuilla rakennetuissa loivissa katoissa on havaittu vaurioitumista muun muassa katolla olevien vedenpoistoon tarkoitettujen kaivojen sekä kattoikkunoiden kohdalla. /35, s. 215/

#### **4.7.2 Jyrkät katot**

Jyrkän katon kattokaltevuus on 1:20 tai sitä suurempi /51/. Jyrkkien räystäällisten vesikattojen rakentaminen alkoi nousta uudelleen suosioon 1980-luvulla /53, s. 50/. Näissä katoissa on voitu käyttää vesikatteita, jotka eivät ole välttämättä vesitiiviitä ja edellyttävät alapuolelleen aluskatetta. Tällainen kate on esimerkiksi tiili. /28, s. 177/ Konesaumatus peltikaton alle ei edellytetä erillistä aluskatetta. Kosteuden hallintaan tarvitaan kuitenkin alusrakenne, joka sitoo kosteutta. Tällainen on esimerkiksi yhtenäinen ruodelaudoitus. /52, s. 42/

Vaurioherkkyyttä jyrkän katon alapuolisiin rakenteisiin aiheuttaa tuuletuksen huono toiminta tai toimimattomuus ja aluskatteen puuttuminen tai virheellinen toiminta. Aluskatteen puuttuminen tai virheellinen toiminta saattaa aiheuttaa vesikatteen vuotoveden pääsyn vesikaton alapuolisiin rakenteisiin. Vuotoveden lisäksi voi rakennuksen sisäpuolinen kosteus aiheuttaa ongelmia. Epätiivisiin höyrynsulun takia esimerkiksi katteen alapintaan päässyt sisäilman kosteus voi tiivistyä rakenteisiin. /35, s. 214–215/

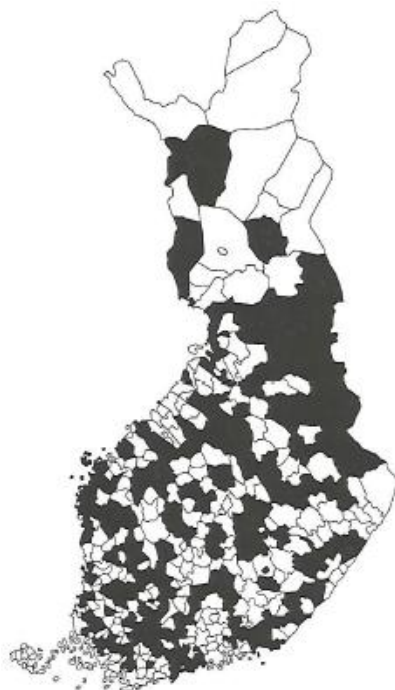
Väärä kattokaltevuus lisää riskiä veden pääsemisestä rakenteeseen. Vesi voi päästä rakenteeseen myös tuulen painamana tai vedenpoistamisjärjestelmä voi tukkeutua talvella lumen ja jään vaikutuksesta. Lumen sulamiseen katolla vaikuttaa il-mavuotojen lisäksi yläpohjan heikko lämmöneristys. /29, s. 29/ Lämmöneristeen paksuus yläpohjassa on voinut olla 1960-luvulla vain 100 mm /35, s. 214/.

## 5 PÄIVÄKOTIEN KOSTEUSVAURIOT

### 5.1 Kosteusvaurioiden syyt ja kosteusvaurioitunut rakenne

Kuntaliitto on tehnyt vuosina 2000 ja 2005 selvitykset julkisten rakennusten kosteus- ja homevaurioiden määrästä ja syistä muun muassa kuntien päiväkodeissa. Kummassakin tutkimuksessa on erilaisia epävarmuustekijöitä, joten kyselyn tulokset ovat vain suuntaa-antavia. Tutkimuksista ei myöskään selviä miltä aikakaudelta kosteus- ja homevaurioituneet rakennukset ovat. /54/

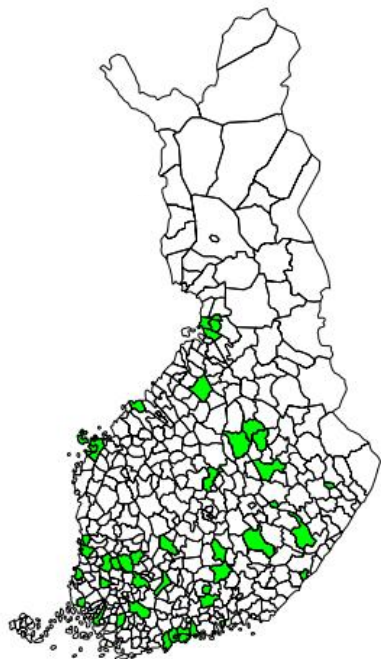
Vuoden 2000 raportissa olevat tiedot on koottu lähettämällä kunnille kyselylomake, jonka avulla on pyritty saamaan selville kyseisen kunnan rakennuksissa ilmenneitä kosteusvaurioita ja niiden syitä. Kyselyyn on otettu vuosina 1996–1999 sellaiset rakennukset, joissa on ollut kosteus- ja homevaurioita. Vastauksen antoi päiväkotien osalta 105 kuntaa, jotka näkyvät mustalla kuviossa 28. Kosteus- ja homevaurioita oli ollut 493:ssa päiväkodissa. Selvityksessä annetun arvion mukaan kosteusvaurioita on ollut koko kuntasektorin päiväkodeista 72 %:ssa. /54/



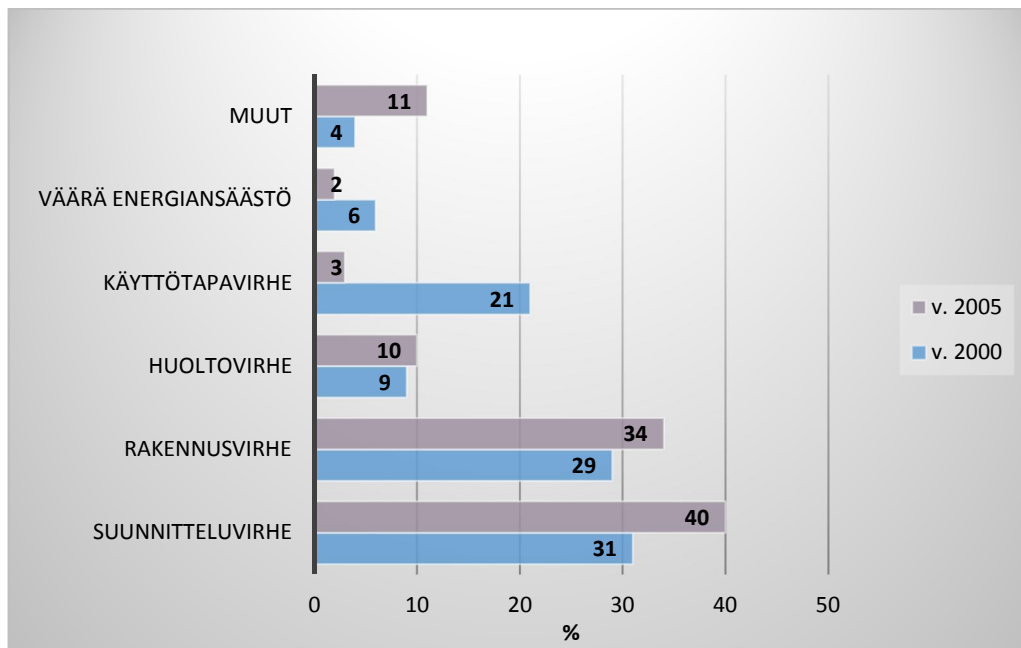
**Kuvio 28.** Kyselyyn vastanneet kunnat vuonna 2000 /54, s. 7/.

Vuonna 2005 tehtiin uusi selvitys, joka on jatkoa vuonna 2000 tehdylle selvitykselle. Tutkimus suoritettiin vastaavalla tavalla kuin vuonna 2000. Kyselyyn on otettu rakennukset vuosina 2002–2004, joissa on ollut kosteus- ja homevaurioita. Vastauksen antoi 41 kuntaa, jotka näkyvät vihreällä kuviossa 29. Kosteus- ja homevaurioita oli ollut 164:ssä päiväkodissa. /55/

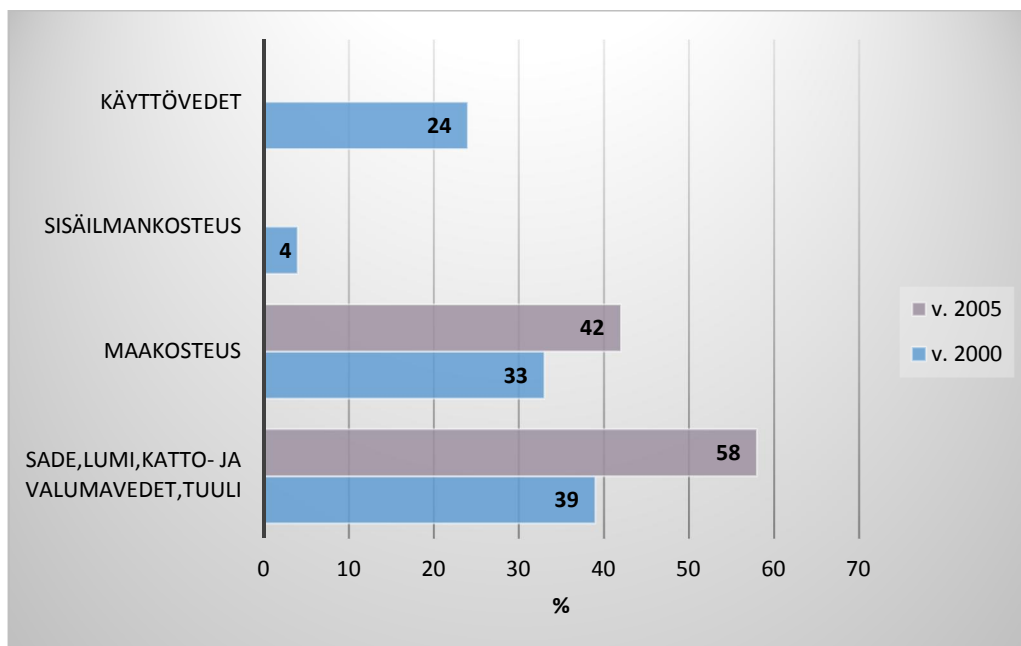
Kuvioissa 30, 31 ja 32 on esitetty allekkain vuonna 2000 ja 2005 tehtyjen selvitysten osalta kosteus- ja homevaurion syitä, kosteuslähteitä sekä kosteus- ja homevaurioituneita rakenneosia päiväkodeissa. Vuoden 2005 tilastoissa ei ole esitetty käyttövesistä eikä sisäilmankosteudesta aiheutuneita kosteus- ja homevaurioita, jonka vuoksi ne puuttuvat kuvioista 31. /54–55/



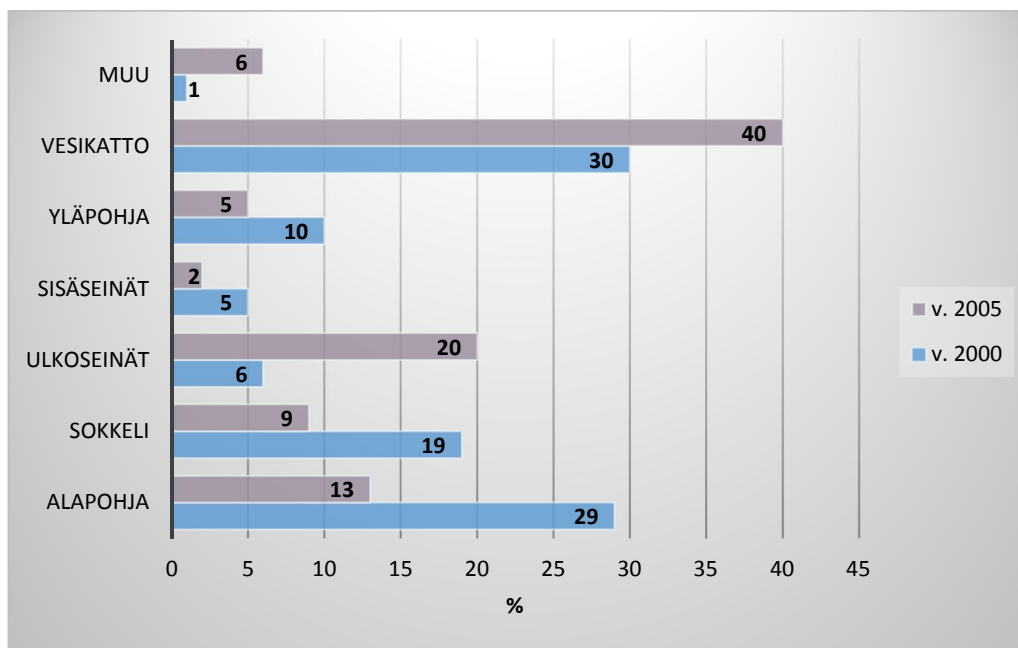
**Kuvio 29.** Kyselyyn vastanneet kunnat vuonna 2005 /55, s. 9/.



**Kuvio 30.** Kosteus- ja homevaurioon johtaneita syitä vuonna 2000 ja 2005 /54–55/.



**Kuvio 31.** Kosteus- ja homevaurion kosteuslähteet vuonna 2000 ja 2005 /54–55/.



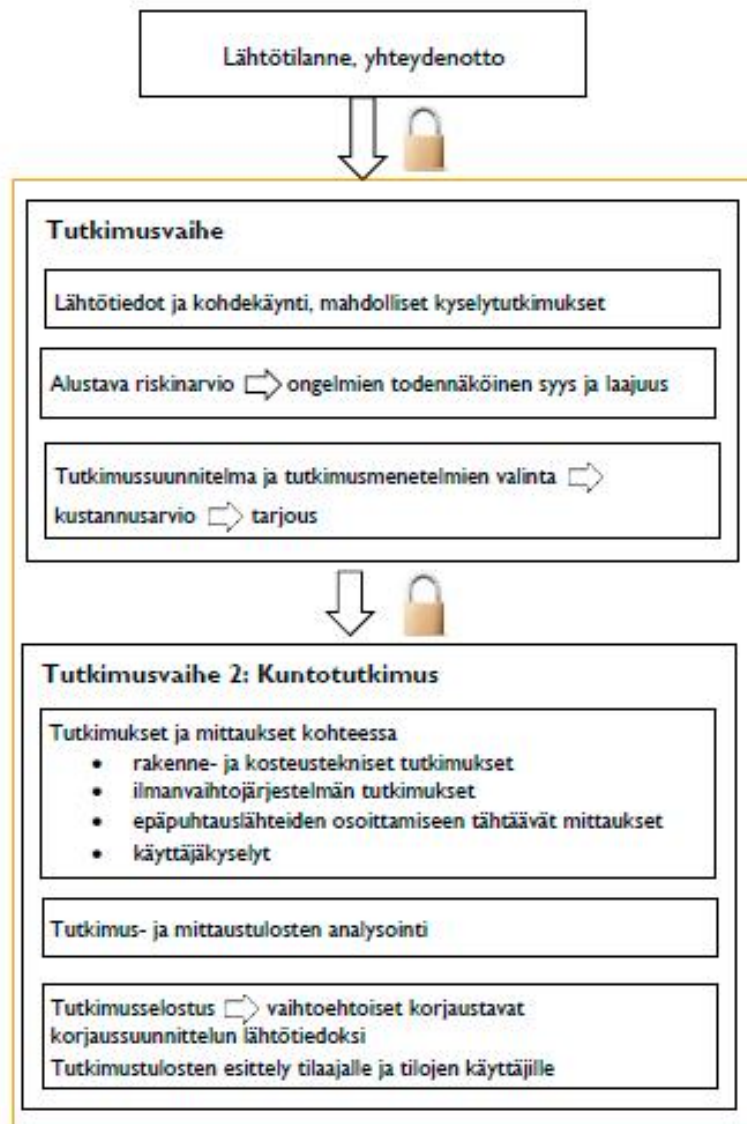
**Kuvio 32.** Kosteus- ja homevaurioituneet rakennusosat vuonna 2000 ja 2005 /54–55/.

## 5.2 Vahanen-yhtiöt ja Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n päiväkotien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusraporttien tarkastelu

Opinnäytetyössä selvitettiin päiväkotien kosteusvaurioita Vahanen-yhtiöt ja Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n vuosina 2006–2019 tekemien kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimusraporttien perusteella. Tutkimusraportteja oli 40 kappaletta ja niistä 30 kappaletta kelpuutettiin tarkasteluun. Kymmenen tutkimusraportin hylkääminen johtui niiden vertailukelvottomuudesta. Kohteet oli rakennettu vuosina 1960–1990 ja ne sijaitsivat Etelä-, Länsi- ja Pohjois-Suomen alueilla. Raportit ja kohteet ovat salassa pidettäviä.

Kuntotutkimukset on suoritettu alan yleisten ohjeiden ja määräysten sekä hyvien käytänteiden mukaisesti vastuullisten ja pätevien tutkijoiden toimesta. Kuntotutkimuksen perusmallina on toiminut Ympäristöopas 28 vuoteen 2016 asti. Vuodesta 2016 toimintamallina on toiminut Ympäristöopas 2016. /56/ Kuntotutkimuksia suoritetaan rakennuksissa arvioitaessa sisäilmaolosuhteita ja tulevien peruskorjausten korjaustarvetta sekä niitä hyödynnetään korjausrakentamisen suunnittelun

lähtötietoina. Kuviossa 34 on esitetty Ympäristöoppaan 2016 mukaiset kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen vaiheet. /28/



**Kuvio 33.** Kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen /28, s. 21/.

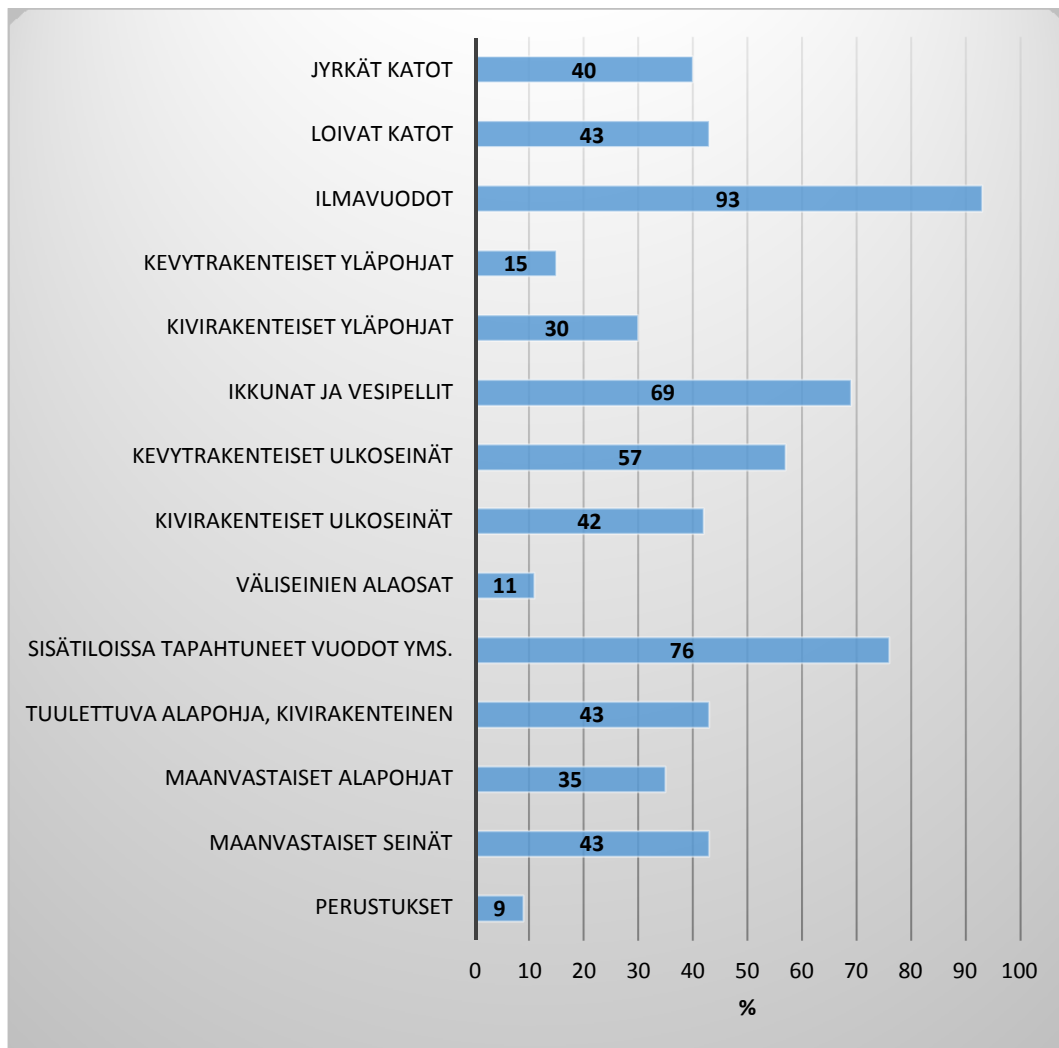
Vahanen-yhtiöt ja Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n kosteusteknisissä tutkimuksissa menetelminä käytettiin muun muassa aistinvaraista tarkastelua, pintakosteuskartoituksia, rakennekosteusmittauksia, rakenneavauksia sekä materiaalinäytteitä, jotka tutkittiin laboratoriossa. Ilmavuotoja tutkittiin merkkiainetutkimuksin ja merkkisavuin.

Kuntotutkimusraporttien tiedoista koottiin Excel-taulukko, johon kirjattiin ensimmäisenä kohtana kunkin kohteen rakenteisiin liittyvät kosteusvauriot joko luokkaan 1 tai 2. Luokka 1 merkitsee kosteusvaurioitumattomuutta tai vähäistä kosteusvauriota. Vähäinen kosteusvaurio tarkoittaa paikallista vauriota, eikä siitä ole todennäköisesti merkittävää haittaa sisäilmanlaadulle. Luokka 2 tarkoittaa merkittävää kosteusvauriota. Merkittävässä kosteusvauriossa on kysymys laajalaisesta vauriosta ja siitä voi olla selkeää haittaa sisäilman laadulle. Toisena kohtana Excel-taulukkoon luokiteltiin kohteiden ilmavuodot. Luokka 1 tarkoittaa, että rakennuksessa ei ole ilmavuotoja tai ne ovat vähäisiä ja luokka 2, että ilmavuodot ovat merkittäviä. Kolmantena kohtana Excel-taulukkoon kirjattiin rakennuksen sisäpuolella rakenteita kasteleet kosteuslähteet, joihin lukeutui muun muassa erilaiset vesivuodot ja siivousvedet. Luokkaan 1 laitettiin kohteet, joissa ei ollut sisäpuolisten kosteuslähteiden aiheuttamia kosteusvaurioita ja luokkaan 2 laitettiin kohteet, joissa oli ollut sisäpuolisen kosteuslähteen aiheuttamia kosteusvaurioita.

Luokittelussa haluttiin arvioida kosteusvaurion merkittävyyttä, koska oletettavasti jokaisessa vanhassa rakennuksessa on tai on ollut jonkinlaisia kosteuteen liittyvää ongelmaa. Rakenteen kosteusvaurioitumisen merkittävyyden ja laajuuden tulkitseminen ei aina kuitenkaan ollut yksiselitteinen asia. Lisäksi luokittelua vaikeutti kuntotutkimuskohteisiin aiemmin tehdyt korjaustoimenpiteet. Kaikki tutkimusraportteihin kirjatut tiedot rakenteiden kosteusvaurioista on otettu huomioon, mutta kohteissa on voinut olla aiemmin korjattuja kosteusvaurioita, jotka eivät käyneet ilmi raporteista. Tietojen puutteellisuudet ja merkittävyyden luokittelun vaikeudet pitää ottaa huomioon taulukon tulkinnassa.

### **5.3 Tulokset ja johtopäätökset**

Kuviossa 33 esitetään opinnäytetyössä tehdyn tarkastelun tulokset. Kuviossa esitettävät prosenttiluvut kuvaavat luokan 2 mukaisia tuloksia merkittävästä kosteusvauriosta, ilmavuodoista ja sisäpuolisen kosteuslähteen aiheuttamista kosteusvaurioista.



**Kuvio 33.** Luokan 2 mukaiset prosenttiluvut rakenteiden kosteusvaurioista sekä sisäilman laatua heikentävästi tekijöistä.

Sisäilman kannalta yhdeksi merkittävimmäksi haittatekijäksi havaittiin ilmavuodot. Merkittäviä ilmavuotoja oli 28 rakennuksessa ja kahdessa ilmavuodot olivat vähäisiä. Lisäksi rakennuksissa vallitsi yleensä hyvin suuri alipaine, jolloin ilma virtaa rakennusvaipan epätiiviyskohtien kautta sisätiloihin päin tuoden mukanaan mahdollisia epäpuhtauksia. Ilmavuodot tapahtuvat useimmiten eri rakenteiden liitospohdista sekä ilman- tai höyrönsulun epätiiviyskohdista. /56/

Rakennuksen sisäpuolisen kosteuden aiheuttamia vaurioita ilmeni yleensä lattioissa ja väliseinissä. Vaurioita lattioissa aiheutti esimerkiksi muovimattojen epätiiviyskohdat, joista vesi oli päässyt rakenteeseen. Putkistojen vuodot olivat yksi kosteusvaurioita aiheuttaneista syistä. /56/

Perustusten kosteusvaurioitumisen osalta ei kaikista kohteista ollut saatavilla tutkimustietoa. Merkittävimmät kosteusvauriot löytyivät perusmuureista, joissa oli käytetty sokkelihalkaisua. Kosteusvaurioitumista havaittiin kahdessa tapauksessa. Näissä tapauksissa lämmöneristeenä oli käytössä mineraalivilla tai polystyreeni. Perustuksissa, joissa ei ollut sokkelihalkaisua, ei ilmennyt merkittäviä kosteusvaurioita, jotka vaikuttaisivat sisäilman laatuun. Maanvastaisissa seinissä oli käytössä lämmöneristettyjä ja lämmöneristämättömiä seinärakenteita. Kosteusvauriot olivat useimmiten seinien alaosissa. /56/ Valesokkelin aiheuttamat seinän alaosan kosteusvauriot luettiin ulkoseinärakenteisiin.

Alapohjissa oli yleensä käytössä maanvarainen betonilaatta, jonka alla oli käytetty lämmöneristeenä polystyreeniä, polyuretaania tai kevytsoraa. Näissä betonilaatoissa ei havaittu merkittävää kosteusvaurioitumista. Alapohjarakenteina oli käytetty myös kaksoisbetonilaattaa, jonka lämmöneristeenä oli kevytsoraa tai polystyreeniä. Muutamassa tapauksessa alapohjana oli puukorokelattia, jossa lämmöneristeenä oli mineraalivilla. Lisäksi alapohjissa oli käytetty teräsbetonilaattaa ilman alapuolista lämmöneristettä. Näissä kaikissa rakennetyypeissä oli tai oli ollut merkittäviä kosteusvaurioita. Kosteusvauriota tai kosteuspitoisuuden nousua löydettiin yleensä alapohjista, jotka olivat kosketuksissa maaperään ja joiden lattioissa oli käytetty diffuusiotiivistä pintamateriaalia esimerkiksi muovimattoa tai vastaavaa. Koska kosteus liikkuu alapohjassa joko kapillaarisesti ja diffuusiolla, on lattiapinnoitteiden vesihöyrynläpäisevyydellä suuri merkitys maanvaraisen betonilaatan kosteusteknisessä toiminnassa. /56/

Toinen käytössä ollut alapohjarakenne oli kivirakenteinen tuulettuva alapohja. Puurakenteisia ryömintätiloja ei ollut käytössä yhdessäkään rakennuksessa. Tuulettuvan kivirakenteisen alapohjan kosteusvauriot eivät olleet itse rakenteessa, vaan ryömintätilassa. Ryömintätiloissa ilmeni huonoa tuulettuvuutta, kosteutta maaperässä sekä muottilautoja ja muuta rakennusjätettä. Nämä synnyttivät mikrobivaurioita ja muita epäpuhtauksia ryömintätilaan. Epäpuhtaan ilman todettiin siirtyvän ilmavuotojen mukana rakennuksen sisätiloihin. /56/

Kivirakenteisissa ulkoseinissä havaittiin merkittäviä kosteusvaurioita tiili-villa-tiili tyyppisissä ulkoseinärakenteissa. Betonielementtisissä sandwich-ulkoseinärakenteissa ei todettu merkittäviä kosteusvaurioita. Kevytrakenteisissa ulkoseinissä, joiden julkisivut olivat verhoiltu tiilellä tai puulla, todettiin merkittäviä kosteusvaurioita. Kivi- ja kevytrakenteisen ulkoseinärakenteen vaurioitumiseen johti usein julkisivuverhouksen läpi päässyt vesi. Useissa tapauksissa näiden seinien takaa puuttui toimiva tuuletusväli, jolloin julkisivuverhouksen taakse päässyt vesi oli vaurioittanut esimerkiksi ulkoseinän lämmöneristettä. Valesokkelirakenteet olivat myös yksi merkittävä tekijä, jotka aiheuttivat kosteusvaurioita kivi- ja kevytrakenteisten ulkoseinärakenteiden alaosiin. Valesokkeleita oli kahdeksassa rakennuksessa, ja jokaisessa oli todettu tai todettiin kosteusvaurioita. Lisäksi rakennuksen räystäättömyys kasvatti ulkoseinärakenteen vaurioitumisen todennäköisyyttä. /56/

Ulkoseinissä olevien ikkunoiden liitoskohdat olivat yleensä epätiivittä ja ikkunat saattoivat olla ulkopuolelta alareunastaan kosteusvaurioituneita. Vesipelleissä oli usein kallistuksissa puutteita ja ikkunoiden vesipeltien liittymät olivat usein epätiivittä. Näistä epätiiviyyskohdista saattoi päästä tai pääsi vettä seinärakenteeseen. Väliseinien osalta kosteuden aiheuttamia vaurioita tarkasteltiin ainoastaan maaperästä nousevan kosteuden kannalta. Kolmessa tapauksessa kosteus oli aiheuttanut vaurioita. Näissä tapauksissa väliseinät oli rakennettu ilman kapillaarikatkoa alemman betonilaatan tai anturan päältä. Betonilaatta ja antura olivat suoraan kosketuksissa maaperään. /56/

Jyrkissä ja loivissa vesikatoissa sekä yläpohjissa aiheuttivat eniten kosteusvaurioita erilaiset vesikatteen vuotokohdat. Loivissa katoissa oli ongelmana usein katto-kaivojen huono toiminta. Jyrkissä katoissa aluskatteen puuttuminen tai sen virheellinen asentaminen lisäsivät rakenteen kosteusvaurioitumista. /56/

Kivi- ja kevytrakenteisten yläpohjien kosteusvaurioitumiseen liittyivät usein vesikattonen vuodot sekä rakennuksen sisätiloista tapahtuvat lämpövuodot. Lämpövuodot johtuivat epätiivistä höyrynsulusta ja liian vähäisestä yläpohjan lämmöneristeestä. Lämpövuodot ja heikko lämmöneristys aiheuttivat vesikatolla lu-

men sulamista. Talvella vedenpoistojärjestelmät ovat usein jäässä, jolloin sulamisvesi pääsi vuotamaan rakenteisiin vesikatteen epätiiviysskohdista. Lämmönjohtumisen lisäksi ilmavuotojen mukana saattoi siirtyä yläpohja- ja vesikattorakenteisiin sisäilman kosteutta, joka tiivistyi sisäilmaa kylmempiin pintoihin aiheuttaen kosteusvaurioita. Kevytrakenteisten yläpohjien kosteusvauriotapauksissa vesikattorakenteesta puuttuivat erilliset aluskatteet tai aluskatteessa todettiin asennusvirheitä. Kivirakenteisissa yläpohjissa, joissa todettiin kosteusvaurioita, oli käytössä lämmöneristeenä mineraalivilla. /56/

## 6 KUNTOTUTKIMUKSET ESIMERKKIKOHITEISSA

### 6.1 Tutkimukset ja käytetyt menetelmät

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kahta esimerkkikohdetta, joissa suoritettiin Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n toimesta kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Opinnäytetyön tekijä osallistui osaan tutkimuksista. Esimerkkikohteet ovat salassa pidettäviä. Kuntotutkimus tehtiin kahdella eri paikkakunnalla sijaitsevaan päiväkotirakennukseen. Kuntotutkimukset perustuivat erilliseen tutkimussuunnitelmaan ja tutkimuksen tehneillä henkilöillä oli rakennusterveysasiantuntijan henkilösertifikaatti. Kosteusmittaukset suoritti sertifioitu kosteudenmittaaja. Tutkimuksessa käytetyt mittavälineet olivat yleisesti kalibroitu ja asianmukaisessa käyttökunnossa. /56/

Rakenteiden kunnan tutkimisessa käytettiin erilaisia menetelmiä. Pintakosteusilmaisimella kartoitettiin rakenteen pinnalta mahdollisia kosteudesta johtuvia poikkeavuuksia rakenteessa. Porareikämittauksilla tutkittiin rakenteessa olevaa suhteellista kosteutta. Viiltomittausmenetelmässä tarkastettiin lattian pintamateriaalin kunto aistinvaraisesti sekä mitattiin sen alta lattian kosteuspitoisuus. Rakeneavauksissa rakenne avattiin ja sitä tarkasteltiin aistinvaraisesti sekä otettiin tarvittavia materiaalinäytteitä, jotka lähetettiin laboratorioon. Toisessa esimerkkikohteessa käytettiin puun pintakerroksen kosteuden mittaamiseen piikkimittaria. Piikkimittarin avulla voidaan paikallistaa erityisesti ne kohdat, jotka ovat selvästi märkiä. Rakenteiden ilmatiiviyyttä tutkittiin merkkiaineanalysaattorilla ja ilmavirran suuntaa merkkisavulla. /56/

### 6.2 Esimerkkikohde 1

Ensimmäinen esimerkkikohde sijaitsee Länsi-Suomessa. Rakennus on kaksikerroksinen ja kerrosalaltaan 2233 m<sup>2</sup>. Se on rakennettu vuonna 1982. Rakennuksessa on erilaisia päiväkotitoimintaan liittyviä tiloja, sosiaali- ja toimistotiloja, liikuntasali, keittiö ja ruokailutilat. Rakennus on matalaperusteinen ja alapohjat ovat betonirakenteisia. Kantavat seinärakenteet ovat betonirakenteisia, ja ne ovat osittain paikallavalettuja ja osin elementtirakenteisia. Vesikattorakenne on toteutettu

puurakenteisena ontelolaattojen ja paikallavaletun teräsbetonilaatan päälle. Lämmöneristeenä yläpohjassa on mineraalivilla. Vesikatto on loivasti sisäänpäin kalistettu ja varustettu sisäpuolisella viemäröinnillä. /56/

Kohteeseen on rakentamisen jälkeen tehty pieniä tilamuutoksia sekä erilaajuisia korjauksia. Isoja korjauksia on tehty muun muassa ulkopuolisen vedenpoiston, perusmuurin kuivatuksen ja vesikaton osalta. Lisäksi 1. kerroksen ikkunoiden alapuolelta on vaihdettu julkisivutiilet, lämmöneristeet sekä puurungot. /56/

### 6.3 Esimerkkikohteen 1 rakenteet

Rakennuksen perusratkaisuna on käytetty valesokkelirakenteellista matalaperustusta, jossa on sokkelihalkaisu ja lämmöneristeenä mineraalivilla. Alapohjarakenteena on maanvarainen betonilaatta. Kantavien seinien kohdalla betonilaatta on vahvistettu, ja siinä kohdassa laatan alapuolella ei ole lämmöneristettä, vaan laatta on kosketuksissa maapohjaan. Yhden tilan lattian rakenneavauksessa tuli vastaan yksi kohta, jossa EPS-eristelevy ja muovi puuttuivat laatan alta. Liikuntasalin osalta alapohjarakenne poikkeaa seuraavassa luettelossa esitetystä rakenteesta siltä osin, että betonin päällä on muovikalvo ja puukoolattu lattia. /56/ Pääsääntöinen alapohjarakenne on kuntotutkimuksessa tehtyjen rakenneavausten mukaan ylhäältä alaspäin lueteltuna seuraavanlainen:

- lattian pintamateriaali: muovimatto, vinyylilaatta, keraaminen laatta, maali
- tasoite 0...2 mm
- verkkoraidoitettu betonilaatta, 75...100 mm
- EPS-eristelevy, 50 mm
- rakennusmuovi, muovin päällä paikoin hiekkaa 5...20 mm
- EPS-eristelevy, 50 mm, ainoastaan ulkoseinäalueilla
- hiekkatäyttö.

Ulkoseinien julkisivuissa on käytetty puu- ja tiiliverhousa, ja sisäverhoukset ovat tiili- ja levyrakenteisia. Kaikki maanvastaiset ulkoseinät ovat sisäpuolelta lämmöneristettyjä pois lukien yhden päädyn seinä. /56/ Ulkoseinärakenteet ovat kuntotutkimuksen mukaan sisältä ulospäin pääsääntöisesti seuraavanlaiset:

Maanvastainen ulkoseinä:

- Kalkkiahiekkatiili, villa 100 mm, betoniseinä, bitumisively, sokkelilevy
- Paikoin seinän alaosissa villan sijasta EPS-eriste

Maanvastainen ulkoseinä luoteispäädyssä piirustusten mukaan

- Teräsbetoniseinä, kylmä- ja kuumabitumisively, EPS-eristelevy 75 mm

Alkuperäiset tiiliverhotut ulkoseinät:

- Kalkkiahiekkatiili, villa 150 mm, punatiili

Korjatut tiiliverhotut ulkoseinät:

- Kalkkiahiekkatiili, villa 100 mm, tuulensuojapinnoitettu lämmöneristelevy 30 mm, ilmaväli, punatiili
- Kalkkiahiekkatiili, ilmaväli 25 mm, suulakepuristettu polystyreenieristelevy 100 mm, ilmaväli 25 mm, punatiili

Puuverhotut ulkoseinät:

- Kuitusementtilevy 10 mm, rakennusmuovi, villa 150 mm, tuulensuojalevy 13 mm, ilmarako 25 mm, puupaneeli

Korjatut puuverhotut ulkoseinät:

- Kuitusementtilevy 10 mm, rakennusmuovi, villa 100 mm, tuulensuojapinnoitettu lämmöneristelevy 30 mm, ilmarako/koolaus 25 mm, puupaneeli 20 mm.

#### **6.4 Esimerkkikohteen 1 havainnot**

Rakennuksessa oli toimiva sadevesi- ja salaojajärjestelmä sekä perusmuurin kosteuseristys. Maanpinnan kaltevuuksissa oli puutteita. Sokkelissa havaittiin ainoastaan vähäisiä ja paikallisia pintavaurioita. Sokkelihalkaisussa ja kivrakenteisten ulkoseinien lämmöneristeessä maanpinnan alapuolisilla osuuksilla oli merkittäviä ja laajoja kosteusvaurioita. Kosteusvauriot johtuvat todennäköisesti alkuperäisen sadevesi- ja salaojajärjestelmän ja perusmuurin kosteuseristysten puutteista tai virheellisyyksistä. /56/

Alapohjassa havaittiin maaperän aiheuttamaa paikallista kosteuspitoisuuden nousua etenkin pilarien ja kantavien betoniseinien vierustoilla tiiviiden lattiapintamateriaalien alla sekä liikuntasalissa. Rakenteessa oleva korkea kosteuspitoisuus oli saattanut syntyä ennen perustusten kuivatukseen liittyviä korjaustoimenpiteitä. Lisäksi liikuntasalin lattian sisäilmaa kylmemmille pinnoille saattaa talvella tiivistyä sisäilman kosteutta. Erityisiä riskialueita ovat lattian reuna-alueet. Alapohjan ja muiden rakenteiden liittymien ilmatiiviydet havaittiin olevan tyydyttäviä. Ilmavuodot vaikuttavat sisäilman laatuun ja epäpuhtauksien kulkeutumiseen. /56/

Kantavien väliseinien alaosissa oli havaittavissa maaperästä johtuvaa kosteuden nousua, ja keittiön väliseinän alaosissa oli paikallisia kosteusvaurioita. Keittiön väliseinän alaosan paikalliset kosteusvauriot johtuivat pesu- ja roiskevesistä. Pesu- ja roiskevesistä syntyy usein tiloissa oleville rakenteille jatkuvaa kosteusrasitusta ja ne saattavat vaurioittaa vedeneristämättömiä rakenteita. Keittiön paikallisesti vaurioitunut väliseinä oli vedeneristämätön tiiliseinä. /56/

Ulkoseinien maanpinnan yläpuolisissa osissa ei yleisesti ollut havaittavissa merkittäviä kosteudesta johtuvia vaurioita. Paikallisia kosteusvaurioita voi kuitenkin olla ikkunoiden alapuolisissa osissa johtuen muun muassa ikkunoiden ja vesipeltien liittymien epätiiviydestä. Ulkoseinissä ilmeni merkittävästi ilmavuotoja. /56/

Yläpohjassa oli viitteitä merkittävistä kosteusvaurioista. Kosteusvauriot johtuvat todennäköisesti useista vanhoista vesivuodoista vesikatteessa. Yläpohjan lämmöneristeitä ja rakenteita ei ole korjattu tai vaihdettu näiden vesivuotojen jälkeen. Vesikaton ja sadevesijärjestelmän vuotojen mahdollisuutta lisäävät vesikatolta puuttuvat ulosheittäjät sekä kattokaivojen riittämätön määrä. Lisäksi viemäriputket olivat liian pieniä, eikä niissä ollut sulanapitokaapeleita. Katolla oli havaittavissa myös epätiivitä liitoksia erilaisten pellityksien osalta ja liian matalia vesieristeen ylösnostoja nykysuositukseen verrattuna. Yläpohjasta esiintyi paikoittaisen ja ajoittaisen alipaineen johdosta ilmavuotoja sisätiloihin joko läpivientien tai ulkoseinien eristetilan kautta. /56/

## 6.5 Esimerkkikohde 2

Toinen esimerkkikohde sijaitsee Länsi-Suomen kaakkoisosissa. Rakennus on yksikerroksinen ja kerrosalaltaan 446 m<sup>2</sup>. Se on rakennettu vuonna 1977. Rakennuksessa on erilaisia päiväkotitoimintaan liittyviä tiloja, sosiaali- ja toimistotiloja, teknisiä- ja varastotiloja ja keittiötila, joka kuitenkin toimii lähinnä vain jakelu-keittiönä. Rakennus on matalaperusteinen, ja sen alapohjarakenteena toimii kantava maanvarainen betonilaatta. Kantavana seinärakenteena on puurunko. Yläpohja ja vesikattorakenteet ovat puurakenteisia. Vesikattona rakennuksessa on bitumikermillä vedeneristetty jyrkkä aumamallinen katto. /56/

Kohteessa on tehty merkittäviä korjauksia rakentamisen jälkeen yhden hoito-osaston tiloissa. Tiloissa on korjattu alapohjaa sekä ulkoseinien alaosa. Lisäksi kahteen hoito-osaston tilaan on lisätty tilakohtaisia tuloilmalaitteita. Rakennuksessa on tehty korjauksia myös saniteettitiloihin ja sen yläpohjaa on lisälämmöneristetty sekä vesikatto uusittu. Korjausten laajuudesta ja toteutuksesta ei saatu tarkempaa tietoa. /56/

## 6.6 Esimerkkikohteen 2 rakenteet

Rakennuksen perustusratkaisuna on maanvastainen betoninen halkaistu sokkeli-palkki, jonka eristeenä on EPS-eristelevy. Perustuksessa ei kuitenkaan ole käytetty valesokkelirakennetta. Kantavien väliseinien kohdalla betonilaatan vahvennuksen alla oli piirustusten mukaan lämmöneriste. /56/ Pääsääntöinen alapohjarakenne on kuntotutkimuksessa tehtyjen rakenneavausten ja rakennesuunnitelmien mukaan ylhäältä alaspäin lueteltuna seuraavanlainen:

- lattiapäällyste
- betonivalu, 50...80 mm
- verkkoraudoitettu teräsbetonilaatta, 150...220 mm
- EPS-eristelevy, 70 mm
- rakennusmuovi
- hiekkatäyttö.

Lisäeristetty alapohjarakenne on rakenneavausten mukaan ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:

- lattiapäällyste
- lastulevy, 22 mm
- EPS-eristelevy 25 mm
- vinyylilaatta, vaalea liima
- betonilaatta, 75 mm
- verkkoraudoitettu teräsbetonilaatta
- EPS-eristelevy 70 mm
- rakennusmuovi
- hiekkatäyttö.

Ulkoseinärakenteet ovat puurunkoisia ja julkisivumateriaalina on tiiliverhous. Ai-noastaan ikkunoiden yläpuoliset osat ovat puupaneloituja. Sisäverhous on lastulevyä. /56/ Ulkoseinärakenteet ovat kuntotutkimuksen mukaan sisältä ulospäin seuraavanlaiset:

- lastulevy, 12 mm
- rakennusmuovi ilman- ja höyrynsulkuna, 0,2 mm
- puurunko / mineraalivillaeriste, 100 mm
- puukoolaus / mineraalivillaeriste 50 mm
- kuitusementtilevy tuulensuojalevynä, 4 mm
- ilmarako, ~25 mm, osin tukkeutunut muurauslaastista
- tiiliverhous.

Yläpohja on puurakenteinen ja räystäältään tuulettuva. Alkuperäisenä lämmöneristeinä on käytetty mineraalivillaa, ja yläpohjaa on myöhemmin lisälämmöneristetty puhallusvillalla. /56/ Rakenneavausten mukainen yläpohja on ylhäältä alaspäin seuraavanlainen:

- bitumikermi, ei tietoa kermien määrästä
- umpilaudoitus
- kattoristikot
- puukuitueriste lisälämmöneristeinä, noin 150 mm
- mineraalivillalevy, 200 mm
- rakennusmuovi ilman- ja höyrynsulkuna, 0,2 mm
- harvalaudoitus, 22 mm x 100 mm, k300 mm
- rakennuslevy tai akustolevy.

## 6.7 Esimerkkikohteen 2 havainnot

Rakennuksessa näytti olevan vanha sadevesi- ja salaojajärjestelmä, joka vaikutti toimivan, mutta siitä ei voitu täysin varmistua, koska kuntotutkimus suoritettiin talvella. Perusmuurin kosteuseristystä ei ollut, ja maanpinnan kaltevuuksissa oli osittaisia puutteita. Sokkelin ulkopuolella havaittiin kosteuden aiheuttamia pinnallisia vaurioita. /56/

Alkuperäisissä alapohjissa havaittiin kosteuden siirtymistä diffuusiolla ja tästä johtuvaa kosteuspuutteen lievää kohoamista monessa eri tilassa. Tämän ei kuitenkaan havaittu aiheuttavan haittaa. Lisälämmöneristetyissä lattioissa ei ollut haittaavaa kosteuden nousua, vaikka rakenteen kuivumiskyky oli heikentynyt, johtuen vanhan lattiamateriaalin päälle lisätyistä huonosti vesihöyryä läpäisevistä materiaaleista. Pesutilojen lattioissa oli paikallisia kosteusvaurioita, jotka olivat syntyneet lattian pintamateriaalin epätiiviykskohdista. Ilmavuotoja ei ilmennyt alapohjarakenteen kautta. /56/

Ulko- ja väliseinien alaohjauspuun alla oli käytetty bitumikermikaistaa estämään kosteuden nousua rakenteeseen, eikä alaohjauspuissa havaittu vaurioita. Ulkoseinien lämmöneristeestä otetuista materiaalinäytteistä ei ilmennyt mikrobivaurioitumista. Aiemmin korjattujen seinien alaohjauspuiden kosteusvaurioituminen ja sen merkittävyys jäi epäselväksi. Ikkunoiden vesipeltien kaltevuuksissa ja niiden liittymien tiiviydessä oli puutteita. Ikkunoiden alareunat olivat enimmäkseen suojassa sadevedeltä johtuen rakennuksen mataluudesta ja leveistä räystäistä. Ilmavuotoja ulkoseinärakenteessa oli merkittävästi. /56/

Vesikatossa ja yläpohjassa ei ollut yleisesti havaittavissa kosteusvaurioitumista. Ainoastaan yhden läpiviennin kohdalla oli havaittavissa vuotokohta ja ulkokatoksien puisissa kattorakenteissa oli kosteudesta aiheutuneita lahovaurioita. Ilmavuotoja oli yläpohjassa merkittävästi johtuen epätiiviyksistä höyrynsulusta. /56/

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyössä selvitettiin päiväkotirakennusten rakentamista, niiden rakenteellisia kosteusvaurioherkkyyksiä sekä niihin liittyvien kosteusvaurioiden syitä ja seurauksia. Työssä selvisi, että päiväkotirakennusten määrä on kasvanut 1960–1980-luvuilla huomattavasti enemmän kuin aiemmilla vuosikymmenillä ja rakentaminen on ollut määrällisesti suurinta 1980-luvulla. Rakentamiseen vaikuttanut hyvä rakennustapa oli 1960–1980-luvuilla tulkinnanvarainen ja suurpiirteinen. Lisäksi kävi ilmi, että hyvään rakentamistapaan kuuluvat ohjeet olivat ristiriitaisia. Osa 1960–1980-lukujen hyvän rakennustavan mukaisista rakenneratkaisuista on nykytietämyksen mukaan kosteustekniseltä toiminnaltaan virheellisiä.

Virheelliset rakenneratkaisut ovat herkempiä kosteusvaurioitumaan kuin virheettömät rakenneratkaisut. Tietyt perustamistavat kuten maanvaraiset alapohjat, maanvastaiset seinät, väliseinien alaosat, ulkoseinätyypit, yläpohjat ja vesikatot ovat kosteudelle vaurioherkkiä rakenteita. Valesokkelirakenteellisen ulkoseinän sisäpuolinen alaosa on yksi herkimmistä rakenteista kosteusvaurioitumaan. Yleisesti kosteusvaurioherkille rakenteille voidaan pitää yhteisinä tekijöinä maaperän kosketusta rakenteeseen, kapillaarikatkon puuttumista väli- ja ulkoseinien alta, rakenteen epätiiviyttä ulko- ja sisäpintoja sekä tuulettumattomia rakenteita, joissa on käytetty lämmöneristeenä mineraalivillaa. Lisäksi tietyissä tapauksissa alapohjan lattian tai maanvastaisen seinän liian tiivis pintamateriaali lisää rakenteen kosteusvaurioherkkyyttä. Yläpohjan heikko lämmöneristys ja ilmavuodot edistävät osaltaan kosteusvaurioitumisen syntymistä yläpohjassa sekä vesikatolla. Vesikatotojen sauma- ja liitoskohdat ovat herkkiä vaurioitumaan ja niiden kautta tullut vesi aiheuttaa kosteusvaurioita myös yläpohjaan. Rakennuksen huono ilmatiiviys vaikuttaa merkittävästi rakennuksen sisäilman laatuun.

Kosteusvaurioherkkyys on vähäistä rakenteissa, joissa ei ole käytetty sokkelihal- kaisua sekä joissa ulko- ja sisäpinnat ovat tiiviitä ja rakenne on tuulettuva. Kosteusvaurioherkkyyttä alapohjassa vähentää betonilaatan alla lämmöneristeenä käytetty kevytsora, polystyreeni tai solupolystyreeni sekä vesihöyryä läpäisevä lattian pintamateriaali. Lisäksi väli- ja ulkoseinissä, joissa kosteuden siirtyminen toiseen

rakenteeseen on katkaistu kapillaarikatkolla, ei havaittu rakenteen kosteusvaurioitumista. Rakenne, josta ei löytynyt kosteusvaurioita ollenkaan, oli kivirakenteinen tuulettuva alapohja. Tuulettuvan alapohjan osalta kosteusvaurioita ja sisäilmaa haittaavia tekijöitä löytyi ainoastaan ryömintätilasta.

Huomionarvoista oli, että vaikka rakennuksessa oli käytetty rakenteita, jotka olivat kosteuden vaikutuksesta herkkiä vaurioitumaan, voivat ne olla myös vaurioitumattomia. Ei siis ole itsestään selvää, että rakenteessa on vaurioita. Rakennuksissa oli niiden kosteus- ja sisäilmateknistä toimintaa heikentäviä ilmavuotoja määrällisesti enemmän kuin kosteusvaurioita. Merkittäviä ilmavuotoja löytyi lähes jokaisesta rakennuksesta. Kosteudelle vaurioherkät rakenneratkaisut eivät kuitenkaan aina yksistään selitä ja ole osallisena kosteusvaurioiden synnyssä. Yhtä lailla rakennuksen rakentamisen, kosteudenhallinnan sekä koko sen elinkaaren aikaiset tapahtumat saattavat aiheuttaa kosteusvaurioita. Kosteusvauriot aiheuttavat suuria rasitteita rakennukselle, ihmisille ja kansantaloudelle. Lisäksi rakennuksen korjaaminen tai uuden rakentaminen kuluttavat luonnonvaroja.

Tutkimuksen hankaluutena oli löytää 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotirakennusten tyypillisiä kosteusvaurioherkkiä rakenteita, koska aiheesta ei ollut löydettävissä aiempaa tutkimusta. Kuntotutkimusraporttien avulla tapahtuvaa tarkastelua rakenteiden kosteusvaurioherkkyyksistä olisi voinut olla enemmän, jotta tulosten luotettavuus olisi lisääntynyt. Lisäksi tulosten luotettavuutta saattaa jonkin verran heikentää raporttien tutkijana toimineen opinnäytetyön tekijän kokemattomuus raporttien perusteella tehtävään kosteusvaurion merkittävyyden luokiteluun.

Kokonaisuutena tutkimusta voidaan pitää onnistuneena ja odotusten mukaisena. Kosteudelle vaurioherkät rakenteet löytyivät yleisistä lähteistä samoin kuin esimerkkikohteista, ja näissä oli odotetusti vaurioita. Tutkimuksessa selvisi vaurioiden aiheuttajia ja vaurioitumisen seurauksia sekä päiväkotirakennusten määriä eri vuosikymmenillä. Kunnallisten päiväkotirakennusten suuri rakennuskanta 1960–1980-luvuilla selittää osaltaan kosteusvaurioiden laajaa esiintyvyyttä.

Opinnäytetyön tekijä sai yleistiedon lisäksi uutta näkökulmaa rakennuksissa olevien merkittävien ilmapuotojen yleisyydestä ja niiden tärkeydestä muun muassa hyvän sisäilman hallinnassa sekä rakentamisesta ja käytetyistä rakenteista 1960–1980-luvuilla. Hyvän kokemuksen ja kokonaisymmärryksen lisääntymisen lisäksi työn etuna oli pääseminen mukaan Vahanen Rakennusfysiikka Oy:n toimintaan. Toimeksiantaja voi käyttää opinnäytetyötä 1960–1980-luvuilla rakennettujen päiväkotirakennusten kosteus- ja sisäilmateknisten kuntotutkimuksien apuna. Työtä voi käyttää apuna myös jokainen, joka on kiinnostunut vanhojen rakenteiden kosteusvaurioherkkyydestä sekä kosteusvaurioiden syistä ja seurauksista.

## LÄHTEET

- /1/ Vahanan-yhtiöt. Verkkosivut. Viitattu 9.2.2014.  
<https://vahanen.com/fi/vahanen/>
- /2/ Hänninen, S., Valli, S. 1986. Suomen lastentarhatyön ja varhaiskasvatuksen historia. Helsinki. Otava.
- /3/ Lasten päivähoitolaitostoimikunta. 1967. Lasten päivähoitolaitostoimikunnan mietintö: Periaatemietintö lasten päivähoitolaitostoiminnasta ja lastentarhanopettajien koulutuksesta. Helsinki.
- /4/ Laakso, S. 2012. Helsingin seudun ja Helsingin väestökehitys. Helsingin kaupunki. Kaupunkisuunnitteluvirasto. Viitattu 21.1.2019.  
[https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos\\_2012-3.pdf](https://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/yos_2012-3.pdf)
- /5/ Saarinen, S. 2016. Koulukadun päiväkodit ja moderni päiväkotiarkkitehtuuri Turussa 1970- ja 1980-luvuilla. Viitattu 20.1.2019.  
[http://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//koulukadun\\_paivakodit\\_ja\\_moderni\\_paivakotiarkkitehtuuri\\_turussa\\_1970-\\_ja\\_1980-luvuilla.pdf](http://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//koulukadun_paivakodit_ja_moderni_paivakotiarkkitehtuuri_turussa_1970-_ja_1980-luvuilla.pdf)
- /6/ Lith, P. 2018. Raportti lasten päivähoidon asiakkaista, palveluntuottajista, markkinoista ja kiinteistöistä tilastojen valossa. Liite 1; Lasten päivähoidon rakennukset. Viitattu 21.1.2019. <https://www.hyvinvointiala.fi/wp-content/uploads/2418/09/hyvinvointialavarhaiskasvatusny.pdf>
- /7/ Avoin data.fi. Helsinki. Väestö. 2018. Viitattu 24.1.2019.  
[https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisut/pdf/23\\_01\\_07\\_tilastollinen\\_vuosikirja2018.pdf](https://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisut/pdf/23_01_07_tilastollinen_vuosikirja2018.pdf)
- /8/ Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat, työssäkäynti. Tilastokeskuksen verkkosivut. Viitattu 24.1.2019.  
[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_vrm\\_\\_tyokay/](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__vrm__tyokay/)
- /9/ Tilastokeskuksen verkkosivut, väestö. Viitattu 24.1.2019.  
[http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_vaesto.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto.html)
- /10/ Jääskeläinen, L., Syrjänen O. 2010. Maankäyttö- ja rakennuslaki selityksiin. Käytännön käsikirja. 3. uud. painos. Helsinki. Rakennustieto.
- /11/ L. 26.6.1959/266. Rakennusasetus. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 17.1.2019.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2359/23590266#Pidp447689232>
- /12/ L. 16.8.1958/370. Rakennuslaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 17.1.2019.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2358/23580370#Lidp447756048>

/13/ L. 5.2.1999/172. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Säädos säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 19.1.2019.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2399/23990132>

/14/ HE 101/2398. Hallituksen esitys Eduskunnalle rakennuslainsäädännön julkistamiseksi. Säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 13.3. 2019.

<https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2398/23980101>

/15/ Palo, M., Linnainmaa, L. 2002. Asuntokaupan virheet ja vastuut oikeuskäytännössä. Helsinki. Kiinteistöalan kustannus.

/16/ HE 14/2394. Hallituksen esitys Eduskunnalle asuntokauppaa koskevaksi lainsäädännöksi. Säädöstietopankki Finlexin sivuilla. Viitattu 22.1. 2019.

<https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2394/23940014>

/17/ Laine, J. 1993. Rakennusvirheistä. Helsinki. Rakennustieto.

/18/ Rudanko, M. 1989. Rakennuttajan myötävaikutushäiriöistä rakennusurakassa. Helsinki. Suomalainen lakimiesyhdistys. Akateeminen kirjakauppa, jakaja.

/19/ Huuhtanen, J. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennustieto. Viitattu 18.1.2019.

<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020103.pdf>

/20/ Suomen rakentamismääräyskokoelma, Veden- ja kosteudeneristys, Määräykset C2, 1976. (kumottu). Säädos säädöstietopankki Edilexin sivuilla. Viitattu 20.1.2019. <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset/kumotut#f>

/21/ Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1981, RYL-81. Helsinki. Rakennuskirja.

/22/ Liuksiala, A. 2014. Rakennussopimukset. 7. uud. painos. Helsinki. Rakennustieto.

/23/ Rakennustieto. Verkkosivut. Viitattu 20.1.2019.

<https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto/historia.html>

/24/ Päiväkodintoimitilojen suunnittelu. 1980. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT STM/SH-20380. Viitattu 20.1.2019.

<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>

/25/ Pirinen, J. 1999. Hyvän rakentamistavan mukainen pientalojen kosteuden hallinta eri vuosikymmeninä. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere.

/26/ Tampereen Rakennusinsinöörit- ja arkkitehdit RIA ry. verkkosivut. Viitattu 20.1.2019.

[http://www.tamria.fi/jasenyys/jasenyhdistykset/tampereen\\_ria/yhdistys/yhdistyksen\\_historiaa](http://www.tamria.fi/jasenyys/jasenyhdistykset/tampereen_ria/yhdistys/yhdistyksen_historiaa)

/27/ 1979. Rakennekirja 1979. Helsinki. Partek.

- /28/ Pitkäranta, M. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Helsinki. Viitattu 26.2.2019.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>
- /29/ Tikkanen, E. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Helsinki. Rakennustieto.
- /30/ Björkholtz, D. 1997. Lämpö ja kosteus: Rakennusfysiikka. 2. painos. Helsinki. Rakennustieto.
- /31/ Leivo, V., Rantala, J. 2006. Maanvastaisten alapohjarakenteiden lämpö ja kosteus. Helsinki. Rakennusteollisuuden kustannus RTK.
- /32/ Rakennuksen korjaus ja mikrobivauriot. 1999. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. RT 80-10712 / KH 92-00278. Viitattu 29.1.2019.  
<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>
- /33/ Heljo, J., Vinha, J. 2014. Rakennusfysiikka: 1, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- /34/ Kuurola, P. 2015. Ilmanvaihtolaitteiston aiheuttama paine-ero rakennuksen ulkovaipan yli. Tampere. Diplomityö. Verkkojulkaisu. Viitattu 2.3.2019  
<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/163456789/9984/kuurola.pdf?...4...>
- /35/ Asikainen, V., Peltola, S. 2008. Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Helsinki. Opetushallitus.
- /36/ Järnström, H. 2005. Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOC-emissiot sisäilmaongelmatapauksissa. Espoo. VTT verkkojulkaisu. Viitattu 3.3.2019.  
<https://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2405/P571.pdf>
- /37/ Jokiranta, K. 1999. Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille. Espoo. SIY Sisäilmatieto.
- /38/ Kosteus- ja homevaurioista oireileva potilas. 2017. Käypähoito -suositus. Duodecim. Verkkojulkaisu. Viitattu 5.2.2019.  
<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituks/suositus?id=hoi50111>
- /39/ Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E., Reiman, M. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Helsinki. Eduskunnan tarkastusvaliokunta. Verkkojulkaisu. Viitattu 5.2.2019.  
[https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj\\_1+2012.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/tietoeduskunnasta/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf)
- /40/ Perustus maanvaraisalapohjaisissa rakennuksissa. 1957. RT 817.11, Perustus pientalon perusmuuri ja maanvarainen laatta. 1972. RT 817.13. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. Viitattu 13.2.2019.  
<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>

/41/ RIL. 1989. Korjausrakentamisen täydennyskoulutusohjelma I-VI: Osa 1, Korjausrakentaminen, perusteet ja mahdollisuudet. Helsinki. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.

/42/ Valesokkeli. 2016. FISE, Rakennusvirhepankki. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.2.2019.  
<https://fise.fi/wp-content/uploads/2416/16/RVP-S-RF-62-Valesokkelirakenne-221216.pdf>

/43/ Tunnista ja tutki riskirakenne. 2012. Hometalkoot.fi. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.2.2019.  
<http://uutiset.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua/tunnista-ja-tutki-riskirakenne-opetusmateriaali.html>

/44/ Maanvaraisalapohjat ilman lattialämmitystä. 1957. RT 839.12. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. Viitattu 14.2.2019.  
<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>

/45/ Kellarinseinä betonireikätiilestä. 1961. RT 813.511. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. Viitattu 21.2.2019.  
<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>

/46/ Lattiasienivauriot. 1981. RT 08-10132. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. Viitattu 22.2.2019.  
<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>

/47/ Seinätyyppejä, Tiili-, asuinrakennusten. 1965. RT 823.101. Rakennustieto Oy. RT-Net palvelu. Viitattu 22.2.2019.  
<https://rt.rakennustieto.fi/verkkopalvelut/rt-kortisto>

/48/ Rakennushallitus. & Nissinen, P. 1980. Rakennetyypit. Helsinki. Rakennushallitus.

/49/ Koiso-Kanttila, E., Palmqvist, P., Kauppila, V. 1977. Rakennustekniikan käsikirja: [6], Pääjakso 4. Talonrakennustekniikka. 2. osa. Helsinki. Tammi.

/50/ Koulurakennus.fi. Verkkosivut. Viitattu 25.2.2019  
<http://www.koulurakennus.fi/index>

/51/ Toimivat katot. 2013. Kattoliitto. Verkkojulkaisu.  
[http://www.kattoliitto.fi/files/504/Toimivat\\_Katot\\_2013\\_reduced\\_size\\_.pdf](http://www.kattoliitto.fi/files/504/Toimivat_Katot_2013_reduced_size_.pdf)

/52/ Kokko, E. 1999. Kosteus rakentamisessa. RakMK C2 opas. Helsinki. Ympäristöministeriö.

/53/ Åström, G. 2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

/54/ Ruokojoki, J., Mynttinen, M. 2000. Kosteus- ja homevaurioiden määrä ja syyt kuntien julkisissa rakennuksissa. Helsinki. Suomen kuntaliitto.

/55/ Ruokojoki, J. 2006. Kosteus- ja homevaurioiden määrä ja syyt kuntien julkisissa rakennuksissa. Verkkojulkaisu. Viitattu 16.3.2019  
[shop.kuntaliitto.fi/download.php?filename=uploads/p060608140541D.pdf](http://shop.kuntaliitto.fi/download.php?filename=uploads/p060608140541D.pdf)

/56/ Vahanen Rakennusfysiikka Oy. Päiväkotien kosteus- ja sisäilmatekniset raportit.