

MAANVARAINEN ALAPOHJA 1940-LUVUN PIENTALOSSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)

Kevät 2020

Ismo Kirves

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri (AMK)
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Tekijä	Ismo Kirves	Vuosi 2020
Työn nimi	Maanvarainen alapohja 1940-luvun pientalossa	
Työn ohjaaja	Anssi Knuutila, lehtori Markus Heinonen, Granlund Oy Juhani Aalto, Granlund Oy	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui oman kiinnostuksen perusteella pientalojen alapohjarakenteet. Opinnäytetyössä perehdyttiin historiaselvityksen avulla pientalojen maanvaraisten alapohjien kehitysvaiheisiin ja niiden ongelmallisiksi havaittuihin rakenneratkaisuihin. Puu- ja betonirakenteisen alapohjarakenteen toimintaperiaatetta selvitettiin rakennusfysikaalisessa teoriaosuudessa. Korjausrakentamisen parissa työskentelevien on hyvä tunnistaa eri alapohjarakenteita ja sisäilmastoon vaikuttavia tekijöitä.

Opinnäytetyössä tutkittiin ja analysoitiin tarkemmin yhden 1940-luvun pientalon maanvarainen alapohja. Tämän tyyppisen alapohjarakenteen tiedettiin olevan riskirakenne ja se valikoitui siksi tämän työn tutkimuskohteeksi. Tutkimukseen sisältyi paikan päällä tehtyjä mittauksia ja rakennearvaus yhdistettynä laskennallisiin tarkasteluihin. Tällä yhdistelmämenetelmällä rakenteen kosteustekninen arviointi parani verrattuna pelkästään yhdellä tavalla tehtyyn arviointiin.

Tutkimusten ja laskelmien lopputuloksena saatiin kaksi eri luonnostelmaa korjausehdotuksiksi. Tarkemmat korjaussuunnitelmat ja tarkan kustannusarvion tekeminen olisivat vaatineet laajempia tutkimuksia.

Avainsanat alapohja, pientalo, rakennusfysiikka

Sivut 79 sivua

Degree Programme in Construction Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Ismo Kirves	Year 2020
Subject	Ground supported floor in a low-rise house from the 1940s	
Supervisors	Anssi Knuutila, lecturer Markus Heinonen, Granlund Oy Juhani Aalto, Granlund Oy	

ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's thesis was to examine ground supported floor constructions and foundations in low-rise houses. The thesis examines the development stages of ground supported slabs in low-rise houses and their problematic building structures. The functioning principle of wooden and concrete base floors were discussed from the point of view of the building physics. It is important for those who are working with renovation to identify the different base floor structures and the factors affecting the indoor climate.

The thesis investigated and analysed one ground supported floor repair case in a detached house from the 1940s. The examination included in situ measurements and one structural opening. The results obtained from these examinations were supplemented by two different building physics calculations carried out with computer software. This combination of methods gave more accurate results compared to examination carried out with only one method.

As a result of the studies and calculations two different repair drafts were established. More accurate information can be obtained from repair plans based on building assessments and surveys of the building including total building costs when estimating the profitability of repairs.

Keywords ground supported floor, base floor, low-rise house, building physics

Pages 79 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ALAPOHJAT	2
2.1	Alapohjarakenteet.....	2
2.2	Alapohjat 1800-luvun lopulta 1980-luvulle.....	3
2.3	Rakentamisen ohjaus 1930 – 1970	4
2.4	Maanvaraiset alapohjat 1920 – 1980.....	5
2.5	Maanvaraisten alapohjien riskirakenteita ja riskitekijöitä pientaloissa	10
2.5.1	Valesokkeli	11
2.5.2	Sadevedet	12
2.5.3	Purkujätteet.....	12
2.5.4	Lattiasieni.....	12
2.5.5	Putkivuodot	12
3	SISÄILMASTO	13
3.1	Ilmanvaihdon merkitys.....	13
3.2	Sisäilmahaitat	14
3.3	Vaurioiden terveydellinen merkitys.....	19
3.4	Vaurioiden taloudellinen merkitys.....	20
4	MAAVARAISTEN ALAPOHJIEN RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTAPERIAATE.....	20
4.1	Sateen vaikutus	21
4.2	Pohjavesi	22
4.3	Kapillaarisuus.....	23
4.4	Ilman vesihöyry	24
4.5	Kosteuden tiivistyminen.....	25
4.6	Kosteuskapasiteetti	26
4.7	Kosteuden siirtyminen diffuusiolla	26
4.8	Kosteuden siirtyminen konvektiolla.....	27
4.9	Lämmönsiirtyminen johtumalla	28
4.10	Lämpökapasiteetti.....	28
4.11	Lämmöneristys betonilaatan alla	29
4.12	Lämmöneristys betonilaatan päällä	29
4.13	Maan lämpöolosuhteet.....	30
5	KORJAUSSUUNNITTELU	32
5.1	Suunnittelun ohjaus	32
5.2	Suunnittelun vaatimukset	34
5.2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki	34
5.2.2	Asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta.....	36
5.2.3	Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden soveltamisohje	37
5.2.4	Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausohje	37
5.3	Ilmanvaihdon suunnittelu korjauskohteeseen	37

6	ESIMERKKIKOHTTEEN ALAPOHJAN KORJAUSVAIHTOEHTOJEN TARKASTELU	38
6.1	Rakenteiden tutkimukset	38
6.2	Lattian eristetilän kosteus	39
6.3	Rakenteiden avaus ja analysointi	44
6.4	Alapohjalaatan ja alustäytön kosteus	46
6.4.1	Betonilaatan kosteus	46
6.4.2	Laatan alapuolinen maa	47
6.4.3	Materiaalinäyte	48
6.5	Alapohjan sisäisen lämpötila- ja kosteusjakauman tarkastelu mikrobiriskin kannalta	49
6.5.1	Rakenteen suhteellisen kosteuden jakauman laskelma	50
6.5.2	Alapohjaan liittyvän seinän tarkastelu DOF-Lämpö-ohjelmalla	55
6.5.3	Rakenteen lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan tarkastelu ajasta riippuvalla laskennalla	56
6.5.4	Laskennan tulokset lattian reuna-alueella 0–0,5 m ulkoseinälinjasta ..	58
6.5.5	Laskennan tulokset lattian reuna-alueella 0,5–1,5 m ulkoseinälinjasta	60
6.5.6	Laskennan tulokset lattian keskialueella	60
6.6	Tutkimusten perusteella tehtävät päätelmät	61
6.7	Korjattavat rakenteet	63
6.7.1	Määrittely käyttöiän perusteella	63
6.7.2	Määrittely tutkimusten perusteella	63
6.8	Korjaustavat ja suunniteltu käyttöikä	63
6.9	Rakenteen korjausvaihtoehdot	65
6.9.1	Rakenne uusitaan kokonaan	65
6.9.2	Rakenne uusitaan osittain	67
6.9.3	Rakenteen ilmatiiviyyden parantaminen	68
7	POHDINNAT	69
7.1	Tutkimuksen virhetekijöitä	69
7.2	Tutkimusten määrän vaikutus korjaussuunnitelmien laajuuteen	70
7.3	Korjaus- ja muutostöiden energiatehokkuus	71
7.4	Korjausvaihtoehtojen taloudellinen vertailu	71
8	YHTEENVETO	73
	LÄHTEET	74

1 JOHDANTO

Rakennukset ovat oman aikakautensa edustajia rakenneratkaisuineen. Rakennusten sisäilmaongelmat ovat viime vuosina nousseet esille monella eri taholla. Alapohjat ovat yksi sisäilmaongelmien aiheuttaja rakennuksissa. Monet aiemmin rakennetut maanvaraiset alapohjarakenteet ovat myöhemmin osoittautuneet riskirakenteiksi ja niihin on voinut tulla mikrobivaurioita ajan saatossa, jos mikrobeille sopivat lämpötila- ja kosteusolosuhteiden ehdot täyttyvät vuosittain.

Opinnäytetyön kiinnostuksen kohteena oli selvittää maanvaraisen alapohjarakenteen kehitysvaiheet. Historiaselvitys on tehty 1990-luvun alkuun asti, jolloin RT-kortiston alapohjien tyyppirakenteisiin tehtiin muutoksia rakennusfysikaalisesti toimivampiin ratkaisuihin. Työssä perehdytään tarkemmin yhden esimerkkitapauksen avulla 1940-luvun alussa rakennetun hirsirunkoisen rakennuksen alapohjaan ja sen rakennusfysikaaliseen toimivuuteen. Rakennusfysikaaliset käsitteet esitellään alapohjan näkökulmasta. Rakennus on rakenteiltaan alkuperäisessä kunnossa ja peruskorjauksia ei ole vielä tehty. Alapohjan elinkaari on lopussa ja sen perusteella siihen tulee kohdistaa korjaustoimenpiteitä lähivuosina.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten alapohja on toiminut elinkaarensa aikana ja millä tavalla se korjattaisiin. Erityisesti pyritään selvittämään, pystyykö tarvittavan korjauksen laajuutta suunnittelemaan kosteusmittauksilla ja pienimuotoisella rakenneavauksella. Pohdittavana on sopivan korjauslaajuuden ja korjaustavan määrittäminen. Työssä käydään läpi kunto- ja korjaustarpeet sekä kosteus- ja homevauriokorjausten suunnitteluun liittyviä lainsäädännöllisiä asioita. Työ tuo apua vastaavantyyppisten rakennusten alapohjarakenteiden kuntotutkimukseen ja korjaussuunnitteluun.

Esimerkkikohteen alapohjan ja ulkoseinäliittymän rakennustapa ja rakennustekninen kunto selvitettiin rakenneavauksella. Alapohjan eristetilasta mitattiin suhteellisia kosteuksia puolen vuoden ajan nykyisen kosteusteknisen toimivuuden selvittämiseksi. Alapohjan kosteusteknisen toiminnan ja toimintaperiaatteen selvittämiseksi tehtiin kosteusmittauksia ja rakennusfysikaalisia laskelmia. Alapohjalaatan alta selvitettiin täytteenä käytetyn maa-aineksen ominaisuudet. Alapohjan eristeestä otettiin materiaalinäyte sen mahdollisen mikrobikasvun toteamiseksi.

Alapohjasta tehtiin korjausehdotus ja luonnostason korjaussuunnitelma. Uusittavien rakenteiden rakennusfysikaalinen toimivuus tulee tarkastella erikseen.

2 ALAPOHJAT

2.1 Alapohjarakenteet

Rakennuksen alapohja voidaan toteuttaa maanvaraisena tai ryömintätillaisena alapohjana. Kantavilla maapohjilla maanvarainen laatta voi olla valettu perustusten sisäpuolelle tiivistettyjen kiviainekerrosten päälle, jolloin se on irti reunoista. Laatan kosteus- ja lämpöeläminen on mahdollista ilman, että se aiheuttaa muille rakenteille pakkovoimia. Maanvarainen laatta tehdään kantavaksi heikosti kantavilla maapohjilla. Silloin se tukeutuu kantavaan perusmuuriin reunoiltaan tai laatta on tehty yhtenäisenä valuna perusmuurin kanssa, jolloin käytetään termiä reunavahvistettu laatta. Maanvaraisen laatan ja anturoiden alla on kapillaarikatkoksi tarkoitettu kiviaineskerros, lämmöneristys ja radon alueilla radonputkitus. (RT 83-11009, 2010, ss. 2-3; RT 81-10486, 1992, ss. 4-6)

Maanvaraisessa alapohjassa betonilaatta on valettu maata vasten. Rakentamisajankohdasta riippuen laatan alla on lämmöneriste tai se voi olla ilman lämmöneristettä. Maanvaraisen betonilaatan päälle on voitu tehdä puukoolattu lattia lämmöneristeineen tai kelluva betonilaatta lämmöneristeineen. (RT 83-11009, 2010, s. 22; RT 839.12, 1957, s. 2)

Ryömintä- eli tuuletustilallinen alapohja on aina kantava. Ryömintätillaiseen alapohjaan tehdään painovoimainen tai koneellinen tuuletus, jolloin maaperästä tuleva radon ja kosteus saadaan poistettua ennen varsinaista alapohjarakennetta. Tuulettavana rakenteena sen lämmöneristävyys on huonompi verrattuna maanvaraiseen rakenteeseen. Pyrittäessä nyky määräysten mukaiseen lämmöneristävyyteen, ryömintätillaisen betonirakenteen alapintaan tarvitaan suurempi eristemäärä maanvaraiseen verrattuna. Samoin routaeristeitä tarvitaan enemmän ulkopuolelle ja joissain tapauksissa sisäpuolelle. (RT 81-10854, 2005, ss. 2-4, s. 8)

Kantavana rakenteena ovat puupalkit tai erityyppiset betonilaatat tai betoninen ontelolaatta. Puupalkkien välissä on lämmöneriste. Betonisten laattojen lämmöneriste on joko kantavan laatan alla tai päällä, jolloin lämmöneristeen päällä on vielä pintalaatta. (RT 83-11009, 2010, ss. 4-17, ss. 23-28)

Ryömintätillaisen alapohjan viemärit ja vesijohdot ovat huollettavissa toisin kuin maanvaraisen laatan yhteydessä. Heikosti kantavilla mailla maanvaraisen laatan alle laitettavat viemäriputkitukset kannatetaan laatan pohjasta vähintään ruostumattomasta teräksestä tehdyillä kannakkeilla. Ryömintätilan korkeus tulee olla putkistojen kohdalla vähintään 1,2 m, jotta siellä pystyy liikkumaan (RT 83-11009, 2010, s. 4). Kosteuden tasaantumisen kannalta korkeudesta on myös hyötyä. Ryömintätilan pohjalle asennetaan kapillaarikatkokosepeli ja lämmöneriste estämään kosteuden nousua maasta. Lämmöneristeenä käytetään kevytsoraa tai vettymätöntä eriste-

levyä. Alkukesästä, kun ryömintätila on vielä viileä talven jäljiltä, lämmöneriste eristää ryömintätilaan kosteutta tuovan lämpimän ulkoilman kylmästä maaperästä ja vähentää siten kondensoitumisen riskiä. Eristeen ansiosta ryömintätila lämpenee nopeammin ulkoilman lämpötilaan. (Puuinfo, 2011)

Alapohjarakenteet suunnitellaan niin, että ne täyttävät rakennuksen vaipan lämmöneristykselle asetetut vaatimukset ja rakennuksen paloluokan mukaiset vaatimukset. Rakennuksen vaipan tulee täyttää ääneneristykselle asetetut vaatimukset. Tontin ja rakennuspohjan kuivatus sekä alapohjarakenteet, niiden liittymät ja ryömintätila suunnitellaan niin, ettei kosteus pääse vaurioittamaan rakenteita. Alapohjan ilman- ja höyryntiiveydestä ja kaikkien läpivientien tiiveydestä huolehditaan. (RT 83-11009, 2010, ss. 2-3)

2.2 Alapohjat 1800-luvun lopulta 1980-luvulle

Suomalaisissa rakennuksissa puurakenteiset ryömintätilaiset alapohjat ovat olleet käytössä pitkään. Maaseudun hirsirakennuksissa käytettiin vielä 1900-luvun alussa jonkin verran multapenkkialapohjia, mutta yleisimmin käytettiin tuulettuvia alapohjia eli rossipohjia. 1920–30-lukujen rossipohjista puhutaan sen ajan kirjallisuudessa usein täytepohjina (Maa, 1924, s. 301; Valtionrautatiet, 1930, s. 34). Kaupunkien puu- ja tiilirunkoisissa rakennuksissa rossialapohjia käytettiin jo 1800-luvulla. Maanvaraisen laatan päälle koolatut puulattiat olivat harvinaisia 1900-luvun alussa.

1900-luvun alusta lähtien, kun arkkitehtien ja rakennusmestarien toiminta alkoi kehittyä, ilmestyi rakentamiseen enemmän kirjallisia julkaisuja: Rakennustaito- ja Arkkitehti-lehdet. Niiden avulla tietyt rakenneratkaisut yleistyivät. Rakenteet vakiintuivat, kun rakennustietokortiston laadinta aloitettiin vuonna 1942 ja ensimmäiset kortit ilmestyivät vuonna 1943. Kortiston tarkoituksena oli standardoida rakennustuotteet, rakennusosat, hyvän rakentamistavan mukaiset työmenetelmät, suunnittelu, mitoitus ja laskentaohjeet. (Lappalainen, 2002)

Rautateiden rakentamisen myötä arkkitehtien suunnittelemat ja Valtion rautateiden rakennuttamat puutalot levisivät ympäri Suomen. Samalla levisivät myös uudet koristeellisemmat puurakennustyylit. Näissä rautateiden hirsirakennuksissa oli päänsääntöisesti tuulettuvat alapohjat alusta asti (Jokelainen, 2005, ss. 57–61, s. 98). Museoviraston julkaisussa, Suomen rautatieasemat vuosina 1857–1920, esitettyjen piirustusten perusteella voi päätellä, että rautateiden rakennukset rakennettiin vahvoille kiviperustuksille ja niissä oli rossipohjat (Valanto, 1982, s. 15). Jokelaisen mukaan asemissa oli hirsikehästä irrallinen rakenne, jota oli käytetty yleisesti aina 1920-luvulle saakka, ja hirsikehään liittyvää rakennetta, jota oli pelkästään käytetty 1920-luvun puolivälin jälkeen. (Jokelainen, 2005, s. 125)

Tuulettuvia alapohjia tehdään edelleen, samoin maanvaraisia laattoja. RT-kortit ovat ohjanneet rakentamista. Rintamamiestaloissa oli korkeat maanpäälliset perusmuurit. Ne jäivät pois, kun vuonna 1957 ilmestynyt RT-kortti ohjasi valesokkeliratkaisuun ja alapohjien rakenne muuttui tuulettuvasta alapohjasta maanvaraiseksi ja matalaksi 1960-luvulle mentäessä.

Naapurimaamme Ruotsin puolella maanvaraisia alapohjia on Bygg & teknik -lehtiartikkelin mukaan alettu käyttämään 1940-luvulta lähtien. Ratkaisua kehitettiin eteenpäin 1950-luvulla ja alettiin tekemään puukoolattuja lattiaita betonilaatan päälle, kunnes huomattiin niiden ongelmat myöhemmin (Wetterlund, Carlsson, Hagentoft & Wallin, 2010, ss. 44–46). Artikkelin mukaan maanvaraisen laatan malli on tullut Amerikasta.

2.3 Rakentamisen ohjaus 1930 – 1970

Rakentamista on ohjattu kaupungeissa rakennussäännöillä ja asemakaavalailla. 1930-luvun kaupunkirakentamista ohjannut rakennussääntö julkaistiin vuonna 1932, joka oli käytännössä sama kuin Helsingin kaupungin rakennusjärjestys vuodelta 1932. Siinä mainitaan eräänä perustuksiin liittyvänä yksityiskohtana: ”70 § Kivijalan korkeuden tulee, elleivät erityiset asinhaarat muuta vaadi, kauttaaltaan olla vähintään 50 senttimetriä yli maanpinnan” (Helsingin kaupungin tilastotoimisto, 1932, s. 26). Vertailun vuoksi – nykyisen Ympäristöministeriön asetuksen mukaan maanvastaisen alapohjan lattian yläpinnan on oltava vähintään 0,3 metriä rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella. Yleisenä suosituksena on 40 senttimetriä.

Maaseudulla on saanut rakentaa 1940-luvun loppuun asti suhteellisen vapaasti. Lähinnä noudatettiin naapuruussuhteista ja yleisistä teistä annettuja lakeja. Vuosina 1945–46 julkaistiin laki ja asetus maaseudun rakentamisesta, joka tuli voimaan v. 1949. Se koski niitä alueita, millä ei ollut rakennusjärjestystä (Mandelin, 1957, s. 8). Vuonna 1958 julkaistiin uudisrakentamiseen painottuva rakennuslaki, ja siihen liittyvä asetus vuonna 1959.

Hyvä rakennustapa esiintyy jo vuoden 1958 lainsäädännössä. Rakentamisessa se tarkoittaa, että rakennustyöt tehdään lakia ja asetuksia, viranomaismääräyksiä, viranomaisohjeita ja rakennusalan omia ohjeita noudattaen. Käytännössä ennen vuotta 1976 rakentamista ohjaavia viranomaismääräyksiä olivat kuntien rakennusjärjestykset ja Sisäasiainministeriön päätökset: RakMk C2 - 1976. Viranomaisohjeita ei ollut ennen vuotta 1976, joten kuntien rakennuslautakunnan tehtävänä oli neuvoa ja ohjata. Parempaan rakentamiseen ohjasivat lisäksi RT-kortit vuodesta 1942 alkaen ja RIL-ohjeet ja normit vuodesta 1946 alkaen. (Haataja, 2019)

Käytännön rakentamisessa, varsinkin pientalorakentamisessa, rakenneratkaisuja ei ole välttämättä tehty RT-korttien mukaan. Kortteja ei ole ollut kaikkien saatavilla.

2.4 Maanvaraiset alapohjat 1920 – 1980

Ruotsissa rakennettiin 1940-luvulla ensimmäinen maanvaraiselle ja reuna-
vahvistetulle laatalle perustettu talo. Menetelmä oli kehitetty USA:ssa 10
vuotta aikaisemmin. Amerikkalainen concrete slab -malli esiteltiin perus-
teellisesti ruotsalaisessa rakennusmestarien lehdessä vuonna 1955. Ame-
rikkalaisesta rakenteesta puuttui kokonaan lämmöneriste, mutta artikke-
lissa korostettiin vahvan kosteuden eristyksen merkitystä. Betonilaatan
alla tuli käyttää kosteuden eristykseenä kaksinkertaista asfaltilla kyllästettyä
paperia, joiden välissä oli kuumapiki. Laatan alle tuli 10 cm paksu sora tai
sepele. Valmis lattia oli 25 cm:n korkeudella maanpinnasta.

Samaisessa rakennusmestarien lehdessä oli toinenkin artikkeli, jossa pää-
teltiin, että Ruotsin ja USA:n erilaisista ilmasto-olosuhteista johtuen Ruot-
sissa rakennetta voidaan soveltaa siten, että pärjätään ilman kosteudene-
ristettä, varsinkin kun se on kallis ja vaikea tehdä. Sen sijaan puulattian ra-
kentamista betonilaatan päälle pidettiin mahdollisena, koska puulattia on
sen verran tuulettuva rakenne, että se ratkaisee kosteusongelmat. Tämän
vaihtoehdon mukaan niitä käytännössä toteutettiin. Nykyisin tiedetään,
että tämä rakennetyyppi on aiheuttanut eniten kosteus- ja homeongelmia
Ruotsissa. Lähes poikkeuksetta 1950- ja 1960-lukujen betonilaattojen
päälle tehtiin koolattu puulattia. Vähitellen lisättiin lämmöneriste koolaust-
ten väliin ja estetettiin siten se pienikin ilmankierto, joka tuulettaisi kosteu-
den.

1970-luvulla alettiin kokeilla 50 mm kovaa mineraalivillaa laatan alle, jol-
loin ei tarvinnut rakentaa puulattia laatan päälle. Villaa laitettiin aluksi
reunoille ja myöhemmin sitä laitettiin 100 mm koko lattian alalle. Mineraa-
livillan huonon kantokyvyn vuoksi, reunapalkin alla oleva mineraalivilla
korvattiin solumuovieristeillä. Kosteuden eristävää kalvoa ei käytetty, pe-
rusteena oli se, että laatan täytyy päästä kuivumaan alaspäin. Ohuesta
eristeestä johtuen lämpötilaerot olivat pienet ja johtivat kosteusvaurioi-
hin.

1980-luvun lopulla ja 1990-luvulla lämmöneristeen paksuudeksi laatan alle
vakiintui 200 mm. Mineraalivilla korvattiin kokonaan EPS-eristeellä sen pa-
remman kantokyvyn ja edullisemman hinnan vuoksi (Wetterlund, Carls-
son, Hagentoft & Wallin, 2010, ss. 44–46).

Suomessa maanvaraisen betonilaatan päälle tehtyjen puulattioiden en-
simmäisiä piirustuksia ja rakennusohjeita löytyy 1920-luvun vaihteesta.
Maanvaraisen laatan päälle tehty ponttilautalattia ja eriste oli rossipohjaa
lämpimämpi. Rossipohjia pidettiin kylminä ja vetoisina. Maanvaraisella
laatalla saavutettu lämpimämpi lattianpinta lienee vaikuttanut tämän rat-
kaisun käyttöönottoon Suomessa. Rossi- tai trossipohjasta käytettiin myös
nimitystä täytepohja.

Suomen Maatalousseurojen aikakauslehden vuoden 1924 numerossa 7, pidettiin mahdollisena tehdä täytepohja sementtipermannon päälle. Tuohon aikaan betonilattioita käytettiin lähinnä navetoissa ja rakennusten kellarikerroksissa. Lehdessä neuvottiin tekemään sementtipermento kuivalle hiekkamaalle. Kivijalka täytettiin juntatulla hiekalla yläreunaan asti ja sen päälle valettiin 7–8 cm sementtibetonipohja. Maanvastaisen laatan kosteusongelma oli jo tuohon aikaan tiedostettu, sillä betonipohja neuvottiin sivelemään kuumalla kivihilitervalla tai vähintään levittämään tervapahvi betonin päälle, jotta kosteus ei pääse päälle laitettaviin täytteisiin. (Maa, 1924, ss. 301-302)

Lattiakoolausten välissä tavanomaisena eristeenä käytettiin kuivattua sammalta. Eristeiden painoksi laitettiin kuivaa hienonnettua savea tai kuivaa hienoa hiekkaa 5 cm. Täytteen paksuudeksi määriteltiin 35 cm, joka oli sama kuin rossipohjissakin.

Valtion rautateiden huonerakennusten rakentamisohjeet vuodelta 1930 määrittelee sammaleen lisäksi täytepohjan täytteeksi kuivan hienonnetun turvepehkun. Sahapurun ja kutterinlastun sekoitusta on alettu käyttämään kevyenä lämpöeristävänä täytteenä oletettavasti 1940-luvulla, sillä vuoden 1943 RT-kortissa 832.1 on asia mainittu. Kortin mukaan eri määräyksellä on voitu käyttää sahajauhoja, turvepehkuja ja sammalia. Painotäytteeksi on määriteltä hiekka ja eri määräyksellä on voinut käyttää kuivattua savea, kuivaa kalkkilaastia, koksikuonaa tai hiilimurskaa.

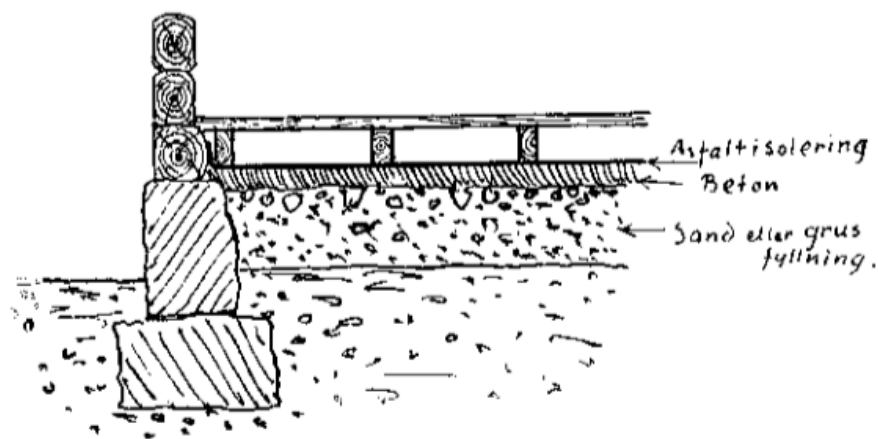


Fig. 2.

Kuva 1. Rakennusmestari Emil Svenssonin piirros maanvastaisen laatan puulattiasta Byggnadsritningar för småbruk -julkaisussa vuodelta 1917 (Kaila, 1997, s. 175).

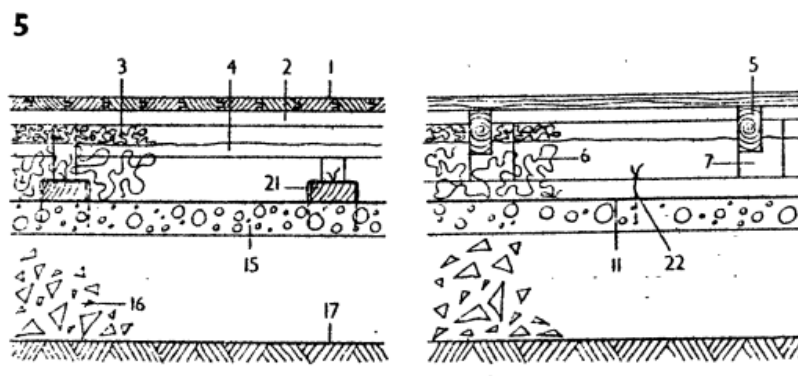
Kuvan 1 mukaisesta rakenteesta on kosteyslaskelma kohdassa 6.5.1, taulukko 4. Sen perusteella 1920-luvun rakenteen reuna-alueella on lieviä mikrobikasvulle suotuisia olosuhteita talvikautena.



Kuva 2. Multapenkkialapohjan korjaus maanvaraisella alapohjalla esiteltiin Suomen Maatalousseurojen aikakauslehdessä v. 1929 (Maa, 1929, s. 214).

Rakennustietokorttien tullessa käyttöön, toukokuun 1943 RT-kortissa 832.1 esiteltiin eri alapohjatyypppejä. Ainoa maanvarainen alapohja oli tyyppi nro 5, jonka rakenne oli seuraava

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Lattialaudat | 7. Korokepuu |
| 2. Ilmaväli, josta tuuletus | 11. Bitumisively |
| 3. Painotäyte | 15. Betonilaatta 80 mm |
| 4. Pinkopahvi | 16. Sullottu sora 250 mm |
| 5. Koolaus | 22. 50 x 100 mm lankku |
| 6. Kevyt täyte | |



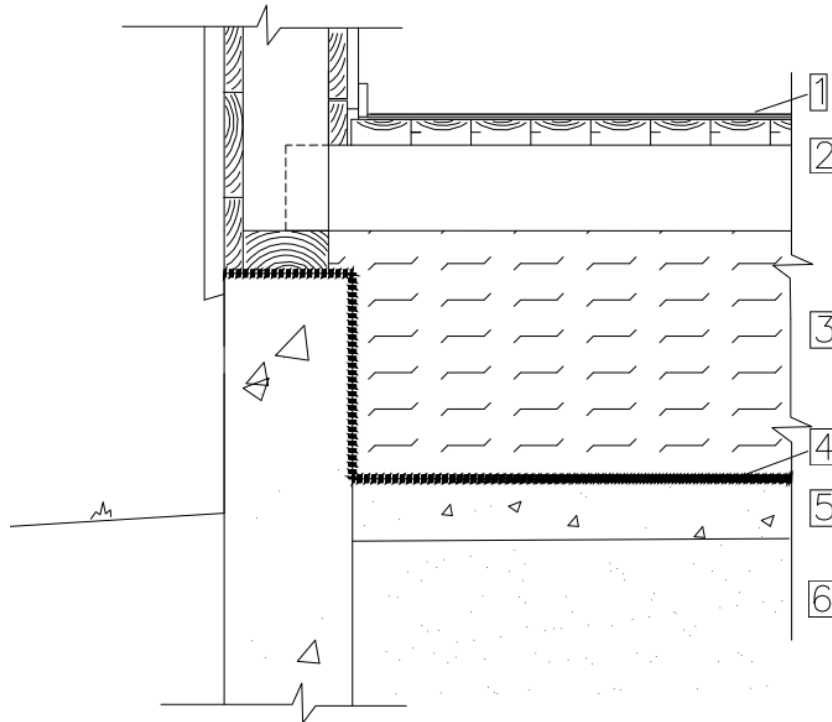
Kuva 3. Alapohjatyyppin nro 5 sanottiin soveltuvan kuivalle maaperälle. Rakenteeseen oli suunniteltu tuulettuva ilmaväli (RT-kortti 832.1, 1943, s. 1).

Vuonna 1957 ilmestyneet RT-kortit ohjasivat maanvaraista laattaa valesokkelirakenteeseen ja matalaan perustukseen: ”Maanvaraisalapohjia käytettäessä alkavat ulkoseinät yleensä niin läheltä maanpintaa, että vain harvoja seinärakenteita voidaan sellaisenaan käyttää muuttamatta rakennetta seinän alaosassa”. Valesokkelilla tarkoitetaan rakennetta, jossa sokkelin ulkopintaa on jatkettu ylemmäksi ohuella valulla tai harkkomuurauksella varsinaisen sokkelin yläpinnasta. Ulkoseinän kantavarakenne alkaa varsinaisen sokkelin yläpinnasta. 1940-luvun amerikkalaisessa mallissa ei ole ollut valesokkelia (Cooper, 2011).

Maanvaraiset alapohjat oli mahdollista tehdä näiden korttien myötä valesokkeliratkaisuilla. Puukoolattu ponttilautalattia betonilaatan päällä, esiteltiin laatan päällisellä lämmöneristeellä tai ilman sitä. Kosteudeneristys suositeltiin tehtäväksi 2–3-kertaisena bitumisivelynä tai bitumisivelynä ja kuumabitumisivelynä, jos peruspohja oli erittäin kostea. Laatan alle suositellun karkean soran, someron tai sepelin päälle laitettiin pahvi valualustaksi.

Rakennettiin myös ns. kaksoislaattalattioita, joissa lämmöneriste sijaitsi kahden betonilaatan välissä. Lämmöneristeenä käytettiin RT-kortin mukaan lastuvillalevyä, kevytsoraa tai kevytbetonia. (RT 839.12, 1957, s. 2)

Oman havaintoni mukaan eräässä 1950-luvun lopun Lohjan Karstun kylän omakotitalossa on ollut käytössä RT-korteista hieman poikkeava, laatikko-mainen maanvarainen rakenne, joka muistuttaa valesokkelirakennetta (kuva 4). Perusmuuri menee tiettyyn syvyyteen ja sen sisäpuolelle on erikseen maata vasten valettu laatta. Laatikon pohja ja seinät on kosteudeneristetty sisäpuolelta bitumilla ja täytetty kokonaan kutterinlastu-lämmöneristeellä 400–500 mm. Pohjalaatta menee hieman maanpinnan alapuolelle ylärinteen puolella, jolloin seinäosalle muodostuu valesokkeli. Lattiapalkkien päällä on ollut laualattia. Lattiapalkit on tuettu keskikohdalta pystytolpilla, jolloin lattiapalkkien ei ole tarvinnut olla niin järeitä.



Kuva 4. Valesokkelirakenteen muunnos: 1) lattiapinnoite, 2) ponttilauta - lattiapalkisto - kutterinlastu, 3) kutterinlastu, 4) bitumieristys, 5) pohjalaatta, 6) täyttömaa.

Matalaperusteinen rakennustapa, jolloin ei rakennettu routarajan alapuolelle, edellytti sokkelinhalkaisua tai sokkelin ulkopuolista lämmöneristettä. Sisäpuolelta tuleva lämpövirta saatiin ohjautumaan sokkelihalkaisun avulla anturan alle, pitäen sen sulana. Sokkelinhalkaisuun ohjeistettiin käyttämään bitumilla kyllästettyä korkkia, kevytsoraa tai vaahtomuovilevyä. 1960-luvun varhaisimmista perustuksista ja alapohjista eristeet saattavat puuttua. Routivilla mailla routavaaran vuoksi ilman lattialämmitystä olevat maanvaraiset alapohjat suositeltiin tehtäväksi enintään 30 cm korkeuteen maanpinnasta, lattianpinnasta mitattuna. (RT 817.11, 1957, ss. 1-3)

Matalaperusteinen oli halvempi rakentaa, kun perustuksia ei tarvinnut rakentaa niin syväälle routarajan alapuolelle. Valesokkelin avulla perustus saatiin tehtyä vielä matalammaksi. Pyrittiinkö matalaperustusten alkuvaiheessa ottamaan varman päälle lämpövirran ja perustusten jäätyminen kanssa ja sen vuoksi tehtiin lähelle maanpintaan vai oliko kyseessä kustannussäästö, kun ei tarvinnut asentaa routaeristeitä? Toisaalta oli toinenkin RT-alapohjatyyppejä, jossa lattialämmityksen tai ulkoseinän vierelle lattialaattaan, tai laatan alle sijoitettavien patterien lämpöputkien avulla pidettiin perustukset sulana.

Vuoden 1957 kortit olivat käytössä vuoteen 1993, joten 1960–80-lukujen rakennuskanta on tehty näitä kortteja soveltaen. 1960–70-lukujen kortteissa on tehty täydennyksiä lämmöneristysten paksuuteen, perustuksiin,

perustamistapoihin ja salaojitukseen. Valesokkeli ei ole ollut ainoa ratkaisu. Niissä on ollut tarjolla myös valesokkeliton vaihtoehto.

2.5 Maanvaraisten alapohjien riskirakenteita ja riskitekijöitä pientaloissa

Riskirakenteita ovat maanvaraisen betonilaatan päälle tehdyt puurakenteet ja lämmöneristeet, jos alla ei ole lämmöneristystä ja salaojitussoraa (Sisäilmayhdistys ry, 2020). Maaperän kosteus siirtyy rakenteisiin maaperästä kapillaarisesti ja diffuusion avulla.

Toisen ongelman aiheuttaa sisäilman kosteus, joka voi tiivistyä talvikaudella laattojen kylmää reuna-aluetta vasten. Vanhemmissa 1920–40-lukujen taloissa kivijalka voi olla kivistä tai säästöbetonista. Kivi ei nosta kapillaarisesti kosteutta maaperästä, mutta sisäilman kosteus tiivistyy siihen helpommin kuin betoniin.

Maanvaraisen betonilaatan päälle koolatussa väliseinissä ja puulattiassa, sahapurueristeissä tai muissa orgaanisissa eristeissä on mikrobivaurioiden riski kapillaarisuuden ja diffuusion vuoksi, jos laatan alla ei ole lämmöneristystä ja kosteuseristystä.

Rakennuspohjan kapillaarikatkerroksen puuttuminen aiheuttaa sen, että kosteuden siirtyminen rakenteisiin tapahtuu maaperästä kapillaarisesti. Kapillaarikatkerros voi olla tehty liian hienosta kiviaineksesta, jolloin kerros ei estä kapillaarista nousua. Lattian korkeuden ollessa liian lähellä ulkopuolen maanpintaa, ja jos ulkopuolen kallistukset eivät ole kunnossa, perustusten vierestä imeytyy helposti pintavettä, jos perusmuurin vedeneristys ei ole kunnossa.

Kaksoislaattarakenteessa on samat riskikohdat kuin edellisessä maanvaraisessa betonilaatassa. Kaksoislaattarakenteessa yleisimpiä epäorgaanisia lämmöneristeitä ovat olleet mineraalivilla, polystyreeni ja kevytsora (RT 839.12, 1957, s. 2). 1960–70-lukujen rakenteissa on saatettu käyttää eristeenä orgaanista lastuvillalevyä, johon voi tulla mikrobikasvustoa, sillä se on tehty pitkistä ja kapeista puulastuista. Kaksoislaattarakenteen vuoksi ilmatiiveys voi olla niin hyvä, että mikrobit eivät pääse sisäilmaan (Mölsä, 2016).

Kaksoislaattalattiassa yleisin ongelma on ollut alemman laatan päältä alkava väliseinä, johon on tullut kosteus ja mikrobivaurioita. Vaikka laattojen välissä oleva epäorgaaninen eriste olisi toiminut, alemman laatan päältä alkaneet väliseinät lahoavat alaosistaan, koska eristämätön alalaatta on kostea. Väliseinän alajuoksun alle laitettu bitumikaista hidastaa vaurioitumista, mutta vaurioitumista saattaa tapahtua, kun laatan läpi tuleva kosteus pääsee vaikuttamaan alajuoksun sivuista. Myös tiilinen tai betoninen seinä, joka alkaa suoraan alalaatan päältä kostuu alaosastaan ja vauriot näkyvät sisäpuolen seinän alaosassa pinnan vaurioitumisena ja jalkalistan

taustan homehtumisena. Rakennusvaiheessa alemman laatan pinnalle jätetyt sahanpurut voivat myös vaurioitua ajan kuluessa.

Maanvarainen laatta alapuolisella lämmöneristeellä on ollut toimivin ratkaisu maanvaraisista laatoista. Maasta ylöspäin pyrkivä kosteus ei voi tiivistyä, koska sen suhteellinen kosteus pienenee mentäessä korkeampiin lämpötiloihin (Björkholtz, 1997, s. 113). Maanvaraisen laatan alle laitettu lämmöneristekerros vähentää alapohjan lämmönhukkaa ja alentaa maaperän lämpötilaa laatan alla. Alhaisempi maaperän lämpötila pienentää maaperän huokosilman kosteuspitoisuutta, maaperän kosteuspitoisuuden pysyessä samana.

Alapohjalaatan ollessa reunavahvistettu laatta, se on tehty sokkelin halkaisulla tai ilman. Sokkelin halkaisussa sijaitsee lämmöneriste, joka voi olla kerännyt vettä johtuen rakennekosteudesta tai perusmuurin ulkopuolisista vesistä. Sokkelinhalkaisu voi olla myös valetussa perusmuurissa, jos kyseessä ei reunavahvistettu laatta. Eristehalkaisun alapäässä tulee olla vedenpoistoreiät. Jos eristehalkaisuun on kerääntynyt vettä, se haihtuu seinäeristeisiin tai rasittaa alaohjauspuuta ja sen ympäristöä. Sokkelin halkaisun päältä alkaa normaali ulkoseinärakenne tai valesokkelirakenne.

2.5.1 Valesokkeli

Maanvaraisen laatan rakenteisiin liittyy aina myös ulkoseinän alaosan riskirakenne: valesokkeli. Näitä rakenteita ja niiden toimivuutta tulee siis tarkastella yhdessä, kun lähdetään suunnittelemaan korjausta.

Valesokkeli oli yleinen pien- ja rivitaloissa käytetty rakenneratkaisu 1970 ja 1980 -luvuilla. Valesokkeli katsotaan nykyisin riskirakenteeksi, jonka kunto on aina syytä selvittää. Kuntoon vaikuttaa sen korkeus maanpinnasta. Valesokkelirakenteessa sisäpuolen seinärakenne altistuu kosteudelle kolmella tavalla: sisäpuolelta tuleva vesihöyry, ulkotiiliverhouksen takana valetut vedet ja perustuksista nouseva kosteus.

Betonista valettuun valesokkeliin tiivistyy sisäilman kosteus helpommin kuin kevytsoraharkkotiilestä tehtyyn, jolla on parempi lämmöneristävyys ja vesihöyryn läpäisevyys. Valesokkeliin imeytyvään veteen vaikuttaa rakennuksen ulkopuolella maanpinnan korkeus ja sen kallistus rakennuksesta poispäin. Rakennuksen perustusten salaojitus, perusmuurin kosteuseristys ja perusmuurin ympärystäytön vedenjohtavuus vaikuttavat kapillaarisesti nousevan veden määrään valesokkelissa (Lappalainen, 2017, ss. 2, 7, 11-14).

1980-luvun lopulla oli jo tiedossa, että ulkoseinän alajuoksu pitää sijaita riittävän korkealla sisäpuolen lattiapintaan nähden, jolloin sisäpuolelta tuleva lämpövirta pitää alajuoksun kuivana. Tämä koski myös muitakin kuin valesokkelilla tehtyjä rakennuksia.

2.5.2 Sadevedet

Katoilta tulevien sadevesien ohjauksissa on ollut virheitä. Maanpinta viettää rakennukseen päin, jolloin maan pintaa pitkin valuvat vedet ohjautuvat rakennukseen päin. Syöksytorvien vesiä ei ole johdettu pois rakennuksen vierestä asfalttipinnoitteella, avokourulla tai kaivolla: sadevedet imeytyvät rakennuksen alle. Sadevesijärjestelmän osia on saatettu yhdistää salaojaputkistoon ja sadevedet ovat voineet sitä kautta imeytyä rakennuksen ympäristöön. Sadevesijärjestelmä voi olla toteutettu salaojaputkillla. Salaojaputkiston korko on virheellinen tai ne puuttuvat kokonaan. Kaikki nämä lisäävät veden määrää perustusten alla, jos maaperä ei ole vettä läpäisevää.

2.5.3 Purkujätteet

Perustuksiin liittyvä ongelma on myös perustuksiin jääneet valulaudat. Niitä voi olla perustusten sisä- ja ulkopuolella. Lahot laudat saattavat aiheuttaa sisäilmaongelmia. 1960-luvun rakentamisessa oli yleistä, että kaikkia valulautoja ei purettu pois valujen jälkeen, vaan jätettiin perustuksiin paikoilleen. Oletettavasti säästettiin työkustannuksissa, kun ei tarvinnut purkaa ja viedä pois. Jätteiden käsittelyyn suhteutuminen oli erilaista siihen aikaan.

2.5.4 Lattiasieni

Maanvaraisilla alapohjilla on korvattu vanhoja rossi- tai multapenkialapohjia varsinkin 1970-luvulla. Uuden elintasoniiven ja vanha rakennuksen liitoskohdissa on ollut laho-ongelmia. Lattiasienen aiheuttamat lahovauriot yleistyivät 1970-luvun energiansäästövimman aikana. Noin kymmenen vuoden ajanjakson aikana 1970–80-luvuilla tehtiin lattioiden vääränlaisilla sisäpuolen laattavaluilla ja lisäeristyksillä vaurioita lattiarakenteisiin. Vanhat seinärakenteet jäivät uusien rakenteiden alle. (Kääriäinen, Rantamäki & Tulla, 1998, s. 24)

2.5.5 Putkivuodot

Tyypillisesti 1970-luvun taloissa on ollut lämmitysputket sijoitettuna laataan tai laatan yläpuoliseen eristetilaan ulkoseinän vierellä. Putket ovat lattialämmityksen tavoin lämmittäneet laattaa, jonka alaspäin suuntautuva lämpövirta on pitänyt laattaa kuivempana. Laatan alle sijoitettuna lämmitysputket nostavat laatan kosteuspitoisuutta, jos niissä on ollut vuotoja. Lämmitysputket on saatettu myöhempien remonttien yhteydessä poistaa laatasta ja asentaa seinille, jolloin laatasta ei ole enää lämmön kuivattavaa vaikutusta. Lämmityksen puuttumisen vuoksi on voinut tulla lisävaurioita, jos muut perusasiat eivät ole olleet kunnossa.

Putkivuotoja esiintyy myös vesi- ja viemäriputkissa. Pienet vuodot voivat tehdä vaurioita ennen kuin niitä huomataan, varsinkin jos ne sijaitsevat rakenteiden sisällä. Putkivuodoissa kosteusrasitus on yleensä suuri ja vuodot tapahtuvat yleensä lämpimissä rakenteissa, joten vuodoista aiheutuu suuri mikrobivaurioiden riski.

3 SISÄILMASTO

3.1 Ilmanvaihdon merkitys

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa sisäilmaan tulleita epäpuhtauksia, joita ovat erilaiset kemialliset yhdisteet ja pienhiukkaset. Epäpuhtas ilma viedään pois ja tilalle tuodaan uutta suodatettua ulkoilmaa. Ilmanvaihdolla hallitaan asunnon lämpötilaoloja ja sisäilman kosteutta. Ilmanvaihdon tulee olla riittävä, jotta vältetään huoneilman kosteuden aiheuttamalta mikrobikasvun riskiltä rakenteissa tai niiden pinnoilla.

Ilmanvaihto vaihtaa huoneen sisäilmaa, mutta jos erilaisten yhdisteiden määrät ovat suuria, ilmanvaihto ei pysty siihen. Ilmanvaihdon tulee olla niin moninkertainen, että ei ole järkevää ilmanvaihdolla pitää haitallisia pitoisuuksia kurissa.

Ilmanvaihto voi olla koneellinen tai painovoimainen. Ilmanvaihto on nykyisin pääsääntöisesti koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Asumisterveysasetus vuodelta 2015 määrittelee asunnon kaikkien huoneiden ilmanvaihdon ulkoilmavirraksi vähintään $0,35 \text{ dm}^3$ neliömetriltä (Valvira, 2016a, s. 18). Koneellinen ilmanvaihto suunnitellaan siten, että rakennuksen sisälle syntyy lievä alipaine. Alipaine estää sisäilmassa olevan kosteuden siirtymistä rakenteisiin konvektion vaikutuksesta, jolloin rakenteen kosteusvaurioriskit pienenevät.

Koneellisella ilmanvaihdolla ilmanvaihtuvuus on hallittua riippumatta ulkoilman sääolosuhteista: tuuli- ja lämpötilaerot eivät pääse vaikuttamaan niin paljon kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa. Tuloilma pystytään myös suodattamaan, mikä taas painovoimaisessa ilmanvaihdossa onnistuu huonosti, koska tuloilmasuodattimen aiheuttama ilmanvastus huonontaa koko järjestelmän toimintaa huomattavasti.

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän toiminta perustuu pääasiassa ulko- ja sisätilan väliseen lämpötilaeroon sekä tuulen aiheuttamaan paineroon. Ilmavirta vaihtelee sääolosuhteiden mukaan sekä vuorokauden että vuodenaikojen mukaan. Kun sisä- ja ulkotilan välillä ei ole lämpötilaeroa ja on tuuletonta, silloin ainoa tuuletustapa on ikkunatuuletus. Toisaalta tuulen vaikutuksesta ja kylmällä säällä ilmanvaihto on tarpeettoman

suurta, jos ilmavirtoja ei säädetä venttiileillä. Tuulella on myös epäedullinen vaikutus, sillä se aiheuttaa tietyissä tilanteissa takaisinvirtausta poistohormissa.

Vanhemmissa pientaloissa painovoimainen ilmanvaihto on ollut perusratkaisu aiempina vuosina. Alun perin huoneiden ilmanvaihtoa ei ole niin tarkasti mietitty, sillä lämmitysuunit hoitivat ilmanvaihdon ja korvaavaa ilmaa tuli rakenteiden läpi ja harvoista ikkunoista. Vuoden 1921 Arkkitehti-lehdessä no 6 mainitaan, että jokaisen huoneen ulkoseinään laitetaan venttiili, joka pidetään auki lämmittämisen ajan (Arkkitehti, 1921, s.11).

Vuoden 1947 RT-kortissa 028.3 ilmanvaihtohormi oli määritelty kaikkiin asuinhuoneisiin. Savuhormi katsottiin ilmanvaihtohormiksi. Keittiöön piti laittaa lisäksi liedon yläpuolelle höyrypoistohormi. Raitisilmaventtiilit oli määritelty asennettavaksi yli kahden perheen taloihin. Tämän perusteella voi olettaa, että tavallisiin pienempiin omakotitaloihin ei välttämättä asennettu raitisilmaventtiileitä.

1950-luvulla tultaessa rakennuksiin tuli keskuslämmitys ja rakenteetkin olivat tiiviimpiä, kun ei tehty enää hirrestä: ilmanvaihtoa tarvittiin. Vuoden 1957 Jokamies rakentajana -kirjassa mainitaan, että avattavan ikkunan lisäksi sijoitetaan joka huoneeseen raitisilmaventtiili ja poistoilmaventtiili (Mandelin, 1957, s. 158).

1960-luvulta alkaen aina 1980-luvulle painovoimaista ilmanvaihtoa on tehostettu liesituulettimella ja wc:n huippuimurilla tai niiden yhdistelmällä. Nämä aiheuttavat painovoimaista ilmanvaihtoa kovemman alipaineen rakennukseen, jos kunnollisia korvausilmaventtiileitä ei ole tai niitä on liian vähän. Rakenteiden läpi tuli suurempia määriä korvausilmaa kuin painovoimaisessa ilmanvaihdossa.

3.2 Sisäilmahaitat

Sisäilmassa olevia puutteita tai ongelmia on kahdenlaisia. Ensimmäiset liittyvät ilmanvaihtuvuuteen, lämpötiloihin ja sisäilman suhteelliseen kosteuteen. Nämä saadaan yleensä talotekniikan säätöjen ja korjausten avulla kuntoon. Toiset ongelmat sisäilmassa liittyvät rakenteelliseen kosteuteen, sisäilman kemiallisiin yhdisteisiin ja mikrobeihin. Nämäkin saadaan korjauksilla kuntoon. Yleensä rakennuksissa on useampia sisäilmasto-ongelmiin liittyviä syitä.

Uusissa tai korjatuissa rakennuksissa on materiaaleista johtuvia päästöjä, jotka laimenevat ajan myötä. Talojen ilmanvaihto tulee pitää täydellä teholla pidemmän aikaa uusien materiaalien asentamisen jälkeen, silloin materiaali-päästöistä on vähemmän haittaa käyttäjille.

Rakenteellisen kosteuden poistuminen saattaa aiheuttaa myös päästöjä, kun pintamateriaalit aiheuttavat emissioita kastuessaan. Suurimmat ongelmat rakenteellisessa kosteudessa on paksuissa betonirakenteissa, joiden kuivumisaika ja päällystettävyydet tulee huomioida työmaan aikataulun ja kosteudenhallinnan suunnittelussa.

Käytössä olevissa rakennuksissa virheelliset rakenteet ovat herkkiä kosteuden vaikutuksille. On selkeitä rakennusaikaisista virheistä johtuvia rakennevaurioita, jotka voidaan välttää noudattamalla piirustuksia ja ohjeita sekä ehkäisemällä rakenteiden ja rakennusmateriaalien kastumista rakennustyön aikana. Toisaalta virheelliset tyyppiirustuksetkin ovat aiheuttaneet kosteusongelmia.

Rakenteen kosteuspitoisuuden ollessa liian korkea ja liian pitkän aikaa, kosteusvaurioita yleensä syntyy. Kosteuden seurauksena syntyy mikrobivaurioita, kemiallisia vaurioita ja fysikaalisia vaurioita: aineiden hajoaminen, emissiot ja ruostuminen, sekä muodonmuutokset.

Rakenteiden kosteuspitoisuuteen vaikuttaa ympäröivien tilojen kosteus, rakenteen nykyinen kosteus, kosteuskuormien määrä ja kuivumisnopeus. Mikäli rakenteeseen tulee enemmän kosteutta kuin sieltä poistuu, alkaa rakenteen kosteuspitoisuus nousta ja rakenne voi vaurioitua, jos kosteus nousee yli materiaalin kosteudenkestävyyden. Rakenteen kosteudensitomiskyvystä riippuen, rakenne alkaa vaurioitumaan sen jälkeen, kun kosteudensitomiskyky on tullut maksimiinsa. (Sisäilmayhdistys, 2019; Ympäristöministeriö, 2016, ss. 149-150)

Rakenteissa tapahtuva kosteusvirta muodostuu pääasiassa neljästä eri kosteuden siirtymismuodosta; veden painovoimainen ja veden kapillaarinen siirtyminen, veden ja vesihöyryn siirtyminen ilmapirtauksien mukana ja vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla.

Puurakenteisiin tulee helpoimmin mikrobivaurioita tietyissä kosteus- ja lämpötilaolosuhteissa sekä tietyn ajan kuluessa. Näiden kolmen ehdon tulee täyttyä, jotta mikrobivaurioita syntyy. Yleensä vaaditaan pidempiaikainen kosteusrasitus, joka ylittää materiaalin tai rakenteen kosteudensitomiskyvyn. Tilapäinen ja lyhytkestoinen kosteusrasitus ei yleensä aiheuta haittaa.

Ilman suhteellisen kosteuden ollessa jatkuvasti yli 70–75 % mikrobikasvu on todennäköinen. Rakennus- ja pintamateriaalien paikallisella kosteudella on huomattavasti suurempi merkitys mikrobikasvun kannalta kuin ko. tilan ilman suhteellisella kosteudella. Täysin kuivassa ympäristössä mikään mikrobi ei kasva, mutta itiöt säilyvät elinkykyisinä. Eri mikrobien kasvu on mahdollista rakenteen huokosilman kosteudella 65–95 %. (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 132-133)

Mikrobit säilyvät elinkykyisinä laajalla lämpötila-alueella, ja jotkut mikrobit voivat kasvaa korkeissa n. + 50 °C tai matalissa n. - 5 °C lämpötiloissa. Rakennusten ja rakenteiden lämpötilat eivät rajoita mikrobikasvua, jos muut kasvuvaatimukset täyttyvät. Mikrobit voivat selviytyä myös pakkasesta ja jotkut lajit pystyvät kasvamaan muutaman asteen lämpötilassa. Useimmat homesienet kasvavat lämpötila-alueella + 5 – + 35 °C, paras lämpötila kasvulle on + 20 – + 30 °C. (Sisäilmayhdistys ry, 2019; Ympäristöministeriö, 2016, s. 130)

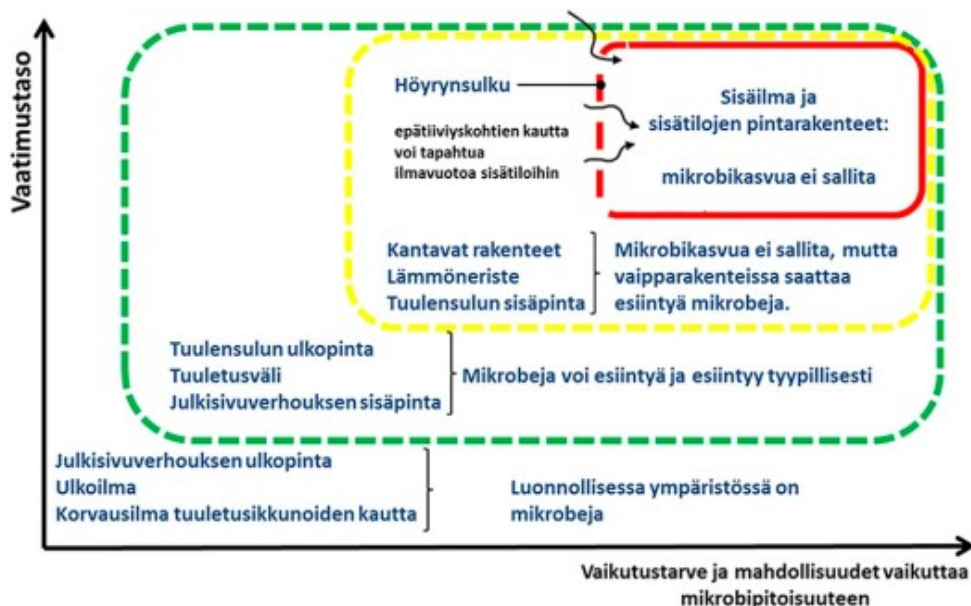
Rakenteiden kosteusvaurioiden mikrobit aiheuttavat itiöitä, hajuyhdisteitä ja hometoksiineja. Kuolleesta ja kuivuneesta mikrobikasvustosta voi lähteä hiukkasia, joissa on allergisia ja toksisia ominaisuuksia jäljellä (Seppänen, Säteri, Lehtinen & Nevalainen, 1997, s. 12). Mikrobien ja varsinkin haitallisten mikrobien tarkka määrittely ja niiden sijainnin määrittely vaatii erikoisosaamista ja tutkimuksia. Nopeita tutkimuksia ei ole. Ongelmia ei saada suoraan ratkaistua pelkillä mittauksilla. Niillä yritetään paikallistaa vauriota.

Vaurioituneissa materiaaleissa ja vaurioituneiden kohteiden ilmassa esiintyy usein mikrobeja, joita harvemmin esiintyy vauriottomien rakennusten rakenteissa ja ilmassa. Näitä mikrobeja kutsutaan ns. kosteusvaurioindikaattorimikrobeiksi ja osa niistä vaatii runsaan kosteuden kasvaakseen. (Valvira, 2016b, s. 7)

Mikäli ilma aiheuttaa terveydellisiä haittoja ja niitä halutaan torjua tehokkaalla ilmanvaihtoa, sen tulee olla moninkertainen normaaliin ilmanvaihtoon verrattuna, jotta pitoisuudet saataisiin alhaiselle tasolle. Käytännössä tämä ei onnistu, koska ilmanvaihdon kanavisto, iv-koneet ja pääte-elimet on mitoitettu niin tarkasti. Lisäksi moninkertainen ilmanvaihto kuluttaa tarpeettomasti energiaa, aiheuttaa vetoa ja kuivattaa ilmaa liiaksi. Käytännössä rakenteet tulee korjata, eikä torjua ongelmia ilmanvaihdolla.

Pitkään jatkuessaan kosteusvauriot kehittyvät ja saattavat aiheuttaa haittaa sisäilmalle. Rakennuksen vaipan tulee olla tiivis, jotta rakenteissa olevat mahdolliset epäpuhtaudet eivät pääse rakenteiden ilmapuotojen kautta sisäilmaan.

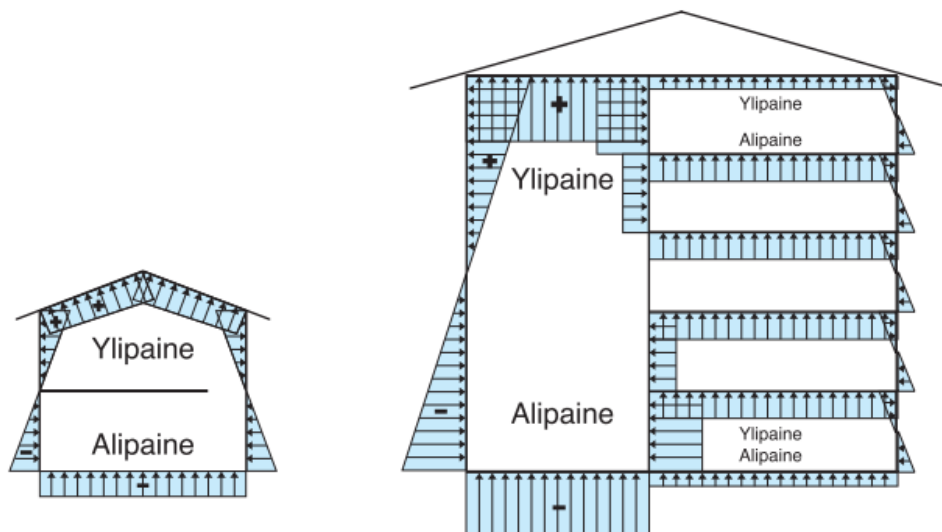
Rakenteiden läpi tullessaan ulkoilma kuivattaa ilmanvuotokohtien rakenteita. Se on talviaikana sisäänpäin tulevien vuotojen hyvä puoli. Kuivuminen perustuu siihen, että sisälle päin tultaessa, ilman lämpötila nousee, ja lämmennyt ilma pystyy sitomaan itseensä kosteutta (Siikanen, 2012, s. 77). Kuitenkaan vuotojen kautta tulevat ilmavirtaukset eivät ole sisäilman puhtauden kannalta suotavia. Rakennusten ikääntyessä ulkovaipan rakenteissa mikrobien määrät nousevat luonnollisista syistä tai erilaisten kosteusvaurioiden seurauksena ja siksi rakenteiden vuotojen kautta tulevat ilmavirtaukset kuljettavat epäpuhtauksia sisäilmaan.



Kuva 5. Mikrobin sisäilmavaikutukset riippuvat kasvuston sijainnista. Lähempänä sisäpintaa olevasta vauriosta on todennäköisimmin haittaa, jos siitä on ilmayhteys oleskelutiloihin (Ympäristöministeriö, 2016, s. 143).

Huoneilman lämmitessä sen tiheys pienenee ja lämmin ilma pyrkii nousemaan ylöspäin. Huoneen yläosaan muodostuu ylipainetta ja alaosaan alipainetta. Tämä saa aikaa ns. hormi-ilmiön rakennuksessa, ilman mitään ilmanvaihtokonetta. Kesäkaudella lämmintä ilmaa on rakennuksen sisä- ja ulkopuolella; silloin lämmin ilma ei muodosta nostevoimaa. Kaksikerroksisesta rakennuksesta korkeampiin ja varsinkin portaikossa hormivaikutus on aina olemassa, vaikka koneellinen ilmanvaihto on päällä. Ilmanvaihtokoneilla ei voida estää hormivaikutusta, sen vuoksi rakennukset on tehtävä tiiviiksi. Alipaineen vaikutuksesta rakennukseen pyrkii kylmää ilmaa sisään rakenteiden läpi, kun taas ylipaineen vaikutuksesta lämpimään sisäilmaan sitoutunutta kosteutta virtaa rakenteisiin, missä se saattaa tiivistyä vedeksi aiheuttaen kosteushaittoja. (Siikanen, 1996, ss. 31–35; Ympäristöministeriö, 2018b, s. 4)

Rakennuksen vaipan ja sisärakenteiden ilmanpitävyys ja hormivaikutuksen hallinta on suunniteltava Ympäristöministeriön v. 2020 julkaiseman rakennusten kosteusteknisen ohjeen mukaan siten, että edellytykset ilmanvaihdon toiminnalle voidaan varmistaa ja vältetään rakenteissa ja maaperässä olevien epäpuhtauksien ja radonin siirtymistä sisäilmaan. Kosteuden siirtyminen rakenteisiin estetään. (Ympäristöministeriö, 2020, ss. 12-13)



Kuva 6. Sisä- ja ulkoilman lämpötilaerojen seurauksena syntyy paine-kauma rakennuksen ulkovaipan yli (Kattoliitto ry, 2019, s. 15).

Ali- ja ylipaineen neutraaliakseli muuttuu ulkoilman lämpötilan mukaan, joten rakennuksen painesuhteet seuraavat ulkoilman lämpötilaa. Paine-ero kasvaa suuremmaksi samassa suhteessa kuin ulko- ja sisälämpötilan välinen lämpötilaero kasvaa. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa myös huoneen aukotuksella, ilmanvaihtokanavilla, tulijan hormoneilla ja avoimilla ikkunoilla ja ovilla on vaikutusta huonekohtaisen neutraaliakselin sijaintiin. Rakennuksen korkeus lisää paine-eroa. (Siikanen, 1996, ss. 31–35)

Paine-eroon vaikuttaa lisäksi tuuli ja tuulenpaine. Ylempien kerrosten tilojen painesuhteet vaihtelevat, kun ne tulevat yli- tai alipaineisiksi riippuen tuulen suunnasta. Pitkäaikainen samalta suunnalta puhaltava tuuli lisää seinän läpi tapahtuvaa lämmön ja kosteuden siirtymistä. Mitä tiiviimpiä rakenteet ovat sitä vähemmän tuuli vaikuttaa rakennuksen energiatalouteen ja tilojen lämpöviihtyvyyteen. Tulisijoilla lämmittäminen lisää huoneiden alipaineisuutta. (Siikanen, 1996, ss. 31–35)

Käytettäessä koneellista poistoilmanvaihtoa, se aiheuttaa paine-eron rakennuksen ulkovaippaan. Koneellisten ilmanvaihtojärjestelmien aiheuttamat painesuhteet rakennuksessa riippuvat ilmanvaihtojärjestelmän tehosta ja säädöistä, rakennuksen vaipan tiiveydestä sekä tulo- ja poistoilma-venttiilien määrästä ja sijainnista.

Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä rakennuksen painesuhteet riippuvat rakennuksen tiiveydestä ja poistoilman ja sisään puhalluksen säädöistä. Rakennus on ylipaineinen, kun sisään puhallus on suurempi kuin poistoilma. Poiston ollessa suurempi kuin sisään puhallus rakennus on alipaineinen. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän suunnitellut ilmavirrat määritellään LVI-suunnitelmissa ja ilmanvaihtojärjestelmä säädetään ennen sen käyttöönottoa. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 121)

Ympäristöministeriön asetuksen 1009/2017 uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta mukaan rakennuksen ulko- ja ulospuhallusilmavirrat on suunniteltava siten, ettei rakenteisiin aiheudu ylipaineen vuoksi rakenteita vaurioittavaa pitkäaikaista kosteusrasitusta, eikä alipaineen vuoksi epäpuhtauksien siirtymistä sisäilmaan. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017 § 21.)

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon omaavissa rakennuksissa tavoitteellinen alipaine ulkovaipan yli on 0–2 Pa ja paine-ero rappukäytävään +/- 0 Pa. (Ympäristöministeriö, 2016, s. 121)

3.3 Vaurioiden terveydellinen merkitys

Kosteus- ja homevauriot aiheuttavat sisäilmaongelmia ja edelleen terveysongelmia homeille jo aiemmin altistuneille henkilöille. Tutkimukset ovat osoittaneet, että kosteusvauriorakennuksissa on lisääntynyt riski tiettyihin hengitysteiden oireisiin ja sairauksiin. Lisäksi kemialliset yhdisteet ja mikrobien osat voivat tietyillä pitoisuuksilla aiheuttaa silmien sidekalvon ärsytyksen ja myös immunologinen tulehdusreaktio on mahdollinen. (Eduskunta, 2012, ss. 89-90)

Asumisterveyden kannalta korjaamisen lähtökohtana on asetuksessa määritetyn toimenpiderajan ylittyminen. Toimenpiderajan ylittymisenä pidetään korjaamatonta kosteusvaurioita, vaikka mikrobikasvua ei olisikaan ehtinyt muodostua.

Toimenpiderajan ylittävä lahovaurio voidaan todeta puurakenteen näkyvänä muutoksena tai mekaanisena lujouden menetyksenä. Aistinvaraisen arvion perusteella havaittua toimenpiderajan ylittymisenä pidetään kosteusvauriojäljen lisäksi sekä homeen hajua että näkyvää mikrobikasvustoa.

Homeen tai maakellarimainen haju aiheutuu mikrobien aktiivisesta kasvusta ja aineenvaihdunnasta, joka vaihtelee kosteuden mukaan. Hajun perusteella voidaan todentaa ja paikantaa mikrobikasvusto.

Näkyvä mikrobikasvusto esiintyy värinmuutoksena materiaalin pinnalla tai puuterimaisena, pölymäisenä tai pistemäisenä kasvustona. (Valvira, 2016b, ss. 4–5)

Terveydensuojelulain perusteella voidaan rajoittaa asunnon tai muun oleskelutilan käyttöä, jos terveyshaitta on ilmeinen ja se aiheuttaa välitöntä vaaraa.

3.4 Vaurioiden taloudellinen merkitys

Suomen rakennuskannan pientalojen arvo on 130 mrd € ja asuinkerrosta-
lojen 145 mrd €. Tämän perusteella rakennusten elinkaarenhallintaa pitää
kiinnittää huomiota, sillä asuinrakennusten korjaustarve on 9,4 miljardia
euroa vv. 2016–2025. (RIL, 2019)

Kosteus- ja homevauriosta aiheutuu kustannuksia kansantaloudelle niiden
aiheuttamien terveyshaittojen vuoksi. Rakennusten käyttäjien sairaste-
lusta tulee kohonneita terveydenhoitokustannuksia. Työpaikoilla tulee
tuottavuus- ja työpanosmenetyksiä, kun käyttäjät sairastelevat ja tiloja ei
pystytä hyödyntämään kunnolla. (Eduskunta, 2012, s. 13)

Kansantalouden kustannusten kannalta on hyödyllistä, että kosteus- ja ho-
meongelmia ehkäistään etukäteen panostamalla kiinteistöjen korjaukseen
ja ylläpitoon. Rakennusten kunnossapito on ollut puutteellista ja huono-
kuntoisten rakennusten korjauksia ei ole tehty ajoissa (Eduskunta, 2012,
ss. 52-55). Jo syntyneiden ongelmien selvittäminen ja korjaus mahdollisim-
man nopeasti parantavat kosteusvauriorakennuksissa oireilevien henkilöi-
den toimintakykyä. (Eduskunta, 2012, s. 143)

Onnistunut korjaus sisäilmaongelmaisessa rakennuksessa edellyttää ra-
kennushankkeeseen ryhtyvän, korjaussuunnittelijoiden ja rakennusura-
koitsijoiden yhteistyötä. (Eduskunta, 2012, s. 154)

4 MAAVARAISTEN ALAPOHJIEN RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTAPERIAATE

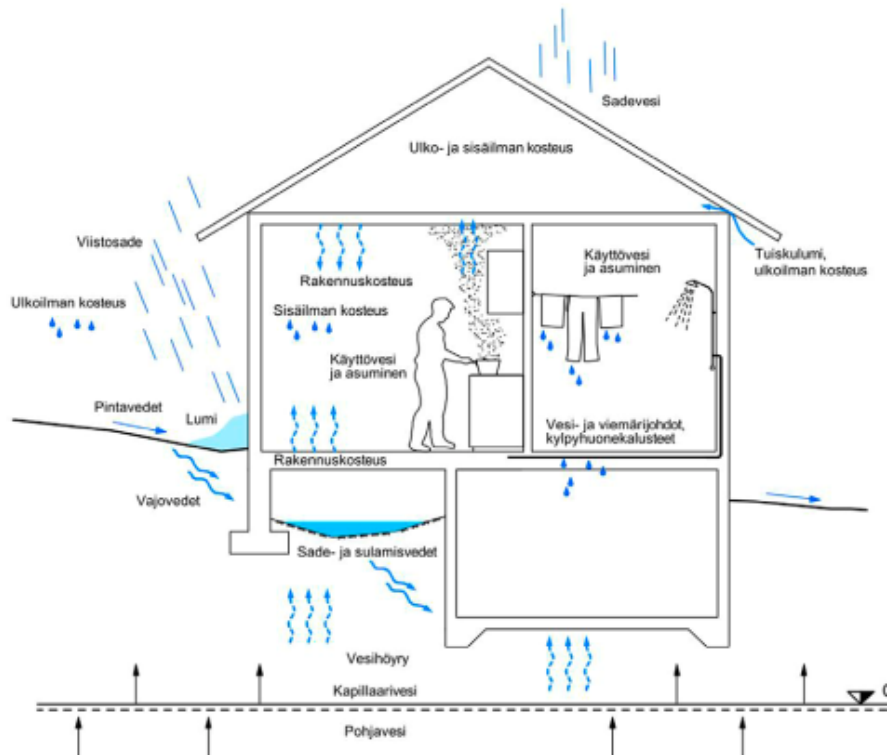
Maanvastaisia alapohjia rasittavat alapäin maaperän kosteuslähteet ja
päältäpäin ulko- ja sisäilman kosteus sekä lämpötilojen vaihtelut.

Maaperässä kosteutta esiintyy pintavetenä, pohjavetenä, vajovetenä ja
kapillaarivetenä. Maan huokosissa kosteus on vesihöyrynä tai vetenä. Ka-
pillaarivesi ja vesihöyry rasittavat näistä eniten maanvastaisia alapohjia.

Ulkoilman kosteuden ja lämpötilan vaihtelut vaikuttavat maavaraisen ala-
pohjan reunakaistojen olosuhteisiin. Alapohjan keskialueella on vakaam-
mat olosuhteet. Ulkoilman suhteellinen kosteus ei vaihtele paljon vuoden
aikana, mutta ilman vesihöyrypitoisuus g/m^3 vaihtelee paljon. Heinä-elo-
kuussa ilman vesihöyrypitoisuus on suurimmillaan, koska kesän lämmin
ilma sitoo suuremman määrän kosteutta.

Sisäilman aiheuttamaan kosteusrasitukseen vaikuttavat sisäilman suhteel-
lisen kosteuden vaihtelut, joka johtuu ulkoilman kosteuspitoisuuden vaih-

telusta vuodenaikojen mukaan. Sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttava lisäksi rakennuksen sisäisistä lähteistä kehittyneen kosteuden määrä ja ilmanvaihdon suuruus. Maanvaraisessa alapohjassa on myös betonilaatan rakennuskosteutta lisänä, jos rakenne on uusi.



Kuva 7. Rakennuksen kosteuslähteet (Ympäristöministeriö, 2016, s. 107).

4.1 Sateen vaikutus

Sateesta tulee rakennuksiin suurin kosteusrasitus ja se on suurimmillaan syksyllä, kun sateisia päiviä on paljon ja kuivuminen on hidasta. Kosteusrasitus ilmenee vetenä, lumena ja jäänä. Sateet kastelevat seiniä ja roiskevesi seinänvierustoja, jos räystäät ovat lyhyet. Sade tulee pysty- ja viistosateena, jossa rasitus kohdistuu eniten julkisivun yläosiin räystäättömissä rakennuksissa. Räystäällisissä pientaloissa suurin rasitus tulee julkisivun alasiin. Tuulelle alttein ilmansuunta on lounas, joten viistosade kohdistuu eniten lounaan puoleisille julkisivuille. Tuuli voi kuljettaa sadevettä ylöspäin rakennuksen tuulenpuoleisella seinällä, kun ilmavirtaus nousee ylöspäin. Rakennuksen vaaka- ja pystypinnoilla sekä maanpinnalla vesi kulkeutuu painovoiman vaikutuksesta eteenpäin.

Rakennuksen ympärillä oleva maanpinta tulee muotoilla niin, että se kallistaa rakennuksesta pois päin 1:20 kaltevuudella vähintään kolmen metrin

matkalla, jotta sadevesi ohjautuu rakennuksesta kauemmaksi eikä rasita perustuksia ja alapohjaa. Rakennuksen katolta tulevat sadevedet kerätään vesikouruilla ja syöksytorvilla erilliseen sadevesijärjestelmään, jolloin katolta tulevat vedet eivät jää rasittamaan rakennuksen ympäristöä. Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 18 § mukaisesti maanpinnan kuivatus on suunniteltava ja hulevedet hallittava siten, että hulevedet johdetaan pois rakennuksen vierestä hulevesijärjestelmän avulla.

Keskimäärin puolet sataneesta pintavedestä haihtuu takaisin ilmaan. Saateesta muodostuvasta pintavedestä imeytyy maahan n. 20 % vajovetenä, painovoiman vaikutuksesta. Se aiheuttaa kosteusrasitusta perustuksille. 30 % sadevedestä valuu rakennuksesta poispäin maan pintaa pitkin vesistöihin. (Leivo & Rantala, 2002, ss. 9-10)

Vajovesivyöhykkeellä oleva vapaa vesi liikkuu painovoiman vaikutuksesta kohti pohjavettä. Kaikki vajovesi ei saavuta pohjavettä, vaan haihtuu pois maan huokosista. Muu vajovesivyöhykkeellä oleva vesi on höyrynä, kapillaarivetenä ja adsorptiovetenä. (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 110-115; Leivo & Rantala, 2002, s. 10)

4.2 Pohjavesi

Pohjavedenpinnan korkeus vaihtelee vuodenaikojen, sademäärien ja maaperän laadun ja paikallisen viemäroinnin tasojen mukaan. Pohjavedellä tarkoitetaan vettä, joka on jatkuvasti tietyllä syvyydellä maa- tai kallioperässä. Pohjaveden pinta asettuu pohjavesialueelle tulevan ja painovoimaisesti poistuvan veden erotuksena. Pohjavesi on yleensä yhteydessä jokiin ja järviin. Pohjavesi voi esiintyä myös orsivetenä, jolloin pohjavesi muodostuu savialtaan päälle, jossa sen pinta pysyy vakiona. Pohjaveden pinnan alla maan huokokset ovat kokonaan vedellä kyllästyneet. Pohjaveden pinnan yläpuolella on kapillaarivyöhyke, jonka huokosissa on kapillaarivoimien vaikutuksesta nousutta vettä. (Leivo & Rantala, 2002 ss. 9-10; Siikainen, 1996, s. 52).

Pohjaveden pinnan korkeus tulee ottaa huomioon rakennuksen perustussyvyyttä määriteltäessä. Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 17 § mukaan rakennuspohjan salaojitus on suunniteltava veden kapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittäväällä etäisyydellä rakennuksen alapohjasta. Salaojituksella johdetaan perustusten kuivatusvedet pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. Rakennuspohja voidaan jättää salaojittamatta, jos perustamis- ja pohjaolosuhdeselvityksen perusteella varmistetaan, että perusmaan vedenläpäisykyky ja pohjaveden korkeus eivät aiheuta haittaa rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle.

4.3 Kapillaarisuus

Veden kapillaarista siirtymistä esiintyy aina, kun rakenne on kosketuksessa vapaaseen veteen tai kapillaarisessa kontaktissa toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan maaperään. Lisäksi kosteuden kondensoituminen rakenteeseen tai sen pinnoille mahdollistaa veden kapillaarisen siirtymisen rakenteissa. Rakenteet toimivat yleensä kosteusteknisesti luotettavasti, jos niissä ei ole veden kapillaarista siirtymistä (Ympäristöministeriö, 2016, s. 112).

Normaaleissa olosuhteissa maa-aineksessa on vettä sekä vesihöyryä, että nesteitä. Maalajin huokokset ovat yleensä toisiinsa liittyneitä ja muodostavat huokosverkoston, jossa ilma, vesi ja vesihöyry voivat kulkeutua potentiaalierojen vaikutuksesta. Potentiaalieroja ovat vesihöyryn osapainero eli diffuusio ja kapillaarinen vedenpaine-ero.

Kapillaarisessa vedenliikkeessä kosteus siirtyy rakenteen huokosissa nesteinä, joka aiheutuu kapillaaristen voimien aiheuttamasta huokosalipaineesta. Maaperän kapillaarisuudella tarkoitetaan sitä, kuinka paljon jokin maalaji nostaa vettä ylöspäin maan huokosissa, maarakeiden kapillaarivoimien vaikutuksesta. Maaperässä kapillaarivoimat nostavat vettä pohjavedenpinnan yläpuolella.

Veden kapillaarinen nousu loppuu, kun kapillaarivoimat ja painovoima ovat tasapainossa. Silloin huokosalipaine ja hydrostaattinen paine ovat nousukorkeutta vastaavan vesipatsaan korkeudella yhtä suuret. Maaperän vesisisältö ja pohjavedenpinnan korkeus vaikuttavat nousevan veden määrään ja kapillaariseen nousukorkeuteen, joten se vaihtelee näiden mukaisesti. Kapillaarista veden liikettä tapahtuu myös sivusuunnassa.

Maalajin kapillaarisuus riippuu maalajin rakeisuudesta ja sen sisältämän hienoaineksen määrästä. Hienorakeisemmat maalajit nostavat vettä korkeammalle kuin karkearakeiset, koska mitä pienempi huokonen on, sitä suurempi huokosalipaine voi olla. Huokosalipaineen riippuvuudesta seuraa, että vesi voi siirtyä kapillaarisesti myös suurempihuokoisesta materiaalista pienempihuokoiseen materiaaliin ja suuremmista huokosista pienempiin huokosiin materiaalin sisällä (Ympäristöministeriö, 2016, s. 112).

Talon alla, maaperästä ylöspäin kapillaarisesti nouseva vesi ja pohjavesi, katkaistaan karkealla sora- tai sepelikerroksella. Tämän kapillaarikatkokerrokseen käytettävän kiviaineksen rakeisuuden tulee olla tutkittu, ettei siinä ole kapillaarista nousua aiheuttavia hienoja rakeita. Kerroksen on oltava paksumpi kuin materiaalin kapillaarisen nousukorkeuden, kuitenkin vähintään 200 mm. Kapillaarikatkokerros levitetään kaivumontussa tasoitettun perusmaan päälle, joka on keskeltä korkeampi, ja viettää 1:100 reunoja kohti. Perusmaan päällä mahdollisesti virtaavat vedet johdetaan montun reunoilla sijaitseviin salaojiin yhtenäisellä kapillaarikatko- ja salaojituskerroksella. Rakennuksen anturan vieressä olevat salaojat sijoitetaan

anturan alapinnan alapuolelle. Laajemmissa rakennuksissa on salaojia myös rakennuksen keskellä. Kapillaarisen liikkeen katkaiseva sepelikerros ei kuitenkaan estä diffuusiolla tapahtuvaa kosteusvirtaa.

Alapohjalaatan läpi voi tulla kapillaarisesti vettä, jos se on lähellä pohjaveden pintaa tai maapohja on kostea. Kosteus ei saa siirtyä haitallisesti perusmuurista ja alapohjan betonilaatasta alasidepuuhun eikä yläpuolisiin seinä- ja lattiarakenteisiin Ympäristöministeriön asetuksen 782/2017 22 § mukaan. Rakennesuunnittelussa tulee kosteuden kapillaarinen siirtyminen estää kapillaarisuuden estävällä bitumikermillä tai -sivelyllä.

Rakennusaineeseen muodostuu kapillaarinen vesirintama, jos siihen kulkeutuu kapillaarista kosteutta. Vesirintaman korkeus asettuu tasapainoon rakenteen pinnoilla tapahtuvan kosteuden haihdunnan kanssa. Haihtumisnopeus riippuu haihtumisenergian saannista ja rakenteen pinnoitteen kosteudenläpäisevyydestä. Koska kapillaarisesti siirtyvä vesimäärä riippuu rakenteen poikkileikkauksesta, kapillaarisesti siirtyvän vesirintaman korkeus on sitä suurempi, mitä pienempi on pinnoitteen kosteudenläpäisy (Ympäristöministeriö, 2016, s. 112).

Kapillaarinen veden siirtyminen on kymmeniä kertoja diffuusiolla siirtyvää kosteutta suurempaa (FISE, 2016).

4.4 Ilman vesihöyry

Ilma on kaasuseos ja se sisältää pääasiassa typpeä, happea, argonia, hiilidioksidia ja vesihöyryä. Seoksen kaasut aiheuttavat jokainen erikseen tietyn osapaineen ja vallitseva ilmanpaine on näiden osapaineiden summa.

Ilman vesihöyryn osapaine voi kohota jossakin lämpötilassa enintään tiettyyn arvoon, jota sanotaan kyllästymispaineeksi. Se suurenee lämpötilan kohotessa. Kääntäen verrattuna jokaista osapainetta vastaa tietty lämpötila, joka sisältää enintään tietyn määrän vesihöyryä ja jonka alapuolelle lämpötila ei voi laskea ilman että vesihöyry alkaa tiivistymään. Tätä lämpötilaa nimitetään kyllästymislämpötilaksi eli kastepisteeksi. Mitä suurempi lämpötila on, sitä suurempi on kyllästyskosteus.

Ilman vesihöyrypitoisuus voidaan ilmoittaa suhteellisena kosteutena RH %, joka tarkoittaa absoluuttisen kosteuden suhdetta vesihöyryn kyllästämän ilman kosteuteen samassa lämpötilassa. Ilman vesihöyrypitoisuutta kuvataan todellisena vesihöyrypitoisuutena v (g/m^3). Ulkoilman vesihöyrymäärä vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Suhteellinen kosteus on alhaisimmillaan alkukesästä. Todellinen vesihöyrypitoisuus on korkeimmillaan tasolla $9,5 \text{ g}/\text{m}^3$ heinä-elokuussa ja alhaisimmillaan tasolla $2 \text{ g}/\text{m}^3$ tammi-helmikuussa. Ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelee myös sateiden ja auringonpaisteiden mukaisesti. Ulkoilman vesihöyrypitoisuus siirtyy sisäil-

maan ilmanvaihdon kautta tietyllä viiveellä, riippuen ilmanvaihdon nopeudesta. Sisäilman vesihöyrymäärä ei ole kuitenkaan suoraan ulkoilman vesihöyrymäärä.

Sisäilman kosteus muodostuu ulkoilmasta tulleesta kosteudesta ja rakennuksen sisällä olevien kosteuslähteiden kosteustuotosta. Rakennesuunnittelussa ja seinien rakennefysikaalisessa suunnittelussa sisäilman kosteuslisäksi valitaan 3, 5 tai yli 5 g/m³ (pieni-normaali-suuri) riippuen tilojen tulevasta kosteusrasituksesta.

Jos ulkoilman $t = + 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ja suhteellinen kosteus on 62 % ja + 21 °C sisäilman massa oletetaan kosteuslisäksi 3,5 g/m³, saadaan sisäilman suhteelliseksi kosteudeksi

$$RH = \frac{v}{v_k} = \frac{9,36}{18,31} * 100 \% = 51 \% \quad (1)$$

jossa $v = 0,62 \times 9,45$ (taulukoista + 10 °C vastaava kosteus) = 5,86 g/m³, sisäilman kosteuspitoisuus 5,86 + 3,5 = 9,36 g/m³. Sisäilman + 21 °C vastaava kyllästyskosteus on 18,31 g/m³ (taulukoista).

v = todellinen vesihöyrypitoisuus (g/m³)

v_k = kyllästyskosteus (g/m³)

Rakenteita tarkemmin tutkittaessa mitataan yleensä tietyn rakenneosan suhteellinen kosteus, koska se ilmaisee parhaiten sen, tiivistyykö kosteus rakenteeseen tai onko rakenteessa niin paljon kosteutta, että siinä on mikrobikasvulle otolliset olosuhteet.

4.5 Kosteuden tiivistyminen

Ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy rakenteen pinnalle tai sisälle vedeksi tai jääksi silloin, kun ilman lämpötila laskee alle kastepistelämpötilan. Pinnalle tiivistyvä kosteus vältetään, jos pintalämpötila on suurempi kuin ympäröivän ilman kastepistelämpötila.

Rakennukset rakennetaan niin, ettei rakenteiden sisäpinnoille tapahdu tiivistymistä normaaliolosuhteissa. Kosteutta ei tiivisty, jos rakenteen lämmöneristävyys eli lämmönvastus on riittävä ja rakenteen pintalämpötila on sen vuoksi riittävän korkea. Rakenteiden kylmäsillat tulee katkaista. Toinen seikka on sisäilman kosteuspitoisuus, joka ei saa nousta liian korkealle tiivistyäkseen viileämmille pinnoille. Sisäilman kosteuspitoisuus pysyy hallituissa rajoissa, kun rakennuksen ilmanvaihto pidetään päällä lvi-suunnitelmien mukaisissa arvoissa. Ilmanvaihtolaitteistot vaativat säännöllistä huoltoa ja ilmanvaihtokanavat tarvitsevat puhdistusta niiden likaannuttua.

Rakennuksen vaipan eri osien kosteuspitoisuudet vaihtelevat jatkuvasti vuodenaikojen, auringon paisteen ja sateen mukaan. Rakenteen tulee olla sellainen, ettei se kerää kosteutta vuosien kuluessa. Rakenteen sisään voi

tiivistyä kosteutta talviaikaan sisältä tulevasta kosteudesta, joka tapahtuu diffuusiolla tai konvektiolla. Höyryjen osapainelain avulla selitettynä tiivistymistä tapahtuu, mikäli vesihöyryn osapaine ylittää rakenteen sisällä tietyn kohdan lämpötilaa vastaavan kyllästyspaineen. Rakenteen tulee olla sellainen, että mahdollisesti tiivistynyt kosteus haihtuu pois ennen kuin ehtii syntymään kosteuskertymää. Kattorakenteissa jääksi tiivistynyt kosteus voi aiheuttaa keväisin kattovesivuotojen kaltaisia ilmiöitä.

Kesäaikana rakenteeseen tulee kosteutta ulkoa sisälle päin, sillä diffuusion suunta muuttuu, jos ulkona on lämpimämpää kuin sisällä. Suomen ilmasto-olosuhteissa kesän aikana rakenteeseen tullut kosteus ehtii haihtua pois ennen talvikautta varsinkin höyrynsululla tehdyissä rakenteissa.

Diffuusion aiheuttama vesihöyryn tiivistyminen rakenteeseen estetään tekemällä rakenteet lämpimältä puolelta riittävän vesihöyrytiiviksi, jotta vesihöyry ei tiivisty kylmempiin rakennusosiin vetenä tai jäänä. Rakennekerrokset suunnitellaan niin, että rakenteen vesihöyrynvastus pienenee lämpimästä kylmään siirryttäessä. Rakenteen lämpimälle puolelle laitetaan diffuusio- ja ilmatiivis kerros höyrynsulkumuovista, vuorauspaperista, tiivistä eriste- tai rakennuslevystä. Tiivis kerros estää rakenteen läpi myös konvektiolla tapahtuvat ilmavuodot ja konvektiokosteudesta aiheutuvat kondenssivauriot. (Siikanen, 1996, s. 57; Ympäristöministeriö, 2016, s. 114)

4.6 Kosteuskapasiteetti

Kosteuskapasiteetilla tarkoitetaan materiaalin kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta. Kosteuskapasiteetin merkitys korostuu erityisesti puurakenteissa. Puun kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta voidaan käyttää rakenteellisesti hyödyksi sijoittamalla puuperäisiä lämmöneristeitä seinämärakenteisiin tasaamaan vesihöyryn muodossa olevan kosteuden kulkeutumista rakenteissa ja vähentämään kosteusvauriovaaraa. (Siikanen, 1996, s. 61).

4.7 Kosteuden siirtyminen diffuusiolla

Kaasujen osapainelain mukaan epämääräisesti jakautuneessa kaasuseoksessa kaasumolekyyleillä on pyrkimys liikkua siten, että syntyy tasaisesti jakautunut kaasuseos. Tätä ilmiötä kutsutaan diffuusioksi. Vesihöyry on kaasumaisessa muodossa, joten vesihöyrypitoisuuksien ero sisä- ja ulkoilman välillä saa aikaan diffuusion. Rakennustekniikassa diffuusiolla tarkoitetaan kosteuden liikkumista vesihöyrynä rakenteiden läpi.

Huoneilman sisältämä kosteus kulkeutuu rakenteisiin vesihöyryn osapaine-eron aikaansaaman diffuusion avulla. Diffuusion suunta on suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään. Tärkein diffuusion suuntaan vaikuttava tekijä on tilojen välillä vallitseva ilman kosteusero. Kosteus pyrkii diffundoitumaan rakenteen läpi tilaan, jonka ilman vesihöyryn osapaine

on pienempi. Vesihöyryn diffundoituminen pyrkii tasoittamaan ko. osapaineen kaikkialla samaksi. Yleensä myös absoluuttinen kosteus on pienempi. Diffuusion suunta kylmästä lämpimään on mahdollinen, jos kylmemmän tilan kosteuspitoisuus on suurempi kuin lämpimän. Yleisimmin diffuusion suunta on lämpimästä tilasta kylmempään päin.

Diffuusion merkitys on talvella suurempi kuin kesällä, koska talvella sisä- ja ulkoilman välinen vesihöyryn osapaine-ero on suurempi. Talvella rakenteessa oleva vesihöyry siirtyy ulospäin. Kesällä kosteus siirtyy diffuusiolla ulkoa sisälle päin niinä aikoina, kun ulkoilman lämpötila on suurempi kuin sisälämpötila. Höyrynsulullisessa seinässä sisään ja ulos siirtyvän kosteuden määrä on pitkällä aikavälillä suurin piirtein tasapainossa. Höyrynsuluttomassa seinässä sisältä ulos siirtyvä kosteus on moninkertainen verrattuna ulkoa sisälle siirtyvään kosteuteen (Ympäristöministeriö, 2016, s. 114).

Maanvaraisen laatan alla olevassa täyttökerroksessa on huokosilman suhteellinen kosteus käytännössä aina lähellä RH 100 %, mutta kuivempikin se voi olla. Alapohjan yli muodostuu kosteusero, joka pyrkii tasaantumaan. Vesihöyry voi silloin siirtyä sisäilmasta alaspäin tai maaperästä ylöspäin. Laskelmissa maaperän suhteelliseksi kosteudeksi oletetaan 100 %. Lämpimässä (+ 15 – + 17 °C) ja kosteassa RH 100 % alustäytössä on silloin suurin vesihöyryn osapaine, joka pyrkii tasaantumaan pienemmän osapaineen suuntaan eli sisälle päin. Diffuusiovirran suuruus riippuu betonilaatan paksuudesta ja sen vesihöyrynläpäisevyys ominaisuuksista sekä maan lämpötilasta, sisäilman lämpötilasta ja sisäilman suhteellisesta kosteudesta. (Leivo & Rantala, 2002, s. 2; Siikanen, 1996, s. 56).

4.8 Kosteuden siirtyminen konvektiolla

Konvektiolla tarkoitetaan ilmavirtausta, jossa ilma virtaa suuremmasta paineesta pienemmän paineen suuntaan rakenteen yli vallitsevan ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Vesihöyryä siirtyy konvektiossa ilmavirtausten mukana rakenteessa olevien reikien ja rakojen kautta. Konvektiovirtauksen aiheuttaa kokonaispaine-ero, joka muodostuu ilman lämpötilaeroista, tuulen vaikutuksesta ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminnasta. Virtaavan ilman määrä riippuu paine-erosta, materiaalin ilmanläpäisevyydestä ja rakenteessa olevien rakojen virtausvastuksesta. Materiaalien ilmanläpäisevyydessä on suuria eroja. Konvektiota tapahtuu myös huokoisen lämmöneristeen sisällä, jonne muodostuu luonnollinen ilmankierto eristeen sisäisistä lämpötilaeroista johtuen.

Kosteusvaurion kannalta vesihöyryn konvektio muuttuu kriittiseksi, kun ilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi ulospäin. Ilmassa oleva kosteus tiivistyy rakenteeseen, jos ilma jäähtyy rakenteessa alle kastepisteen. Mikrobivaurioitumisriski on silloin olemassa rakenteen kylmissä osissa. Tiivistymisalueen sijainti riippuu rakenteen lämpötilajakaumasta.

Kosteuskonvektion estämiseksi rakennukset suunnitellaan hieman alipaineisiksi, jotta lämmintä ilmaa ei virtaa kylmiin rakenteisiin. Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmamäärien säädöillä hallitaan rakennuksen painesuhteita. Rakenteen vesihöyrynläpäisevyydestä, ilmanläpäisevyydestä ja tiiveydestä riippuu, kumpi kosteudensiirtymismuoto on hallitseva: diffuusio vai kosteuskonvektio.

Rakenteet tehdään sisäpinnasta ilmatiiviiksi haitallisten ilmapuotojen estämiseksi, sillä konvektiolla halkeamien läpi siirtyvä kosteuden määrä on merkittävämpi kuin diffuusiolla siirtyvä kosteuden määrä. Siten rakenteen sisäpinnan ilmatiiveys on tärkeää. Käytännössä rakennuksen vaipan tekeminen ilmanpitäväksi vaatii huolellisuutta. Vaurioriski on olemassa, jos rakenteen lämpimällä puolella ylipaine tulee hallitsevaksi (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 115–116; Siikanen, 1996, ss. 56–57).

4.9 Lämmönsiirtyminen johtumalla

Lämpö siirtyy rakenteessa tai tilassa johtumalla, säteilemällä tai ilmavirtauksen mukana konvektiolla. Johtumisessa molekyylien liike-energiaa siirtyy molekyylistä toiseen. Tapahtuu lämmön virtausta. Lämpö pyrkii tasoittumaan väliaineessa eli virtaamaan lämpimästä kylmempään päin. Lämmön johtumista esiintyy kiinteissä aineissa ja nesteissä. (Björkholtz, 1997, s. 12)

Tasoittumisnopeus eli lämpövirta merkitään

$$q = \lambda * \frac{t_1 - t_2}{d} \quad (2)$$

$t_1 - t_2$ = kappaleen tai seinämän yli vallitseva lämpötilaero (°C)

λ = materiaalin kappaleen tai seinämän lämmönjohtavuus (W/m*°C)

d = kappaleen tai seinämän paksuus (m)

Suhdetta d / λ kutsutaan lämmönvastukseksi R

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

4.10 Lämpökapasiteetti

Lämpökapasiteetilla eli lämmönvaraamiskyvyllä tarkoitetaan kappaleen kykyä sitoa ja varastoida itseensä lämpöä. Aineen tilavuuslämpökapasiteettiin vaikuttava aineen tiheys S (kg/m³) ja ominaislämpö c (kJ/kg*°C). (Siikanen, 1996, s. 47)

Tilavuuslämpökapasiteetti

$$\frac{c}{v} = S * c \quad (4)$$

Aineeseen varastoituva lämpöenergia

$$Q = m * c * \Delta T \quad (5)$$

m = aineen massa tai tilavuus kg tai m^3

c = aineen ominaislämpö /kg tai / m^3

ΔT = lämpötilan muutos $^{\circ}C$

4.11 Lämmöneristys betonilaatan alla

Kosteusteknisesti varmempi maanvarainen alapohjarakenne on sellainen, jossa lämmöneristys on sijoitettu betonilaatan alle. Tällaisessa rakenteessa alaspäin menevä vesihöyry ei aiheuta vahinkoa, koska lattiapinnoite yleensä muodostaa tiiviin pinnan kosteuden siirtymisen kannalta. Ylöspäin tuleva kosteus ei voi tiivistyä, koska se menee lämpimämpää tilaa kohti. (Björkholtz, 1997, s. 113)

4.12 Lämmöneristys betonilaatan päällä

Maanvaraisten laattojen ensimmäinen rakennetyyppi oli lämmöneristys laatan päällä. Laatan alla ei ollut lämmöneristystä. Rakenteessa oleva betonilaatta sijaitsee lämmöneristysten kylmemmällä puolella, joten sen suhteellinen kosteus noudattelee maaperän kosteutta, ja on useimmiten lähellä 100 %. Ylöspäin nouseva kosteus on estetty laatan pintaan laitetulla kosteuseristyksellä, joka oli bitumisively tai -huopa. Tämä ei ole nykyohjeiden mukainen rakennetyyppi, mutta se voi täyttää olennaiset tekniset vaatimukset.

Uiva puulevyllattia tehtiin suoraan solumuovisen lämmöneristeen päälle, jolloin uivan rakenteen puuosat olivat lämpimällä puolella. Yleisempi rakenne on ollut jo aiemminkin mainittu koolauksen varaan tehty puulattia, jossa ongelmaksi muodostuu ulkoseinän vierellä oleva kylmempi reuna-alue. Vaikka laatta on kosteuseristetty, huoneilman kosteus voi tiivistyä kylmän laatan pintaan.

Koolauspuut ja orgaaninen lämmöneriste ovat vaurioalttiita tässä tapauksessa. Perusmuuri tulee olla hyvin lämmöneristetty, samoin kuin perustusten. Ne nostavat laatan reuna-alueen lämpötilaa. Ohut eristys lattiassa on ollut parempi ratkaisu kuin paksu eriste: laatan pinta pysyy lämpimämpänä ja kosteuden tiivistymisen mahdollisuus pienenee. Maaperän ja alapuolisten täyttökerrosten lämmönjohtavuuden arvoilla on merkitystä eristepakisuuden valintaan. (Björkholtz, 1997, s. 115)

4.13 Maan lämpöolosuhteet

Maan lämmönjohtavuus (λ) riippuu maan huokosissa olevasta ilmamäärästä ja maalajista. Maan lämmönjohtavuus vaihtelee riippuen maan huokosten suhteellisesta kosteudesta ja niiden vesipitoisuudesta. Maan lämmönjohtavuus voi kasvaa parhaimmillaan yli satakertaiseksi huokosissa olevan vesimäärän kasvaessa. Maan lämmönjohtavuus riippuu myös kiviaineksen kvartsipitoisuudesta, koosta, muodosta ja jakaumasta maaperässä.

Maaperässä tapahtuvat lämmönmuutokset ja huokosissa olevan vapaan veden määrä aiheuttavat jatkuvia muutoksia alapohjan alla olevissa maakerroksissa. Kosteuden sitoutuminen ja siirtyminen riippuvat laatan alla olevan maan lämpökentästä. Lämpötilaan ja kosteuteen liittyviä asioita tarkastellaan sen vuoksi yhdessä (Leivo & Rantala, 2002, s. 2).

Maanvaraisen laatan alla on lämpökenttä, jossa laatan keskikohdan alla on suhteellisen tasaiset lämpötilaolosuhteet ympäri vuoden. Reunoja kohti mentäessä lämpötila pienenee siten, että perusmuurin kohdalla lämpötila alkaa selvästi laskemaan. Uuden rakennuksen maanvaraisen alapohjan alapuolisen maaperän lämpötila vaihtelee $+ 0 - + 15$ °C ennen lämmittämistä. Rakennuksen lämmityksen aloittamisen jälkeen maaperän lämpötila alkaa kohota ja saavuttaa tasapainolämpötilan keskimäärin ensimmäisen lämmityskauden jälkeen lattialämmitystaloissa. Lopullinen pohjamaan lämpötila laatan alla riippuu käytetyistä eristysratkaisuista. Syvemmillä maaperässä, lähellä pohjaveden pintaa, maan lämpötila on $+ 5 - + 7$ °C.

TTKK:n tekemän tutkimuksen nro 106 (Leivo & Rantala, 2000, s. ii) mukaan 15 vuoden aikana pohjamaan lämpötila on jo hyvin vakioitunut. Esimerkiksi sisälämpötilan ja laatan lämpötilan ollessa $+ 20$ °C, mittauksissa on havaittu 100 mm pohjalaatan alapuolen lämpötilaksi $+ 15 - + 16$ °C, silloin kun on käytetty 100 mm lämmöneristettä ($\lambda=0,040$) pohjalaatan päällä.

Ulkolämpötilasta aiheutuva pohjamaan lämpötilan vuorokausivaihtelu ulottuu TTKK:n tutkimusmittausten nro 128 (Leivo & Rantala, 2005, s. 5) mukaan 1,5–2 metrin päähän rakennuksen ulkoseinälinjasta. Rakennuksen keskellä pohjamaan lämpötilan vaihtelu on vähäisempää ja ne johtuvat lähinnä laatan lämpötilamuutoksista. Rakennuksen reuna-alueella maa on siten viileämpi kuin keskeltä. Talvella reuna-alueen lämpötila putoaa enemmän, jos perusmuurin lämmöneristys on heikko. Leivon ja Rantalán vuoden 2000 tutkimuksen s. 59 mukaan maanvastaisen alapohjan alapuolisessa maassa rakennuksen keskellä lämpötila vaihteli vuoden aikana $+ 13,0 - + 16,5$ °C, riippuen maalajista ja paikkakunnasta.

Eristeen paksuntaminen vähentää maahan menevää lämpöä ja sitä kautta pohjamaan lämpenemistä ja vähentää ylöspäin suuntautuvaa kosteusdiffuusiota. Jos maanvaraisessa laatasta ei ole lämmöneristettä, on maan lämpö pohjalaatan alla vuoden kuluttua rakentamisesta lähes sama kuin sisälämpötila. Eristämättömän laatan alapuolinen maa lämpiää vuosien

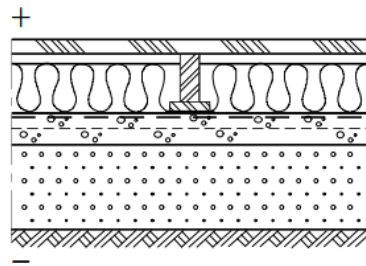
kuluessa yhä enemmän ja kosteusdiffuusio on sitä suurempi ylöspäin. Mitä lämpimämpi maa on, sitä suurempi on maan huokosten vesihöyrypitoisuus.

Alapohjarakenteesta riippumatta diffuusion suunta muuttuu alapohjarakenteessa ylöspäin, kun maan lämpötila nousee n. + 10 °C:een. Sisälämpötilan ollessa + 21 °C ja RH 50 %, maan RH 100 %. TTKK:n nro 106 mallinnusten mukaan tämä lämpötila saavutetaan jo parin vuoden kuluttua rakentamisesta tavanomaisella alapohjalaatan alla olevalla eristeellä. Rakenteen toimivuuden kannalta voidaan todeta, että suunnitellut alapohjarakenteet toimivat tässä lämpötilassa.

Maan lämpötilan noustessa tästä ylöspäin kasvavat kosteuden tiivistymisen ja yksittäisen materiaalin kriittisen kosteuspitoisuuden ylittymisen riskit. Rakennuksen lämpötilan ollessa +20 ympäri vuoden, maan tulee lämmetä yli + 20 °C:een ennen kuin yleisimmin käytettyihin alapohjarakenteisiin voi tiivistyä kosteutta. Alapohjan alla olevan maan lämpeneminen on mahdollista, jos laatussa ei ole ollenkaan lämmöneristettä, tai pinta-alataan suuressa laatussa ei ole keskiosalla lämmöneristettä tai laatan alla kulkee lämpöputkia. Mikäli alapohjan alla oleva maa on lämmennyt, toimiva lattiarakenne saadaan valitsemalla lattiarakenteeksi riittävän hyvin vesihöyryä läpäisevä rakenne.

Lattialämmityksessä alapohjassa pohjamaa on lämpimämpi kuin lämmittämättömässä. Lämpövuoto on maahan 30 % suurempi, ja pohjamaa lämpeenee enemmän samalla eristepaksuudella. Lattialämmityksessä tulee käyttää paksumpia eristepaksuuksia, jotta lämpövuoto pysyy samana kuin ilman lattialämmitystä oleva laatta. Lattialämmitys nopeuttaa laatan kuivumista alaspäin, koska lattialämmityksessä laatussa on suurempi lämpötilaero alaspäin. Lattialämmitetyn laatan energiataloudelliseksi lämpötilaksi suositellaan + 25 °C ja energiatalouden kannalta sopiva eristepaksuus on 150–200 mm EPS. Rakennuksen muiden rakennusosien tulee omata niin hyvät lämmöneristysarvot, että + 25 °C lämpöisellä lattialämmityksellä pystytään lämmitystarve toteuttamaan. Samoin ilmanvaihdossa tulee ottaa huomioon lattialämmityksen lämpötilat ja lämmönluovutuskyky. (Leivo & Rantala, 2005, s. 5)

TTKK:n julkaisun 106 mukaan kuvan 8 mukaisessa rakenneratkaisussa diffuusion suunta on maaperästä ylöspäin. Kuvan mukainen rakenne toimii moitteettomasti rakennuksen keskellä seuraavilla laskennallisilla arvoilla: sisälämpötila + 21 °C ja RH 50 %, maan RH 100 % ja maan lämpötila + 12 °C. Maapohjan lämpötilan noustessa kosteuden tiivistymisen höyrystulun alapintaan kasvaa. Riskilämpötila tälle rakenteelle on maapohjassa n. + 24 °C. (Leivo & Rantala, 2000, ss. 64-68)



Ponttilaudoitus
 koolaus + lämmöneriste 100 mm
 mineraalivilla
 höyrynsulku, 0,2 mm muovi
 betoni 100 mm
 salaojasora 200 mm

Kuva 8. (Leivo & Rantala, 2000, s. 63).

5 KORJAUSSUUNNITTELU

5.1 Suunnittelun ohjaus

Suunnittelun ohjaus on korjaustyön tilaajan tehtävä. Rakennushankkeeseen ryhtyvä tilaaja vastaa siitä, että rakennuksesta tulee terveellinen ja turvallinen (MRL 132/1999, 117 c §). Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn rakennusluvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennushankkeessa on kelpoisuusvaatimukset täyttävät suunnittelijat ja työnjohtajat.

Tilaaja voi antaa sopimuksilla rakennushankkeeseen ryhtyvän tehtävät rakennuttajakonsultin hoidettavaksi, jos tilaajalla ei ole omaa rakennuttamisorganisaatiota tai tilaaja ei omaa riittävää ammattitaitoa tehtävään. Suunnittelun ohjauksen tarkoituksena on saada tilaajalle tilaajan tarpeita vastaava lopputulos ja tuottaa hyväksyttävät suunnitelma, joten suunnittelun ohjaus on keskeinen tehtävä koko hankkeen kannalta. Suunnitelmassa tulee olla tarvittavat tiedot rakennustyötä varten ennen urakkaa, jotta urakka voidaan hinnoitella oikein, ja myös sen aikana.

Korjaustyön tilaajan on teetettävä riittävän kattavat kuntotutkimukset, jotta saadaan tehtyä kunnolliset korjaussuunnitelmat. On tiedostettava, että rakennukset ikääntyvät aikojen kuluessa ja omassakin talossa on korjausta vaativia vikoja. Rahaakin joudutaan käyttämään ylläpitoon. Kuntoarvioista ja -tarkastuksista ei aina ole korjaussuunnittelun pohjaksi. Ne ovat silmämääräisiä selvityksiä, joissa ei välttämättä saada selville vaurioiden todellisia syitä. Arvion tulos teko riippuu tekijän kokemuksesta ja ammattitaidosta. Kuntoarvioissa tehdään ehdotuksia kuntotutkittavista kohdista, mutta monesti voivat kuntoarviot olla turhia siinä vaiheessa, kun tarvittaisiin oikeastaan jo kuntotutkimuksia ja peruskorjaushankkeen suunnittelua.

Kuntotutkimuksilla tutkitaan rakenteen tai rakenteiden todellinen kunto. Tutkimukset perustuvat todellisiin havaintoihin ja mittauksiin. Kuntotutkimuksissa tehdään ensin tutkimussuunnitelma ja kartoitus tutkittavista rakennusosista (Ympäristöministeriö, 2016, s. 21). Parhaimpaan tulokseen päästään, kun tehdään kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, jossa tutkitaan kosteusvaurioituneiksi epäillyt rakenteet ja muut sisäilmaan vaikuttavat materiaalit ja ilmanvaihdon ja talotekniikan toimivuus (Ahola & Merikari, 2019, s. 235).

Suuremmissa kohteissa kosteus- ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen vaihtoehtona on tehdä samalla kertaa korjattavuusselvitys rakennushankkeen taloudellista päätöksentekoa varten. Siinä todetaan rakennuksen nykykunto, korjaustarpeet, korjauskelpoisuus sisäilmälähtöisesti ja korjauksen kokonaistaloudellisuus verrattuna uudisrakentamiseen. Rakennussuojelukohteissa kohteissa korjaukset tehdään siten, ettei rakennuksen kulttuurihistoriallinen arvo heikkene (Ympäristöministeriö, 2018a, s. 11). Tämä asettaa suunnitteluun haasteita sisäilmaolosuhteiden kannalta. Kaikkia rakennuksen käyttäjiä tyydyttävän sisäilman laadun saavuttaminen voi olla haastavaa näissä rakennuksissa

Hyvään tulokseen päästään, kun sama henkilö tekee kuntotutkimuksen ja sen perusteella korjaussuunnittelun. Se vaatii tekijältä ammattitaitoa. Monesti kuntotutkimus ja suunnittelu nähdään eri prosesseina - ehkä turhaan. Se, että ne ovat eri prosesseja voi johtua osittain yritysten markkinoinnista, osaamisalueista ja organisaatioista. Kuluttajan ja tilaajan kannalta olisi helppoa, kun koko paketin saisi hankittua samasta paikasta.

Eri prosessit johtavat helposti siihen, että korjaussuunnitelmista ei tule riittäviä, ja ne voivat vaikuttaa tilaajastakin hyvältä, kun on saatu sellaiset suunnitelmat, joissa päästään vähällä korjaamisella. Tarkoituksena kuitenkin on, että ei tarvitse korjata heti kohta uudelleen. Tutkimusta ohjataan siihen suuntaan, että löydetään sisäilmaa huonontavat viat. Näiden perusteella tehdään eri korjausvaihtoehtoja, joita vertaillaan ja lopullinen hyväksytetään tilaajalla.

Korjaussuunnitelmista voidaan tehdä myös liian laajoja. Korjaamisessa mennään ylikorjaamiseen silloin, kun ei tutkita rakennusosia riittävän tarkasti. Voidaan määritellä liian vähäisten rakenneaukaisujen ja materiaalinäytteiden perusteella, että kaikki rakenteen samantyyppiset rakennusosat on uusittava kokonaan tai että jopa koko rakennus on purettava.

Tutkimuksia tulee tehdä riittävän laajasti, jotta korjaussuunnittelija saa tarvittavat tiedot ja välttyään ali- tai ylikorjaamiselta. Rakennuksessa voi olla vain tietty kohta, joka aiheuttaa sisäilmaongelmia. Koko rakennusta ei tarvitse luokitella sen perusteella huonokuntoiseksi.

Tutkimusten ja korjaussuunnittelun vaatima aika on myös huomioitava hankkeen kokonaisaikataulussa. Suunnittelulle on varattava riittävästi aikaa ja sille tehdään suunnittelu-aikataulu. Jos suunnittelulle ei varata riittävästi aikaa, tulee eteen tilanne, että varsinainen korjaustyö joudutaan vetämään tiukalla aikataululla, kun suunnitelmat valmistuivat myöhässä. Tiukka aikataulu voi aiheuttaa laatuongelmia kaikissa hankkeen vaiheissa. Yksi esimerkki on työmaan kosteuden hallinta, jos betonirakenteiden kuivumisaikoja ei ole huomioitu riittävästi työmaan aikataulutuksessa.

Vanhoihin rakenteisiin tehtävät suunnitelmat tehdään tietyillä lähtötiedoilla ja olettamuksilla. Suunnitelmia on usein tarve päivittää korjaustyön aikana. Rakenteet voi olla tehty eri tavalla kuin vanhoissa suunnitelmissa on esitetty. Epäselvät kohdat ja puutteet suunnitelmissa tulee kysyä suunnittelijalta. Tämä vaatii aktiivista vuorovaikutusta tilaajan, työmaan ja suunnittelijan välillä. Työmaalla ei tule tehdä rakenteisiin liittyviä päätöksiä omin päin, jos jostain kohdasta ei ole tehty suunnitelmaa. Tämä on myös tilaajan etu.

Rakennesuunnittelu suositellaan tehtävän konsulttisopimuksella, konsulttisopimuksen laatimisohteen (RT 13-11182, 2015, s. 1) ja kesäkuussa 2019 julkaistun rakennesuunnittelun tehtäväluettelon RAK18 mukaan (RT 103087, 2019). Tehtäväluettelossa määritellään talonrakennusalan rakennesuunnittelun tehtävien sisältö ja laajuus. Kunkin suunnitteluvaiheen tehtävät on jaettu perustehtäviin, erikseen tilattaviin tehtäviin ja tilaajan erillishankintoihin.

Korjaussuunnitteluun sisältyvät tehtävät on siellä mainittu erikseen. Korjaussuunnitteluun liittyy usein rakennusfysikaalista suunnittelua, joka on aina erikseen tilattavaa suunnittelua. Tehtäväluettelo on alan toimijoiden yhteinen teos. Siinä määritellään rakennesuunnittelun tehtävät hankekohteisesti ja niiden suorittajat. Suunnittelun tarjouspyynnöt tulee tehdä siten, että tilaaja liittyy tehtäväluettelon mukaan jo tarjouspyyntövaiheessa. Silloin myös tilaaja on miettinyt suunnitelmien sisältöä, ja mahdolliset epäselvyydet suunnittelutyön tarjoushinnasta ja laajuudesta vähenevät.

Tehtäväluettelon avulla eri osapuolet puhuvat samaa ammattikieltä. Tehtäväluettelo liitetään suunnittelun konsulttisopimuksen liitteeksi. Sopimusvapauden puitteissa on toki mahdollista sopia muutakin, mutta valmiisiin sopimus pohjiin on muistilistan omaisesti kerätty tärkeimmät sopimusasiat.

5.2 Suunnittelun vaatimukset

5.2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslakia uudistettiin vuonna 2014. Siihen liittyvät asetukset astuivat voimaan 1.6.2015: asetus rakentamista koskevista

suunnitelmista ja selvityksistä (216/2015). Siinä otetaan kantaa suunnittelijoiden ja työnjohtajien pätevyysiin, korjaussuunnitelmien ja kuntoselvitysten sisältöön.

Pääsuunnittelijan on rakennushankkeen ajan huolehdittava, että suunnitelmat muodostavat kokonaisuuden siten, että rakentamista koskevat säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset täyttyvät. Pääsuunnittelijan on huolehdittava myös siitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä saa tiedon huolehtimisvelvollisuutensa kannalta merkityksellisistä suunnittelua koskevista seikoista (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 § 120a.). Pääsuunnittelija on yleisimmin rakennussuunnittelija, mutta erityistapauksissa pääsuunnittelijana voi toimia myös erityissuunnittelija. (Ympäristöministeriö, 2015, s. 9)

Rakennuksen turvallisuuden ja terveellisyyteen liittyvät asiat on huomioitava kuntoarvioissa ja -tutkimuksissa. Niissä on oltava tiedot rakennusosien kosteustasapainosta, rakennusfysikaalisesta toimivuudesta ja rakennuksen sisäilmaston terveellisyydestä sekä näihin liittyvistä vaurioista. Korjaus- ja muutostyössä selvitetään ennen suunnittelun aloittamista tarvittavilta osin rakennuksen rakennushistoria, aiemmin tehdyt korjaukset ja muutokset, rakennuksen ominaispiirteet ja kunto. Korjaustyön aikana, rakenteita avattaessa tai purettaessa, niitä seurataan ja otetaan huomioon suunnitteluun vaikuttavat asiat. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015 § 10.)

Asetuksen 16 § mukaan rakennuksen korjaus- tai muutostyössä kosteusvaurion korjaussuunnitelmassa kerrotaan toimenpiteistä, joilla kosteusvaurion aiheuttama haitta tai sen vaikutus sisäilmaan ja käyttäjiin poistetaan. Korjatun rakenteen tai järjestelmän toimimisesta sen suunnitellun käyttöänsä aikana kerrotaan myös. (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015 § 16.)

Rakennusfysikaalisesta suunnittelusta ja kosteusvaurion korjaustyön suunnittelusta on määritelty vuoden 2015 Valtioneuvoston asetuksessa 214, jonka 7 luku määrittelee rakennusfysikaalisten suunnittelutehtävien ja kosteusvaurion korjaustyön suunnittelutehtävien vaativuuden. Suunnittelutehtävät jaetaan kolmeen luokkaan: tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. (Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määrittämisestä 214/2015.)

Suunnittelutehtävä on tavanomainen, jos suunnittelun kohteessa on selkeästi määritettäviä ja rajattavia kosteus- tai homevaurioita eikä rakennuksen käyttötarkoituksesta tai ominaisuudesta aiheudu suunnittelulle erityisiä vaatimuksia.

Vaativassa suunnittelukohteessa on laajoja kosteus- tai homevaurioita tai vaurioiden korjaus edellyttää rakenteiden kosteusfysikaalisen toiminnan merkittävää muuttamista, esimerkiksi

- laajan kosteusvaurion johdosta julkisivua ja muita rakenteita ja lämmöneristeitä on uusittava
- rakenteissa on rakennusmateriaaliperäisiä tai rakennuksen käytöstä rakenteisiin kulkeutuneita haitta-aineita
- rakennuksen vanhojen rakennetyyppien analysointi ja korjausvaihtoehtojen rakennusfysikaalisen toiminnan arviointi on vaativaa (Haataja, 2019).

Poikkeuksellisen vaativassa suunnittelussa rakennuksessa on laajoja rakenteiden sisäisiä kosteus- tai homevauriota aikaisemmasta kosteusvaurion korjauksesta huolimatta. Rakenteiden kosteustekninen toiminta on varmistettava erityisillä teknisillä järjestelmillä tai erityismenetelmillä. Rakennuksen käyttötarkoituksesta, sisäilmaston tavoitetasosta tai muusta ominaisuudesta aiheutuu suunnittelulle poikkeuksellisia vaatimuksia.

5.2.2 Asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta

Ympäristöministeriön asetus 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta asettaa myös rakennuksen korjaussuunnittelulle vaatimuksia. Asetus korvaa aiemmin voimassa olleen Suomen rakentamismääräyskoelman osan C2 Kosteus, Määräykset ja ohjeet 1998. Maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 117 c §:ssä on säädetty rakennuksen terveellisyydestä. Lain perusteella on annettu ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, joka tuli voimaan 1.1.2018.

Suunnittelijan on rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa selvitettävä rakennuksen rakennusaikainen rakentamistapa ja rakenteen kosteustekninen toimivuus. Rakennuksen, rakenteiden ja rakennusosien on oltava sisäiset ja ulkoiset kosteusrasitukset huomioon ottaen kosteusteknisesti toimiva niiden suunnitellun teknisen käyttötöiden ajan. Rakennuksen liian suuri kosteuspitoisuus tai kosteuden kertyminen rakennuksen osiin tai sisäpinnoille ei saa vaurioittaa rakennusta eikä aiheuttaa terveyshaittaa rakennuksessa oleskeleville. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 § 3.)

Rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa rakennuksen kosteustekniseen toimivuuteen ei tarvitse tehdä muutoksia, jos rakennus on kosteusteknisesti toimiva. Korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa kosteusteknisesti toiminut rakenne, jonka tekninen käyttöikä on loppunut tai joka on kosteustekniseltä toiminnaltaan vaurioitunut, voidaan korjata rakennusaikaista rakentamistapaa noudattaen. Mikäli rakenteessa ei ole kosteustekniseltä toimivuudeltaan muutosta vaativaa suunnittelu- tai toteutusvirhettä, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa ensisijaisesti noudatettava alkuperäisen rakenteen toimintatapaa. Korjaus- ja muutostyössä tai

käyttötarkoituksen muutoksessa voidaan noudattaa tätä asetusta, jos tarkoituksena on parantaa rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta. Jos rakenne aiheuttaa terveyshaittaa tai vaurioita rakennuksen kosteustekniselle toimivuudelle, on korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksessa noudatettava tätä asetusta. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 § 4.)

5.2.3 Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden soveltamisohje

Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden asetukseen 782 on ympäristöministeriössä tekeillä ohje, johon on voinut antaa lausuntoja 27.6.2019 asti. Ohjeeseen on koottu rakennusten kosteusteknistä toimivuutta koskevat säännökset ja niihin liittyvä ohjeistus. Ohjeessa selostetaan säännösten sisältöä ja annetaan niitä koskevia suositusluonteisia soveltamisohjeita. Soveltamisohjeet eivät ole velvoittavia.

5.2.4 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas

Ympäristöministeriössä on tekeillä opas kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjauksesta. Oppaassa esitetään periaatteita koko korjaushankkeen hallitsemiselle ja siinä käydään läpi hankkeen kulkua, suunnitelmien sisältöä, korjaustavan valintaa sekä työmaavaiheen olosuhteiden hallintaa ja laadunvarmistusta. Lausuntoja on voinut antaa 20.4.2018 asti. Opas korvaa vuoden 1997 oppaan.

Oppaan mukaan korjausten tavoitteena on tehdä rakennuksesta terveellinen ja turvallinen sekä muuttaa korjattavat rakenteet rakennusfysikaalisesti toimiviksi. Rakennus palautetaan terveelliseksi ja turvalliseksi sekä teknisesti käyttötarkoitustaan palvelevaan kuntoon. Korjaustyön perusperiaatteena on, että vaurioituneet materiaalit ja muut epäpuhtauslähteet poistetaan tai epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan estetään. Lisäksi rakennusosat ja talotekniset järjestelmät korjataan siten, etteivät vauriot uusiudu.

Oppaassa esitetään myös esimerkkejä rakennusosittaisille korjausvaihtoehtoille. Oppaan liitteeseen on viety rakennusosittaisten korjausvaihtoehtojen esitykset piirustuksineen. Liitteet toimivat suunnittelijalle esimerkiksi korjaustapojen toteutuksesta, mutta ne eivät ole valmiita, kopioitavia detaljeja, vaan jokainen menetelmä vaatii tapauskohtaisen suunnitelman toteutusta varten. (Sisäilmayhdistys, 2018)

5.3 Ilmanvaihdon suunnittelu korjauskohteeseen

Korjauskohteeseen ilmanvaihto on suunniteltava eri tavalla kuin uudisrakennukseen. LVI-suunnittelijan on tarkasteltava nykyisen painovoimaisen ilmanvaihdon toimivuus ja tarvittaessa paranneltava huomioiden painovoimaisesta ilmanvaihdosta 2019 julkaistut uudet Ympäristöministeriön

ohjeet ja rakennuksen tiiveys, jota remonttien yhteydessä parannetaan. Pääkaupunkiseudun rakennusvalvonnan yhteisiltä nettisivuilta löytyy Ympäristöministeriön ohjeiden soveltamisohjeet.

Painovoimaisella ilmanvaihdolla rakennus ei tule kovin herkästi alipaineiseksi. Alipaineisuutta aiheuttaa lähinnä liesituulettimen ja muiden kohdepoistojen ajoittainen käyttö. Rakennuksen ilmanvaihdon tulee olla tasaista. Alipaineiikkejä aiheuttavat kohdepoistot suunnitellaan niin, että tuloilmavirta lisääntyy kohdepoistoja käytettäessä. (Hellsten, 2008, s. 12)

Rakenteiden radontiiveys on myös huomioitava rakenteiden ja ilmanvaihdon suunnittelussa.

6 ESIMERKKIKOHTEEN ALAPOHJAN KORJAUSVAIHTOEHTOJEN TARKASTELU

Opinnäytetyön kohteena on 1940-luvun alussa tehty omakotitalo, jossa on tehty maanvaraisen laatan päälle 50 m²:n puulattia. Samaan rakennukseen on 1960-luvulla tehty 17 m²:n laajennus, jonka alapohjan rakentamista-paoletuksena oli ryömintätalainen alapohja. Tutkimusten edetessä ilmeni, että uudempikin alapohja oli tehty maanvaraisena.

Tutkimusten perusteella tehdään vanhan osan alapohjan periaatteellinen korjaussuunnitelma. Normaalitapauksessa koko rakennuksesta tehdään kuntoarvio ja sen perusteella päätellään kuntotutkimukset tarvittavista kohdista rakennusosien käyttöään ja vikasietoisuuden perusteella.

6.1 Rakenteiden tutkimukset

Rakennuksessa ei ole salaojia. Perustukset on viety syvemmälle maahan. Rakennuksen etelä- ja länsipuoli ovat rinteessä, joten rinteeseen alapuolen maapohja pääsee kuivumaan. Pohjois-itäpuolella maanpinta on hieman ylöspäin nouseva ja kallistaa rakennukseen päin, mutta pintavesiä ei valu maan pinnalla, vaan ne imeytyvät maahan. Kivijalka on 300–500 mm korkeudella maanpinnasta, samoin julkisivun puuverhous. Betonilaatan alla käytetty maalaji selvitetään tutkimusten perusteella.

Rakennuspaikan pohjaveden korkeus oli syyskuussa 2019 -3,2 m lattiapinnan alapuolella läheisestä kaivosta mitattuna. Koekuopan perusteella rakennus on perustettu karkean siltin päälle, jonka kapillaarinen nostokorkeus vaihtelee 1,5 m – 8 m. Tämän perusteella voidaan olettaa, että pohjavedestä nousee jokin verran kapillaarisesti vettä. Suurimmat kosteudet aiheutuvat rakennuksen alle menevistä pintavesistä, jotka imeytyvät lähiympäristössä ja voivat liikkua sivusuunnassa kapillaarisesti. Geologisen kartan mukaan alueen maaperä on hiekkamoreenia ja hiesua.

Alapohjarakenteille tehtiin rakenneavaus ja porareikämittauksia, joilla selvitettiin vanhojen rakenteiden kosteustekninen toimivuus. Nämä tutkimukset tukevat korjaussuunnittelua.

Porareikämittauksella selvitettiin

1. lattian eristetilan suhteellinen kosteus rakennuksen eri kohdissa
2. alapohjalaatan suhteellinen kosteus
3. alapohjalaatan alla oleva maaperän laatu ja sen suhteellinen kosteus.

Rakenneavauksella saatiin selville nykyinen rakenne ja siinä käytetyt materiaalit. Eristemateriaalista otettiin materiaalinäyte, josta tutkittiin mikro- bipoitoisuudet.

6.2 Lattian eristetilan kosteus

Lattian eristetilan suhteellista kosteutta mitattiin kuudesta porareiästä maaliskuu–lokakuun 2019 aikana. Havainnollisin tulos saadaan, jos mittaus tehdään kokonaisen vuoden ajalta. Tässä tutkimuksessa ei siihen ollut ajallista mahdollisuutta. Mittauskohdat määriteltiin sillä perusteella, missä ovat mahdolliset eniten vikaantuneet kohdat. Rakennuksen nurkkien tiedetään olevan kylmänä vuodenaikana sisäilman kosteuden tiivistymisen vuoksi alttiimpia vaurioille. Rakennuksen keskikohdalla olosuhteet ovat enemmän vakiot kuin reuna-alueella.

Suhteellisen kosteuden mittaukset tehtiin 9.3.–6.10.2019 välisenä aikana lattioiden eristetilasta noin kerran kuussa (kuva 9). Vanhalla osalla mittaus- syvyys oli 130 mm etäisyydellä laatan yläpinnasta, uudemmassa osalla lähes laatan pinnasta. Mittausaukot olivat tiiviisti suljettuina mittauksen aikana ja mittauksen välillä. Mittapään annettiin tasaantua 30–45 min.

Eristetilan mittauksilla selvitettiin rakenteen kosteus- ja lämpötilakäyttäytymistä. Samalla varmistuttiin, että rakenteessa ei ollut poikkeavia kosteuspoitoisuuksia ja kosteuden muutokset seurasivat ulkoilman kosteuden muutoksia.

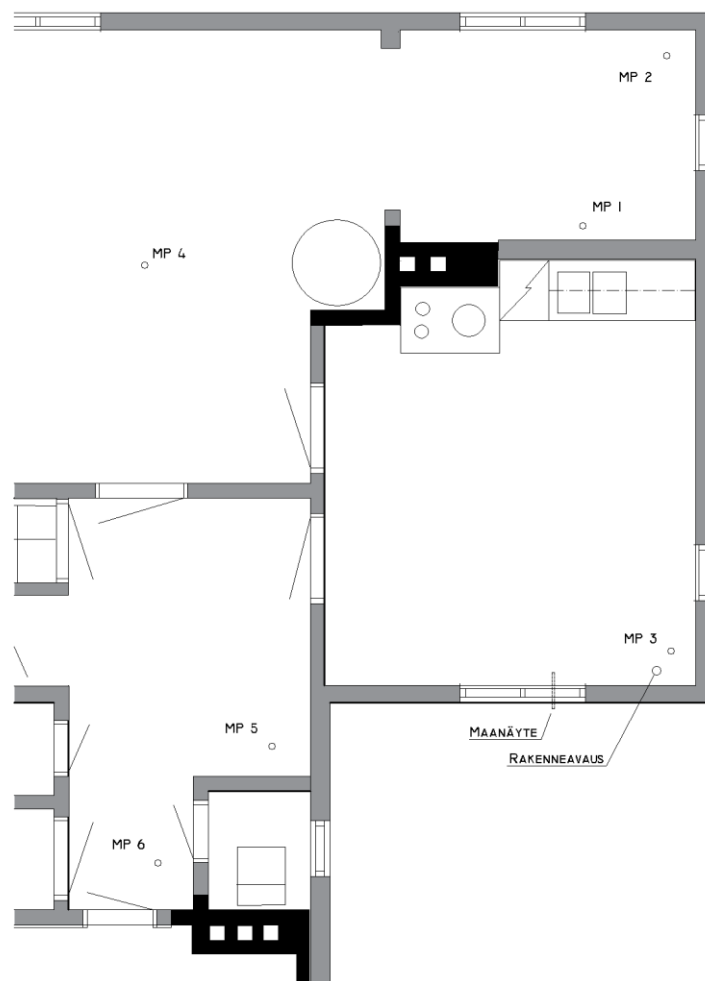
Mittalaitteet oli kalibroitu 1/2019 Vaisalan huoltopisteessä Helsingissä. Mittalaitteena käytettiin Vaisalan suhteellisen kosteuden mittaria HMI41 sekä HMP44-, HMP44L- ja HMP42-mittapäitä. Valmistajan lupaama mittapään tarkkuus on + 20 °C:ssa ± 2 RH % (alueella 0...90 RH %) ja ±3 RH % (90...100 RH %).

Kalibroinnin perusteella mittapäiden tarkkuudet olivat

- HMP44 -0,2...0,0 RH% (alueella 0...90 RH%) +0,3 RH% (90...100 RH%)
- HMP44L -0,3...+0,3 RH% (alueella 0...90RH%) +0,4 RH% (90...100 RH%)
- HMP42 +0,9...+1,1 RH% (alueella 0...90 RH%) +0,9 RH% (90...100 RH%)

Tehtäessä kosteusmittauksia rakenteen sisältä tulee arvioida, aiheutuuko mitta-anturiin mittausrvirhettä anturin rungon lämmönjohtavuuden vuoksi. Mittausvirhe on sitä suurempi, mitä suurempi on lämpötilaero mittauspisteen ja rakenteen pinnan välillä. Mitattaessa lämpimältä sisäpuolelta lämmöneristeen keskiosaa, antaa anturi liian alhaisen suhteellisen kosteuden arvon, jos anturin runko johtaa lämpöä. Mittausvirhettä voidaan alentaa asentamalla mittausanturi rakenteeseen mahdollisimman viinosti ja lämmöneristämällä anturin näkyvä varsi (Ympäristöministeriö, 2016, s. 117).

Tässä tutkimuksessa, mitattaessa HMP42-mittapäällä, anturin varsi oli kokonaan rakenteen sisällä, joten lämmönjohtuminen oli minimoitu. Mittauksia varten lattian ponttilautaan porattiin 25 mm reikä. Reikien poraamisen jälkeen huomasi, että rei'istä on ilmavirtausta sisälle päin. Mittaus-tuloksissa on sisätilan ja eristetilan välisestä lämpötilaerosta johtuvaa mittausrvirhettä. Sisätilan lämpötila on talvikautena ollut + 17 – + 18 °C ja kesä kautena + 20 – + 22 °C.



Kuva 9. Mittauspisteitä oli kaikkiaan kuusi, rakenneavauksen ja maanäytekohdan lisäksi.

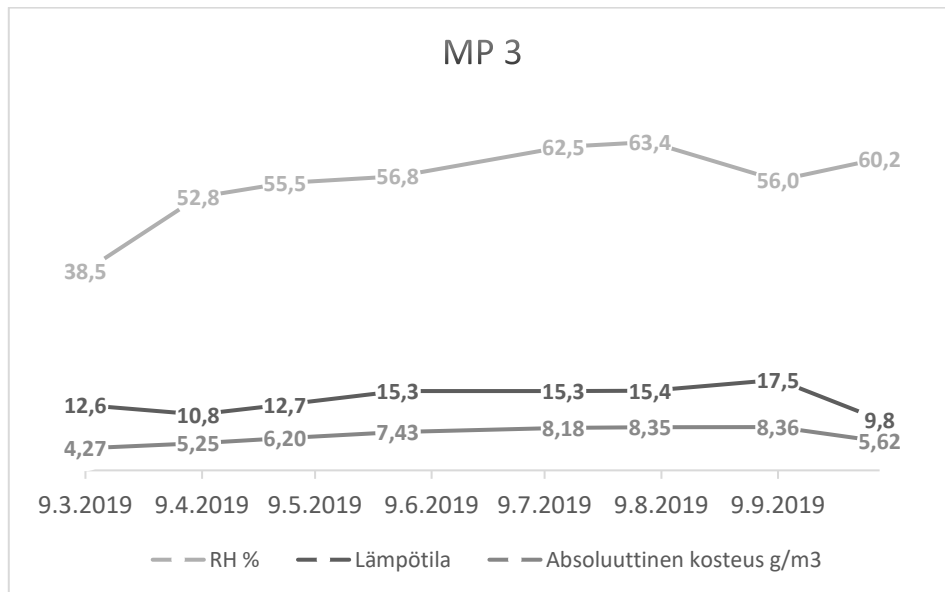
MP 1	MH ja K väliseinän juuresta
MP 2	MH ulkonurkka, joka alarinteen puolella
MP 3	MH ulkonurkka, joka ylärinteen puolella
MP 4	OH keskeltä
MP 5	ET ulkoseinän vierellä
MP 6	ET keskeltä
MP 1,2,3 ja 4	vanha osa, laatan yp. rak.paksuus 370 mm
MP 5 ja 6	uudempi osa, laatan yp. rak.paksuus 420 mm

Mittaustulokset esitetään kuvissa 10–13. Mittaustuloksista esitetään molemmat ulkonurkat MP 2 ja MP 3 sekä rakennuksen keskellä oleva mittapiste MP 4. Nämä sijaitsevat vanhan rakennuksen alueella. Vertailun vuoksi esitetään uudemman osan mittausta MP 5. Uudemmallalla osalla maanvaraisen lattiarakenteen paksuus on 430 mm.

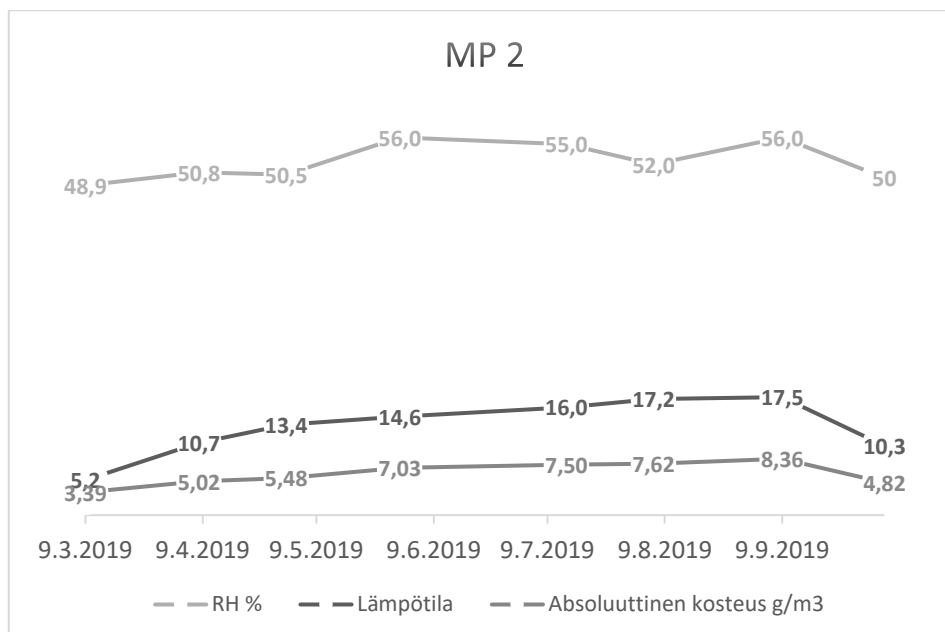
Ulkonurkkien lämpötiloista nähdään, että MP 2:ssa on enemmän ilmavuotoa kuin MP 3:ssa. Kaikissa eristetiloiissa suhteellinen kosteus pysyy sallituissa rajoissa mittaustäisyydellä. Lähempänä laatan pintaa suhteellinen kosteus nousee.

Absoluuttisen kosteuden muutoksista nähdään, että eristetilan absoluuttinen kosteus määrä seuraa ulko-sisäilman kosteuksia. Kesää kohden absoluuttisen kosteuden määrä kasvaa ja syyskuun lopun jälkeen absoluuttisen kosteuden määrä pienenee talveä kohti, kuten pitääkin. Tämän perusteella voidaan olettaa, että eristetilaan vaikuttaa enemmän ulkoilman kosteus kuin maasta nouseva kosteus, koska eristetilan kosteus pysyy muuten kohtuullisena. Maaperästä tuleva kosteustuotto vaikuttaa siis melko vakiolta ja pieneltä, mikä voi viitata siihen, että bitumieriste on pysynyt ehjänä koko alapohjan alueella.

Lämpötilan muutoksista nähdään samoin, että eristetilan lämpötila vaihtelee ulkoilman lämpötilan mukaan varsinkin reuna-alueilla.

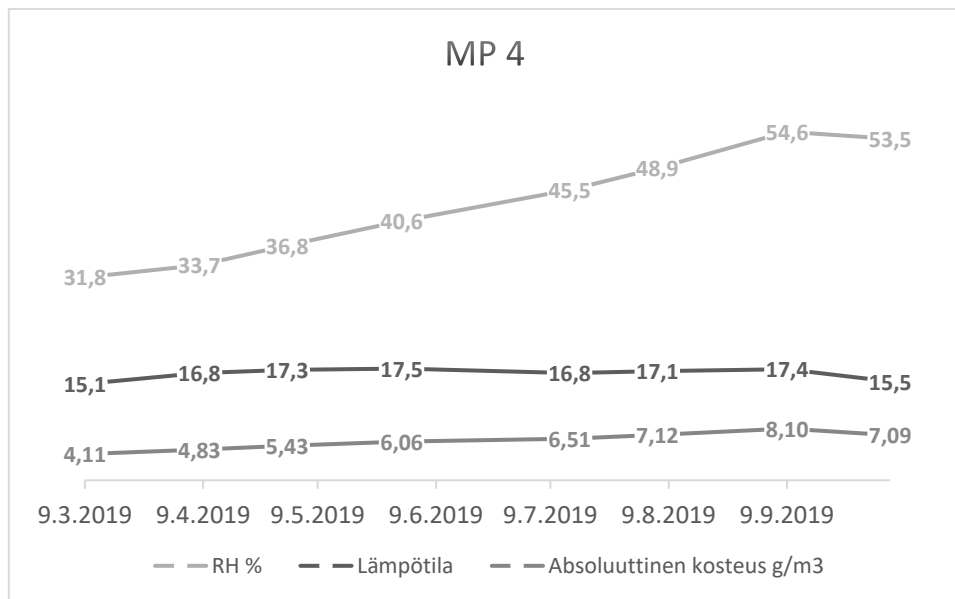


Kuva 10. MP 3: 9.3.–6.10. Mittauspisteessä 3 suhteellinen kosteus oli suurin.

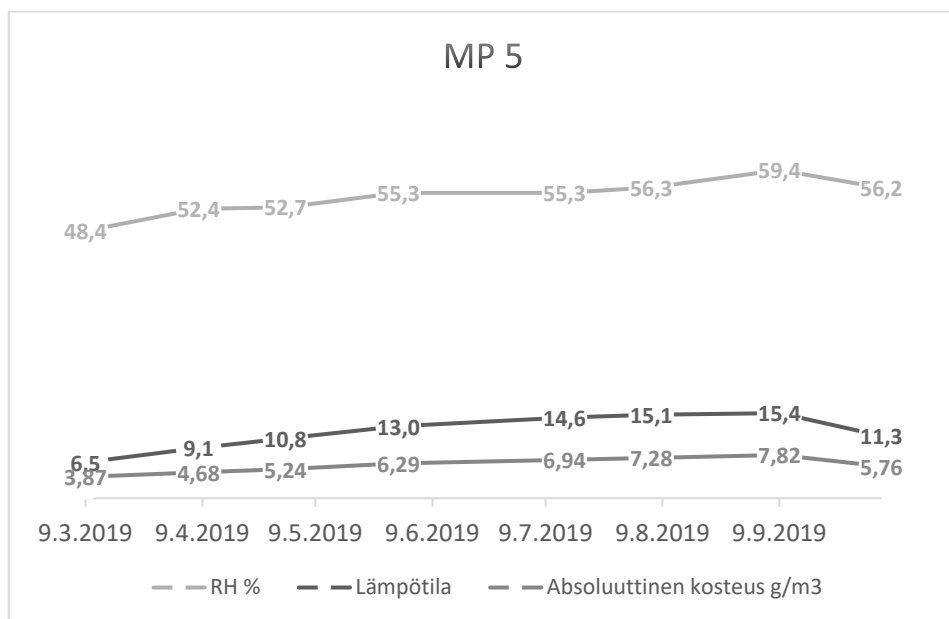


Kuva 11. MP 2: 9.3.–6.10. MP 2:ssa ulkonurkassa on hieman enemmän il-mavuotoa ulkoilmasta sisäänpäin verrattuna MP 3:ssa. Kosteus-määrä on myös pienempi kuin MP 3:ssa.

Keskialueen MP 4 kertoo myös absoluuttisen kosteuden muutoksista vuodenaikojen mukaan, samaan tapaan kuin MP 2 ja MP 3. Lämpötila pysyy vakaana keskialueella.



Kuva 12. MP 4: 9.3.–6.10. Mittaustulokset rakennuksen keskellä.



Kuva 13. MP 5: 9.3.–6.10. Ulkoilman lämpötila vaikuttaa lattiarakenteseen. MP 5 lämpötilat ovat 1-3 °C kylmempää kuin keskeimmällä oleva MP 6.

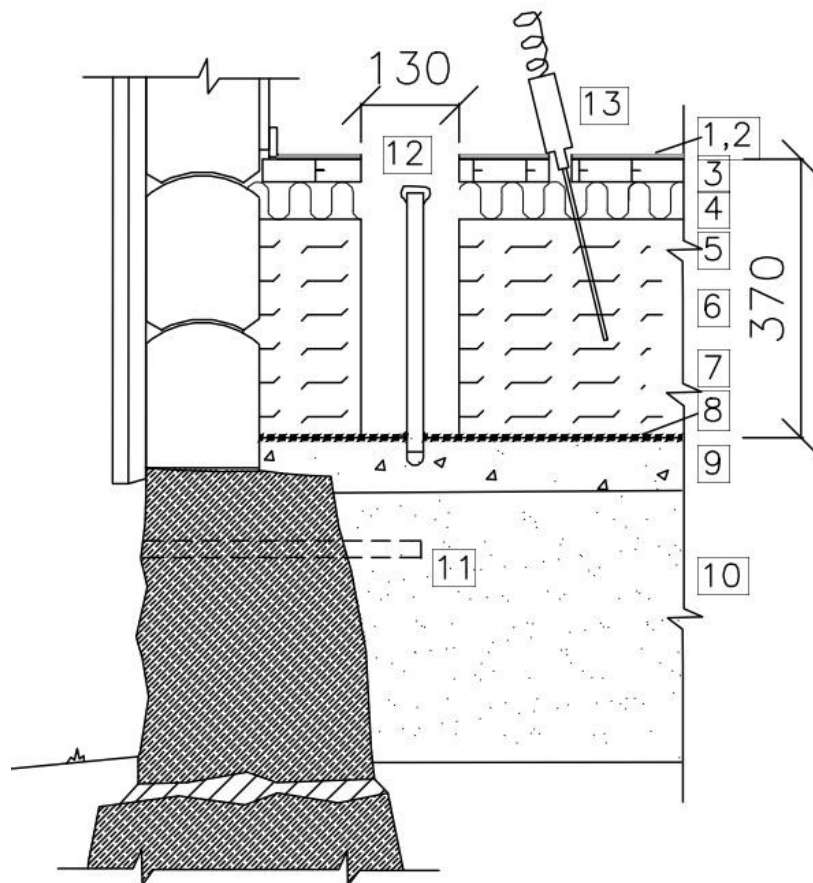
6.3 Rakenteiden avaus ja analysointi

Tutkittava rakennus on tehty 1940-luvun alussa. Vastaavanlaisen rakenteen RT-kortti 832.1 on julkaistu vuonna 1943. Voidaan olettaa, että lattian rakenne on aika lähellä tätä korttia. Maanvaraisen puulattian aukaisukohdiksi määriteltiin keittiön ulkonurkka, jonka tiedetään olevan vaurio- ja riskialtis kohta, ja jolla on suurin pintaveden rasiitus.

Rakenneavauksella selvitettiin vanhan osan lattian ja seinän liittymäkohdan rakenne sekä lattiakoolausten, lämmöneristeen kunto ja kosteuseristeen kunto betonilaatan pinnassa. Rakenneavauksen yhteydessä mitattiin myös betonilaatan suhteellinen kosteus laatan puolivälistä. Lisäksi tehtiin yksi tutkimus betonilaatan alapuolen maatyöstä, jossa mitattiin täyrehiekan suhteellinen kosteus ja arvioitiin maalajin kapillaarisuutta.

Rakennetta avattiin ja tutkittiin 18.8.2019 rasiaporalla tehdystä 130 mm reiästä, jonka perusteella voitiin päätellä rakenteen olevan melko samanlainen kuin saman ajankohdan RT-kortissakin. Avauskohdassa oli muista eristetilan porareikämittauskohdista poiketen lisänä 50 mm mineraalivilla, ilmarakoa ei ollut. Muissa porareikämittauskohdissa oli taas havaittavissa ilmarako, joka on syntynyt ilmeisimmin eristeiden painumisesta. Mineraalivilla on oletettavasti laitettu keittiön lattiaan 1960-luvulla rakennuksen laajennusosan teon yhteydessä parantamaan lattian lämpimyyttä ulkoseinän vierellä. Rakenneavauskohta oli MP 3:n vieressä, jossa tutkittiin eristetilan suhteellista kosteutta ennen avausta.

Rakenteiden sisäosissa ilman suhteellinen kosteus nousee, jos rakenne viilenee paikallisesti. Tämä voi johtua esimerkiksi rakenteellisesta kylmäsilasta, tässä tapauksessa eristämättömästä kivijalasta, tai hirsiseinän hirsien välisistä tilkkeiden asennuksesta, jolloin rakenteen sisäosiin pääsee virtaamaan kylmää ulkoilmaa. Kylmäsilat ja ilmavuodot voivat aiheuttaa kosteuden kondensoitumisen sisäpinnoilla tai rakenteen sisällä ja voivat pitkällä aikavälillä johtaa kosteusvaurioihin.



Kuva 14. Leikkaus vanhan rakenteen lattia- ja seinäliittymästä mittauskohteeseen.

Vanhan lattian rakenne on seuraavanlainen

1. joustovinyyli- ja linoleummatto yht. 4 mm
2. kovalevy 3 mm
3. ponttilauta 30 mm
4. n. 50 mm mineraalivilla tai ilmaväli
5. purua n. 120 ja ruiskutettua lisälämmöneristettä
6. ohut rahkasammalkerros 10-20 mm
7. turvetta tai turpeen ja olkien seos n. 150 mm
8. piki 1-2 mm
9. betonilaatta, arviolta 70 mm
10. alustatäyttö

Tutkimuskohdat

11. maanäytteen ottokohta
12. rakenneavaus ja mittausputkitus betonilaatan RH-mittaukseen, mikrobinäyte laatan pinnalla olevasta eristeestä
13. eristetilan RH-mittauksen periaate.

Yllämainitulla rakenteella alapohjan U-arvo on 0,17–0,22 W/m²K.



Kuva 15. Ponttilaudan alapuoli näyttää terveeltä.

6.4 Alapohjalaatan ja alustäytön kosteus

6.4.1 Betonilaatan kosteus

Ponttilaualattiaan rasiaporalla tehdyn reiän kautta päästiin käsiksi alapohjalaattaan MP 3 kohdalla. Betonilaatan mittaukset tehtiin kahdessa vaiheessa RT-kortin 14-10984 esittämää mittaustapaa mukaillen. Betonilaataan porattiin 22 mm terällä 37 mm syvä mittareikä 18.8.2019, johon asennettiin 20 mm muoviputki. Putken juuri tiivistettiin elastisella putkikitillä. Samoin rasiaporan aukko suljettiin peltilevyllä. Ohjeen mukaan tulpatun porausreiän annetaan tasaantua vähintään kolme vuorokautta. Tässä mittauksessa, käytännön syistä, varsinainen mittaus suoritettiin HMP44L-anturilla 7.9. putken kolmen viikon tasaantumisen jälkeen. Tulokset:

Mittausaika	RH %	Lämpötila °C
1 h	97,0	+ 12,2 putken pohjalla
2 h	99,0	+ 11,9 putken pohjalla
12 h	100,4	+ 11,9 putken pohjalla
14 h	100,0	+ 12,5 anturia nostettiin 20 mm ylemmäksi putkessa

Betonilla huokosten läpimitta on hyvin pieni, joten betonilla on suuri kapillaarinen nostokorkeus. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että betonilaatta on RH 100 % kosteuden kyllästämä, kuten alapuolinen maa.



Kuva 16. Rakenneavauskohtaan on asennettu betonilaatan suhteellisen kosteuden mittaputki.

6.4.2 Laatan alapuolinen maa

Laatan alapuolisen maan suhteellinen kosteus mitattiin koeputkessa näytepalamenetelmällä (RT 14-10984, 2010, ss. 7-8). Kivijalan läpi tehtiin isku-porakoneella 22 mm reikä betonilaatan alapuolelle. Reiän pohjalta otettiin alustäyttömaan maanäyte 20 mm muoviputkella, jota iskettiin sen verran, että putken sisälle meni maata. Koeputkeen laitettiin maata 40 mm verran. Silmämääräisen tarkastelun perusteella laatan alla on käytetty täytemaana karkeaa silttiä tai hienoa hiekkaa (kuva 18). Maalaji on hyvin hienorakeista ja sen perusteella oletuksena kapillaarista. Maalajien kapillaarinen nousukorkeus lähteen (Leivo & Rantala, 2000, s. 19) mukaan: karkea siltti 1,5–8 m ja hieno hiekka 0,3–3,5 m.

Koeputki laitettiin 8.9.2019 tasaantumaan kellariin + 12 °C lämpötilaan 14 tunniksi, jonka jälkeen mitattiin samassa tilassa ja lämpötilassa maanäytteen suhteelliseksi kosteudeksi 100,8 %. Maanäytteen säilytyslämpötila oli lähes sama kuin maan lämpötila heti laatan alla.

Tuloksen perusteella, kosteusmittarin mittapään HMP44L virhemarginaali huomioiden, voidaan päätellä, että laatan alapuolinen maa alkaa olla kapillaarisen kosteuden kyllästämää ja maalaji on kapillaarista. Maan kosteuden tarkempaa arviointia varten olisi ollut hyvä ottaa toinen näyte lattian keskeltä. Pääsiallinen tutkimustarve oli selvittää laatan alapuolisessa täytössä käytetty maalaji ja sen arvioitu kapillaarisuus.



Kuva 17. Maanäytteen kosteuspitoisuuden mittausjärjestely.



Kuva 18. Talouspaperin nystyröiden koosta voi arvioida maanäytteen rae-kokoa.

6.4.3 Materiaalinäyte

Materiaalinäytteen ottoon ja sen tutkimiseen sovellettiin seuraavaa periaatetta: jos rakenne on silminnähtävin vaurioitunut, siitä ei tarvitse ottaa materiaalinäytettä. Tässä tapauksessa oli vaikea sanoa turve-eristeen mikrobistasosta aistinvaraisesti. Turpeinen eristenäyte otettiin rakenneavaus-

kohdasta betonilaatan yläpinnan päältä ja lähetettiin laboratorioon tutkittavaksi 19.8.2019. Tutkimusraportti saatiin 3.9. ja niiden perusteella eristeestä löytyi selviä kosteusvaurioindikaattorimikrobeita. Sädesieniä ei ollut.

Näytteessä ollut indikaattorimikrobi on kokemusperäisesti arvioituna yleinen löydös pitkäaikaisesti lievästi kohonneessa kosteudessa olevissa rakennneosissa, kuten maanvaraisen laatan päälle koolatuissa puulattioissa. Tällaisissa rakenteissa laji esiintyy usein valtalajina, jos kosteus on tasaisesti kriittisen kosteuden tuntumassa. Tälle lajille n. + 10 °C lämpötilassa kriittinen suhteellinen kosteus on 85–95 %, joka vastaa ilman kosteussisältöä 9,0–9,5 g/m³ (Ympäristöministeriö, 2016, s. 132). Nämä olosuhteet toteutuvat eristetilassa toisinaan. Asiaa käsitellään kohdassa 6.5.

6.5 Alapohjan sisäisen lämpötila- ja kosteusjakauman tarkastelu mikrobiriskin kannalta

Mikrobikasvu on mahdollista eri materiaalien pinnoille, jotka toimivat kasvualustana mikrobeille. Lisäksi tarvitaan materiaalipinnalle sopiva kosteus ja lämpötila. Riittävä kosteus mahdollistaa mikrobeille ravinteiden oton ympäristöstään. Homekasvun vähimmäiskosteus rakennusmateriaaleilla on noin RH 75–80 %. Sädesienten ja muiden bakteerien sekä lahottajasienten kasvu edellyttää korkeampaa kosteutta. Kuivassa (RH < 75 %) viihtyvien homelajien vähimmäiskosteusvaatimus on noin RH 70 %. Rakennuksissa kasvavat mikrobit vaativat kasvaakseen vähintään noin + 5 °C lämpötilan. Enimmäislämpötila on yleisesti noin + 50 °C. Lähellä lämpötilan ja kosteusolosuhteiden vähimmäisvaatimuksia homeiden kasvu on hidasta. Tällöin materiaalin homehtuminen ja mikrobivaurion kehittyminen vaatii pitkän ajan, käytännössä kuukausia tai vuosia. Mikrobien vaatima vähimmäiskosteus ja -lämpötila ovat toisistaan riippuvaiset. Molemmat tekijät vaikuttavat myös mikrobin kasvunopeuteen ja siten mikrobikasvuston ja -vaurion kehittymisvauhtiin (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 130-131).

Alapohjan ja seinäliitoksen 2D-lämpötilajakaumaa voidaan tarkastella käsin laskemalla yhtälöryhmien avulla Excelillä ja kosteusjakaumaa Exceliin tehtävän kastepistetaulukon avulla. Rakennusfysiikkaohjelmilla, esimerkiksi Heat-2 ja DOF-Lämpö, voidaan tarkastella nopeammin rakennusosien lämpötila- ja kosteusjakaumaa vesihöyryn tiivistymisriskin kannalta sekä maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteusteknisiä tarkasteluita ja lisälämmöneristyksen suunnittelua.

Kosteusjakaumaa ei voida kuitenkaan luotettavasti selvittää edellä mainituilla diffuusiolaskelmalla, koska se ne eivät ota huomioon materiaalien kosteuskapasiteettia. Tutkittavan kohteen lattiarakenteessa käytetty puru on hygroskooppista ja sen vaikutus tulee ottaa huomioon. Laskenta tulisi tehdä ajasta riippuvalla lämpö- ja kosteuslaskentaohjelmalla, esimerkiksi

WUFI Pro. Sillä saadaan rakennusosien sisäisen lämpötila- ja kosteusjakauman tarkastelu eri ajanhetkinä ja muuttuvissa ympäristöolosuhteissa. Ohjelmalla pystyy tekemään maanvastaisten rakenteiden kosteusteknisen tarkastelun, kapillaarisen kosteuden siirtymisen ja kosteuskapasiteetin huomioimisen sekä rakenteiden riskianalyysin kuivumiskykytarkastelun perusteella.

Ennen kuin koko rakenne tuomitaan, mallinnusta suositellaan, jotta voidaan eliminoida pois vanhoissa orgaanisissa täytteissä jo valmiiksi olleet mikrobit. On mahdollista, että orgaanisissa täytteissä on jo valmiiksi mikrobeja, jotka mahdollisesti antavat vääriä tuloksia. Eristeiden asennusvaiheessa täytteet ovat voineet olla kosteita ja ovat asennuksen jälkeen mikrobivaurioituneet niiden kuivumisvaiheessa, kun ovat asennettu umpinaiseen koteloon. Siinä mielessä mallinnuksella varmistetaan ovatko rakenteen olosuhteet voineet olla mikrobikasvulle suotuisia vai onko eristeiden mikrobit peräisin jostain muualta.

Eristeet voidaan joutua joka tapauksessa vaihtamaan niiden mikrobipitoisuuksien vuoksi. Laskennalla varmistetaan rakenteen yleinen toimivuus. Toimiviin rakenteisiin ei tarvitse alkaa tekemään muutoksia, jos ne osoittautuvat toimiviksi. Eristeiden vaihto riittää. Kosteuksia käsin laskemalla homma on liian aikaa vievää, koska muuttujia on useita. Siinä mielessä nopeampi vaihtoehto on kosteuskäytännön ohjelma, jolla pystyy kustannustehokkaasti mallintamaan maan ja rakenteiden lämpökentät ja kosteusken-
tät kriittisten kosteuksien alueelta. Kapillaaristen materiaalien toimivuus, kuivumis- ja kostumissyklit saadaan mukaan, ja myös kuivumista edistävät tapahtumat kokonaiskuvan saamiseksi.

6.5.1 Rakenteen suhteellisen kosteuden jakauman laskelma

Suhteellisen kosteuden jakauman laskelma tehtiin DOF-Lämpö-ohjelmalla, jossa laskelma sijoitettiin RakMk D3 2012 mukaiselle säävyöhykkeelle 3. Säävyöhykkeen perusteella määräytyivät ulkoilman lämpötilan kuukausiarvot hirsiseinän tarkasteluun.

DOF-Lämpö-ohjelmalla arvioidaan rakenteen lämpö- ja kosteuskäyttäytymistä, kondensaatiomäärää, U-arvoa sekä energiankulutusta. Ohjelmalla voidaan laskea kylmäsiltojen vaikutus rakenteen kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan. (D.O.F. tech Oy, 2020)

Lämmöneristetyn alapohjarakenteen pohjamaan mitoituslämpötilaksi voidaan olettaa + 12 – + 15 °C. Lisäksi tulee varmistaa rakenteen toimivuus, kun pohjamaan lämpötila nousee lukemaan + 16 – + 19 °C. (Leivo & Rantala, 2002, ss. 8-9). Omien mittausten perusteella pohjamaan mitoituslämpötila on tutkittavan rakennuksen keskialueella lähempänä + 12 °C kuin + 15 °C.

Edellä mainittuja arvoja käytetään rakennuksen keskiosalla. TTKK:n tutkimuksissa on lisäksi todettu 1,5–2 m levyisen reuna-alueen lämpötilojen vaihtelua (Leivo & Rantala, 2006, ss. 13-14). Rakennuksessa on graniittinen perusmuuri, jossa ei ole lämmöneristeitä, joten reuna-alueella voidaan olettaa pohjamaan lämpötilan vaihtelevan voimakkaasti vuodenaikojen mukaan. Tämän perusteella lattia jaettiin kolmeen eri lämpövyöhykkeeseen, joissa on erilaiset pohjamaan lämpötilat vuodenaikojen mukaan: 0–0,5 m, 0,5–1,5 m ja keskialue.

RAKENNEKERROKSET				
Kerros:	Paksuus:	Materiaali:	Lambda:	VHL:
	(mm)		(W/mK)	(kg/msPa)
1	5.00	Matto/lattianpäällystetekstiili	0.060	4.000e-11
2	3.50	Linoleum	0.170	2.000e-13
3	0.10	Maali - kiilto	10.000	6.667e-15
4	3.50	Kuitulevy, mukaan lukien MDF 800 kg/m ³	0.180	6.667e-12
5	0.10	Maali - kiilto	10.000	6.667e-15
6	25.00	Puutavara 450 kg/m ³	0.120	4.000e-12
7	50.00	ISOVER KL-32	0.032	1.050e-10
8	150.00	Lämmöneriste, puru	0.120	1.600e-10
9	150.00	Lämmöneriste, turve	0.060	2.000e-10
10	1.00	Bitumi, Puhdas	0.170	4.000e-15
11	80.00	Betoni, keskitiheysinen 2000 kg/m ³	1.350	2.000e-12
12	300.00	Savi tai siitti	1.500	4.000e-12

www.laskentapalvelut.fi - DOF-LÄMPÖ 3.0 - 1.12.2017

Kuva 19. Ohjelmaan syötetty reuna-alueen lattiarakenne.

Laskennassa käytetyt maapohjan lämpötilan arvot ovat osittain johdettuja paikanpäältä tehtyjen mittausten perusteella, ja osin arvioitu RakMK D5 (2007) taulukon 4.1 ja liite 1 (taulukko L1.4.) mukaan, jossa on alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen lämpötila eri maalajeille ja kuukausittainen ulkolämpötila ilmastovyöhykkeellä III (Suomen RakMK D5, 2007, 11-12, 37). Maalajiksi valitaan moreeni, joka on lähimpänä oleva maalaji tutkittavaan alapohjaan. Taulukon 4.1 perusteella laskettuna maanvastaisen alapohjan kuukausittainen keskilämpötila vaihtelee + 4 – + 10 °C välillä. Taulukon 4.1 mukaan, maan lämpö on alimmillaan huhtikuussa ja korkeimmillaan lokakuussa.

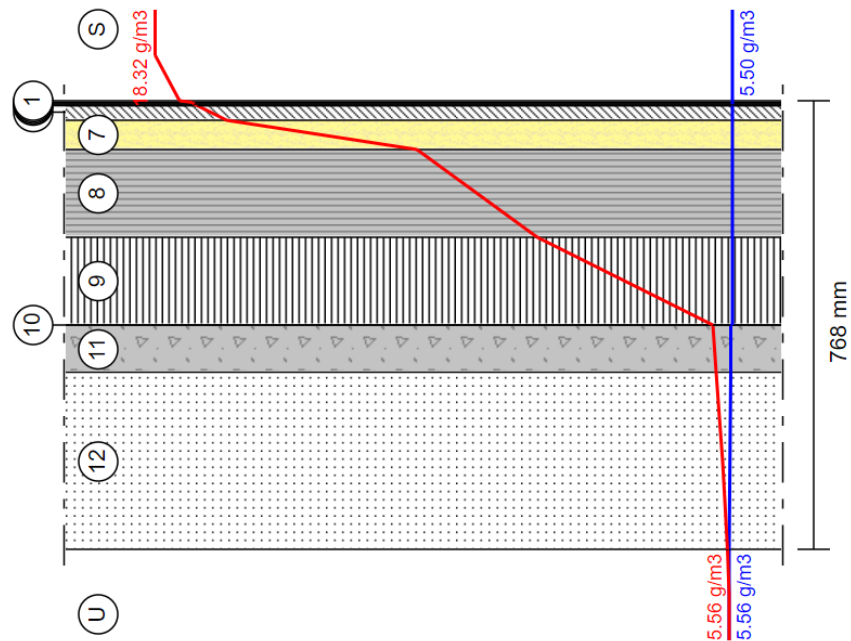
Sisäilmastona käytetään kohteesta mitattuja suhteellisen kosteuden arvoja hieman muunneltuna. Tässä laskennassa talven mitoittava sisäilmaolosuhde on tammikuussa + 21 °C RH 30 %. Kesän vastaava arvo on syyskuussa + 21 °C RH 50 %. Normaalisti laskettaessa sisäilman kosteusprosentti määräytyy ulkoilman kosteuden ja kosteuslisän summasta. Kosteuslisänä voidaan käyttää RIL 107-2012 taulukko 2.1. mukaisia arvoja (RIL 107-2012, 50).

Ohjelman laskemat suhteellisen kosteuden jakaumat yhden vuoden ajalta esitetään taulukoissa 1–3. Rastilla on merkitty ne kuukaudet, jolloin mikrobikasvulle on suotuisat olosuhteet. Laskelmissa sisäilman lämpötila on + 21 °C koko ajan.

Taulukossa 1 maan lämpötilan vaihteluksi oletetaan + 2 – + 19 °C. Hidas mikrobikasvu on mahdollinen kerroksessa 9–10, sillä suhteellinen kosteus on yli 70 % ja lämpötila yli + 5 °C.

Taulukko 1. Lattian reuna-alue: 0–0,5 m ulkoseinälinjasta

		Lämpötila kerroksessa 9-10	Suhteellinen kosteus kerroksessa 9-10	Maan laskenta lämpötila °C	Sisäilman RH %
Tammikuu		3	93	2	30
Helmikuu		3	93	2	30
Maaliskuu	x	6	80	5	30
Huhtikuu	x	9	77	8	35
Toukokuu		13	64	12	35
Kesäkuu		15	62	15	40
Heinäkuu		19	62	19	50
Elokuu		19	62	19	50
Syyskuu	x	15	74	15	50
Lokakuu	x	12	71	12	40
Marraskuu	x	9	77	8	35
Joulukuu	x	6	80	5	30



Kuva 20. DOF-Lämpö-ohjelman graafinen esitys Taulukko 1., 1. rivin arvoista. Punainen käyrä kyllästymiskosteuden arvo. Sininen käyrä on kosteus määrä. Tiivistymistä ei tapahdu tarkastelupisteessä 9–10.

Taulukossa 2 maan lämpötilan vaihteluksi oletetaan + 5 – + 15 °C. Hidas mikrobikasvu on mahdollinen kerroksessa 9–10, sillä suhteellinen kosteus on yli 70 % ja lämpötila yli + 5 °C.

Taulukko 2. Lattian reuna-alue: 0,5–1,5 m ulkoseinälinjasta.

		Lämpötila kerroksessa 9-10	Suhteellinen kosteus kerroksessa 9-10	Maan laskenta lämpötila °C	Sisäilman RH %
Tammikuu	x	6	79	5	30
Helmikuu	x	6	79	5	30
Maaliskuu		9	68	8	30
Huhtikuu		12	64	12	35
Toukokuu		15	56	15	35
Kesäkuu		15	62	15	40
Heinäkuu	x	15	74	15	50
Elokuu	x	15	74	15	50
Syyskuu	x	15	74	15	50
Lokakuu		15	62	15	40
Marraskuu		12	64	12	35
Joulukuu		9	68	8	30

Taulukossa 3 maan lämpötilan vaihteluksi oletetaan + 8 – + 19 °C. Hidas mikrobikasvu on mahdollinen kerroksessa 9–10, sillä suhteellinen kosteus on yli 70 % ja lämpötila yli + 5 °C.

Taulukko 3. Lattia keskialue.

		Lämpötila kerrok- sessa 9-10	Suhteellinen kos- teus kerroksessa 9-10	Maan las- kenta läm- pötila °C	Sisäilman RH %
Tammikuu		9	68	8	30
Helmikuu		9	68	8	30
Maaliskuu		13	56	12	30
Huhtikuu		15	56	15	35
Toukokuu		15	56	15	35
Kesäkuu		15	53	15	40
Heinäkuu	x	13	74	15	50
Elokuu	x	13	74	15	50
Syyskuu		16	62	19	50
Lokakuu		15	62	15	40
Marraskuu		15	56	12	35
Joulukuu		12	56	12	30

Taulukossa 4 esitetään vertailu vuoksi, sivun 6 kuvan 1 mukaisen 20-luvun lattian tulokset. Maan lämpötilan vaihteluksi oletetaan + 2 – + 19 °C. Hidas mikrobikasvu on mahdollinen betonilaatan pinnalla, sillä suhteellinen kosteus on yli 70 % ja lämpötila yli + 5 °C.

Taulukko 4. 20-luvun lattian reuna-alue.

		Lämpötila laatan pin- nalla	Suhteellinen kos- teus laatan pin- nalla	Maan las- kenta läm- pötila °C	Sisäilman RH %
Tammikuu	x	6	73	2	30
Helmikuu	x	6	73	2	30
Maaliskuu		9	64	5	30
Huhtikuu		11	65	8	35
Toukokuu		14	55	12	35
Kesäkuu		16	55	15	40
Heinäkuu		17	57	19	50
Elokuu		19	57	19	50
Syyskuu		16	67	15	50
Lokakuu		14	62	12	40
Marraskuu		11	65	8	35
Joulukuu		8	64	5	30

6.5.2 Alapohjaan liittyvän seinän tarkastelu DOF-Lämpö-ohjelmalla.

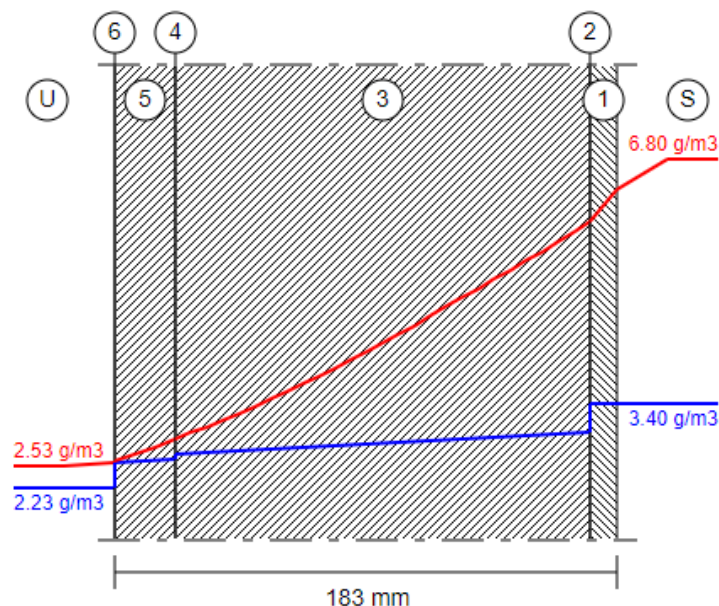
Alapohjaan liittyvän hirsiseinärakenteen suhteellisen kosteuden yhden vuoden jakaumaa laskettaessa voidaan todeta, että seinärakenteen uloimissa osissa bitumipaperin tai maalikerroksen alla voi tapahtua tiivistymistä silloin kun ulkona on enemmän pakkasta kuin $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja ontelon lämpötila yli $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja suhteellinen kosteus on yli 50 %. Keskimäärin tiivistymistä tapahtuu marras-maaliskuussa. Mikrobin kasvu on joka tapauksessa mahdollista ulkoseinärakenteiden uloimissa osissa, johtuen ulkoilman olosuhteista.

Ulkoseinän rakenne:

Kerros:	Paksuus: (mm)	Materiaali:
1	10.00	Kuitulevy
2	0.40	Alumiinipaperi 0,4 mm
3	150.00	Hirsi 450 kg/m^3
4	0.10	Bitumipaperi 0,1 mm
5	22.0	Lauta 450 kg/m^3
6	0.30	Maali - kiilto

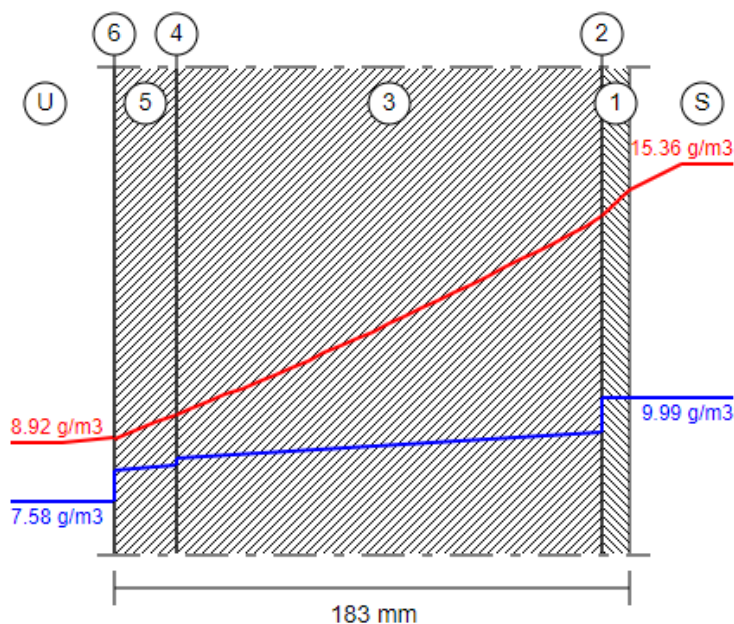
U-arvo $0,62\text{ W/m}^2\text{K}$

Kuvasta 21 voidaan todeta hirsiseinän keskimääräinen kosteusjakauma alapohjan eristetilan kohdalla tammikuussa, kun ulkona $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja eristetilan sisällä $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, RH 50 %. Tiivistyminen tapahtuu ulkopinnassa.



Kuva 21. DOF-Lämpö-ohjelmalla saatu tammikuun kosteusjakauma.

Kuvasta 22 voidaan todeta hirsiseinän keskimääräinen kosteusjakauma alapohjan eristetilan kohdalla syyskuussa, kun ulkona + 9 °C ja eristetilan sisällä + 18 °C, RH 65 %. Tiivistymistä ei tapahdu.



Kuva 22. DOF-Lämpö-ohjelmalla saatu syyskuun kosteusjakauma.

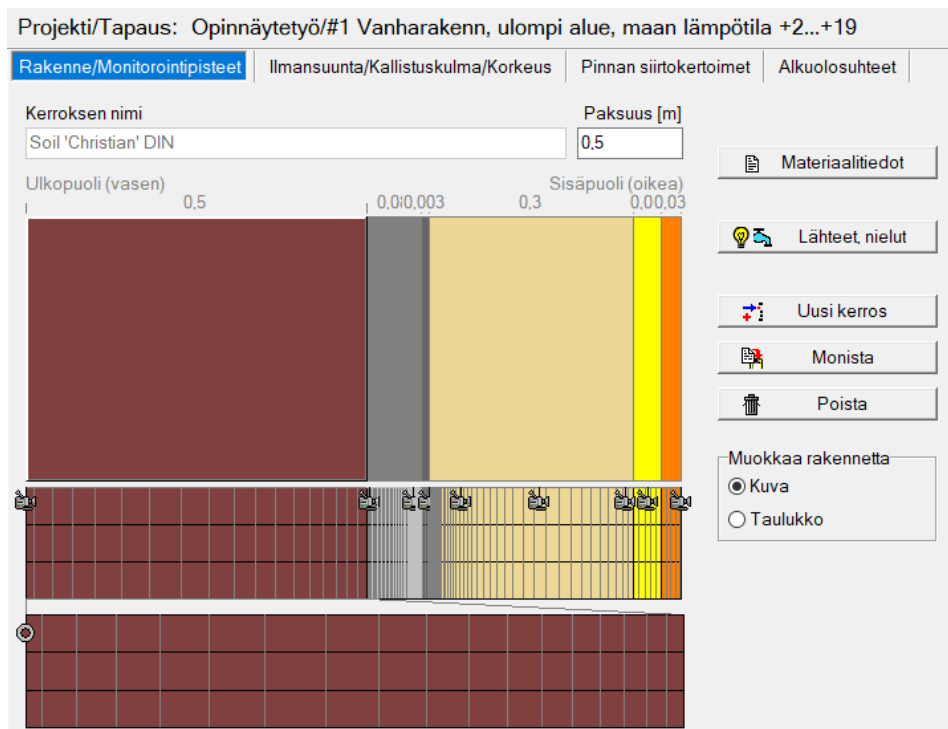
6.5.3 Rakenteen lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan tarkastelu ajasta riippuvalla laskennalla

WUFI Pro -ohjelmalla mallinnettiin alapohjan kosteusarvoja samaan tapaan kuin DOF-Lämpö-ohjelmalla. Laskelma sijoitettiin samalle RakMk D3 2012 mukaiselle säävyöhykkeelle 3, jonka mukaan tulivat ulkoilman lämpötilan kuukausiarvot.

Alapohjarakenteen pohjamaan mitoitustilaksi tehtiin samanlaiset oletukset kuin 6.5.1 kohdassa. Maalajina on käytetty ohjelman Soil (Christian) DIN-arvoa, jonka lämmönjohtavuus on lähimpänä tutkittavan alapohjan maalajia. Pohjamaan lämpötilat laattapinnan tasolla laitettiin vaihtelevaan vuodenaikojen mukaan sinikäyränmuotoisesti. Lattia jaettiin kolmeen eri vyöhykkeeseen, joissa lämpötilojen oletettiin vaihtelevan kohdan 6.5.1 mukaisesti: lattian ulkoreunalla + 2 – + 19 °C, välialueella + 5 – + 15 °C ja keskialueella + 8 – + 19 °C.

Alapohjan lämmöneristettä valittiin kuvaamaan ohjelman HOIZ S 45 puulastut, joiden diffuusiovastuskerroin μ oli ohjelmassa 2,5. Suomalaisen lähteen mukaan sahanpurun ja kutterinlastun diffuusiovastuskerroin μ vaihtelee lämpötilasta riippuen välillä 2,1–3,1 (Vinha, Valovirta, Korpi, Mikkilä

& Käkelä, 2005, ss. 80-81). Betonilaatan päällä ollutta bitumikerrosta laitetiin kuvaamaan hieman puhdasta bitumia pienempi diffuusiovastuskerros: Asphalt Shingle System.



Kuva 23. WUFI Pro 6.4 -ohjelmaan syötetty lattian rakenne, kosteuden- ja lämmön seurantapisteineen.

Ohjelmaan syötetyt alapohjan kerrokset:

- Soil 'Christian' DIN 500 mm
- Betoni, C12/15 80 mm
- Asphalt Shingle System 3 mm
- HOIZ® S 45 Puulastut 300 mm
- Min.villa 40 mm (ulkoreuna) tai ilmakerros 40 mm
- Scandinavian spruce transverse direction 30 mm

Eräs vaikuttava tekijä saatuihin tuloksiin on alkutilanteen kosteuden määrittely. Ohjelmassa on vakioasetuksena RH 80 %, jota ohjelman valmistaja suosittelee käyttämään. Se ottaa huomioon rakentamisen alkuvaiheen kosteuksia. Tällaisen rakenteen suhteellinen kosteus pysyy melko korkeana ensimmäisien vuosien aikana, joten käytännössä materiaaleja ei voisi asentaa RH 80 % kosteudella mikrobivaurioiden vuoksi, vaan ne pitää asentaa RH 60 % kosteudella, koska kylmä laatanpinta on riski. Mikrobivaurioita voi siis syntyä jo rakennusvaiheessa tällaisessa rakenteessa.

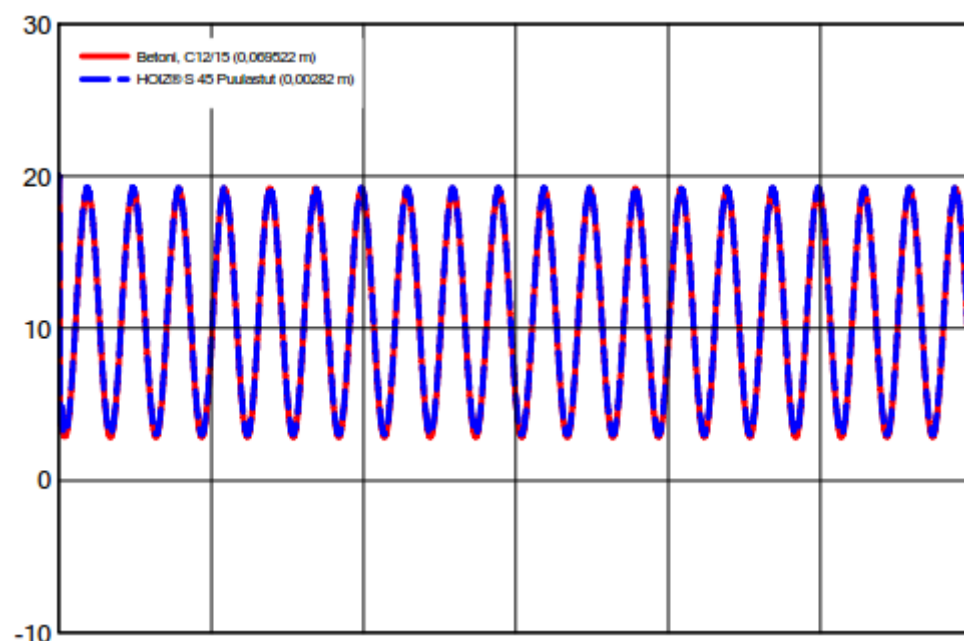
Sisäilmaston mitoitettavan kosteutena käytettiin ohjelmassa ollutta valmista matalan kosteuskuorman arvoa, joka vastaa paikan päältä mitattuja todellisia olosuhteita.

Ensimmäisessä koelaskelmassa laskenta-ajaksi otettiin 20 vuoden jakso ja RH 80 % alkukosteus, jotta nähdään suhteellisen kosteuden pitkäaikainen kehitys eristetilassa ja lähtökosteus ei vaikuta enää rakenteessa. Puulastujen kosteuspitoisuus pienenee laskentajakson aikana. Tämä alkukosteusarvo on kuitenkin liian suuri, sillä eristeen 0-50 mm alue pysyy yli RH 70 % kosteuksissa monta vuotta.

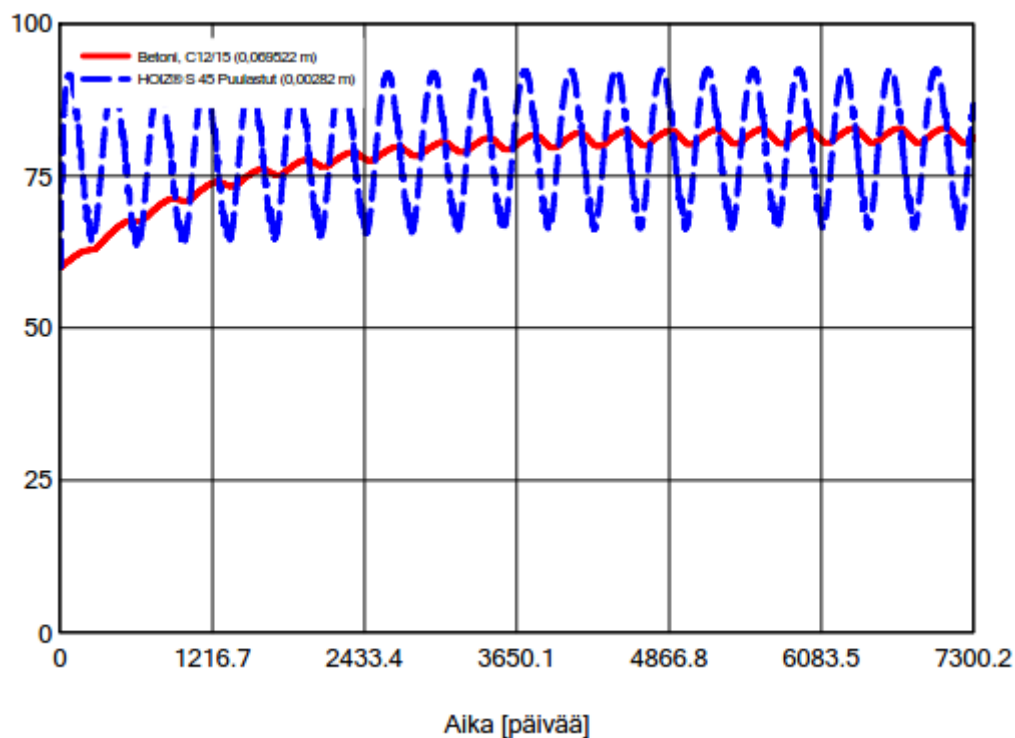
Varsinainen laskelma tehtiin 20 vuoden jaksolla, RH 60 % alkukosteudella ja pinnoittamattoman lautalattian arvoilla. Oletuksena oli, että rakenteet ovat olleet kuivia eristeiden asennusvaiheessa ja eristeet on kuivattu ja ponttilautalattiaa ei ole pinnoitettu tiiviisti. Tuloksista nähdään, että RH 60 % alkukosteudella puulastujen kokonaiskosteus hieman nousee ajan myötä. Kymmenvuoden laskentajakso olisi riittänyt, sillä ohjelman sisä- ja ulko-olosuhteet ovat vakiot vuosittain. Lisääntyvän tai poistuvan kosteuden määrä tulee esille alle kymmenessä vuodessa.

6.5.4 Laskennan tulokset lattian reuna-alueella 0–0,5 m ulkoseinälinjasta

Lämpötila-alueella + 2 – + 19 °C, 3 mm etäisyydellä laatan pinnasta, lämmöneristeessä on yli 70 % suhteellisia kosteuksia. Mikrobikasvun mahdollistavia yli + 5 °C lämpötiloja esiintyy syksyllä ja keväällä. Keskitalvella kasvu voi pysähtyä, kun lämpötila menee alle + 5 °C. Puulastut ovat yli 70 % kosteudessa noin 80 % vuodesta. Alle + 5 °C lämpötilaa on noin 30 % ajasta.

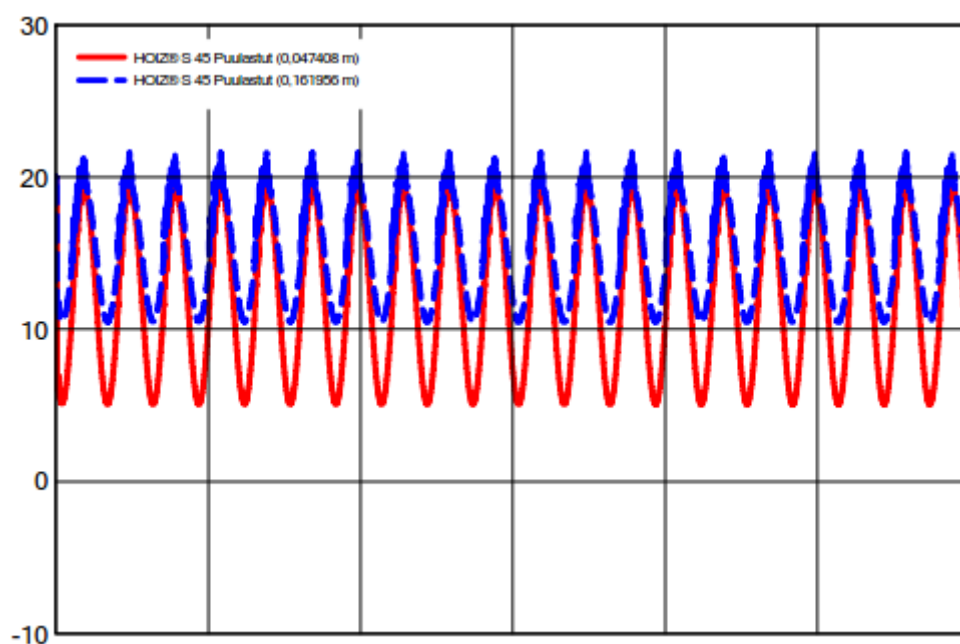


Kuva 24. Ohjelman tuloste lämpötilan vaihtelusta 3 mm etäisyydellä.

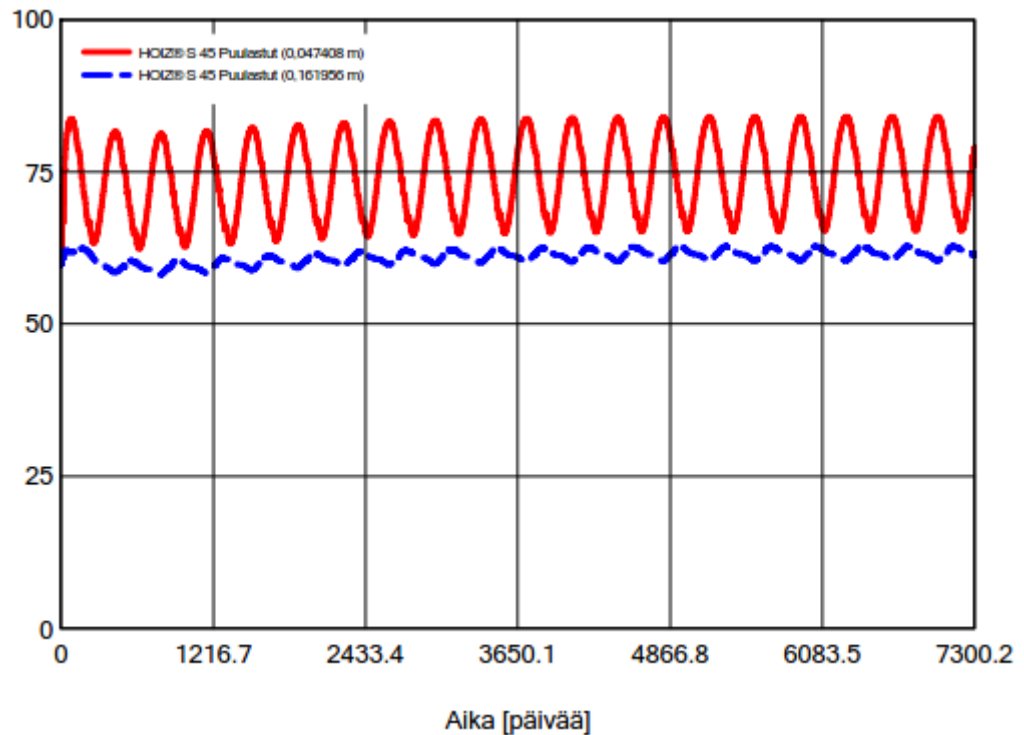


Kuva 25. Laatan pinnasta 3 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 65-93 % välillä.

Lämpötila-alueella + 2 – + 19 °C, 50 mm etäisyydellä laatan pinnasta puulastut ovat yli 70 % kosteudessa noin 67 % vuodesta. Alle + 5 °C lämpötilaa ei esiinny. 160 mm etäisyydellä laatan pinnasta yli 70 % kosteuksia ei esiinny.



Kuva 26. Puulastujen lämpötilat 50 mm ja 160 mm etäisyyksillä.



Kuva 27. Laatan pinnasta 50 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 63–83 % välillä. Laatan pinnasta 160 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 60–62 % välillä.

6.5.5 Laskennan tulokset lattian reuna-alueella 0,5–1,5 m ulkoseinälinjasta

Lämpötila-alue + 5 – + 15 °C.

Laatan pinnasta 3 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 75–92 % välillä. Puulastut ovat siten yli 70 % kosteudessa koko vuoden ajan. Alle + 5 °C lämpötiloja ei esiinny.

Laatan pinnasta 50 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 70–82 % välillä. Puulastut ovat 70–82 % kosteudessa koko vuoden ajan. Alle + 5 °C lämpötiloja ei esiinny.

Laatan pinnasta 160 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 60–65 % välillä, joten kasvutekijöitä ei ole.

6.5.6 Laskennan tulokset lattian keskialueella

Lämpötila-alue + 8 – + 19 °C.

Laatan pinnasta 3 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 60–83 % välillä. Puulastut ovat 70–83 % kosteudessa 40 % vuodessa. Alle + 5 °C lämpötiloja ei esiinny.

Laatan pinnasta 50 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 60–72 % välillä. Yli 70 % kosteuden esiintyminen jää lyhytaikaiseksi. Alle + 5 °C lämpötiloja ei esiinny.

Laatan pinnasta 160 mm etäisyydellä puulastun suhteellinen kosteus vaihtelee 55–58 % välillä, joten kasvutekijöitä ei ole.

6.6 Tutkimusten perusteella tehtävät päätelmät

Maanvastaisen rakenteen toimivuutta ja vaurioitumista ei voida arvioida pelkästään suhteellisen kosteuden mukaan. On myös selvitettävä, siirtykö kosteus ko. rakenteesta sisäänpäin ja onko kosteudesta haittaa niille materiaaleille, jotka ovat kosketuksissa ko. rakenteeseen. Maanvastaisen rakenteen kautta tulevat ilmavuodot sisätiloihin selvitetään. Alapohjarakenteen toimivuutta ei voida arvioida myöskään pelkästään rakenteiden alapuolisen kosteustason perusteella, koska suhteellinen kosteus on maaperässä 100 %. Rakenteiden kosteustason arvioinnissa, rakenteiden suhteellinen kosteus kuvaa rakenteen homevaurioitumisen todennäköisyyttä (Ympäristöministeriö, 2016, ss. 150-151).

Kapillaarikatkokerroksen puuttumisen vuoksi kivijalan sisäpuolelle tiivistyy kosteutta maaperästä tiettyyn aikaan vuodesta. Kivijalan kohdalla laatasta mahdollisesti olevasta halkeamasta voi tulla kosteusvirtaa sisäpuolelle. Alapohjan eristetilan lämpötilaan seinän vierellä vaikuttaa lisäksi rakojen kautta tuleva kylmä ilma talvikaudella. Tietyissä kohdissa on havaittavissa ilmavuotoa sisälle päin. Tätä torjumaan on ilmeisesti laitettu reunakaistalle 1960-luvulla mineraalivillaa painuneen täytteen tilalle, ettei lattian alla oleva kylmä ilma pääse virtaamaan pidemmälle. Tämä aiheuttaa vielä uuden näkökulman eristetilan lämpötilaan talvikaudella. Mikrobikasvu pysähtyy aivan reunassa tammi-helmikuussa kylmänä talvena, koska siellä on niin kylmää, mutta jatkuu maaliskuussa ja lokakuusta joulukuun. Kasvua voidaan olettaa tapahtuvan sisemmällä vyöhykkeellä tammi-maaliskuussa.

Kapillaarikatkokerroksen puuttumisen vuoksi alalaatan pintaan nousee kosteutta, mutta toimivan vedeneristeen vuoksi siitä ei ole aiheutunut vaurioita laatan päällä oleviin eristeisiin.

Alapohjien suhteellisen kosteuden mittauksilla varmistuttiin, että rakenteessa ei ollut poikkeavia kosteuspitoisuuksia. Mittausten perusteella eristetilan kosteuspitoisuus noudattelee suoraan ulkoilman ja sisäilman kosteutta. Sisäilmasta tuleva kosteus aiheuttaa eristetilan kosteusongelmia reuna-alueelle, pienessä määrin tammi-huhtikuussa, ja hieman enemmän heinä-joulukuussa. Kivijalan päällä on kylmä kohta, jossa voi tapahtua myös kosteuden tiivistymistä. Tällä alueella voi paikallisesti tapahtua enemmän kasvua. Keskialueen rakenne toimii ympäri vuoden suhteellisen hyvin, tosin siellä tapahtuu pientä suhteellisen kosteuden nousua heinä-elokuussa.

Sisäilman laskennassa käytetyt kosteuspitoisuudet oli valittu vastamaan lähempänä todellisia sisäilman suhteellisia kosteuksia ko. rakennuksessa. Jos laskennat olisi tehty 50 % sisäilman suhteellisella kosteudella ympäri vuoden, mikä on tarpeen uusia rakenteita suunniteltaessa, talviaikana reuna-alueen 8–9 kerroksessa tapahtuu kasvua ja kosteutta tiivistyy alalaatan pintaan 9–10 kerroksessa. RH 50 % kosteudella rakenne ei olisi toiminut niinkään pitkään kuin se nyt on toiminut.

DOF-Lämpö-ohjelman perusteella tehtyjen taulukoiden arvoista voidaan päätellä, että lattian eristetilasta 0–150 mm etäisyydellä laatan pinnasta, löytyy alueita, joissa on vuosittain tiettyinä vuodenaikoina yli RH 70 % kosteuspitoisuuksia, yli + 5 °C lämpötilassa, joten mikrobikasvu on mahdollinen.

WUFI Pro -ohjelmalla tehdyt mittaukset antoivat saman suuntaisia vastauksia. Eristetilassa suhteellinen kosteus vaihteli vuodenaikojen mukaan. Suhteellisen kosteuden ajankohta saatiin tarkemmin esille tässä ohjelmassa. Käytettäessä lähtökosteutena RH 80 % puulastujen kokonaiskosteus pieneni. Käytettäessä RH 60 % lähtökosteutta kutterinlastujen kokonaiskosteus hieman nousi. Molemmilla alkukosteuden arvoilla puulastujen kosteus tasaantui muutaman vuoden jälkeen arvoihin 7–7,5 kg/m³.

Asetetut maan lämpötila-arvot ja sisäilman suhteelliset kosteudet vaikuttavat laskentatuloksiin. Huomattavaa on, että laatan pintaan tiivistyy kosteutta pienelläkin sisäilman suhteellisella kosteudella. Lämmöneristeessä yli 70–75 % suhteellisia kosteuksia ja mikrobikasvun mahdollistavia yli + 5 °C lämpötiloja esiintyy betonilaatan pinnasta 0-100 mm etäisyydellä sisälle päin. Suotuisat olosuhteet mikrobikasvulle laattojen tarkastelualueilla painottuvat talvikauteen. Eniten kasvua tapahtuu + 5 – + 15 °C lämpötilavyöhykkeellä lähellä laatan pintaa.

Vauriot kehittyvät pidemmän ajan kuluessa, kun lämpö- ja kosteusolosuhteet vaihtelevat vuosittain ja kosteus on kriittisen pitoisuuden lähellä. Tätä olettamusta tukee otettu mikrobinäyte, jonka perusteella voidaan päätellä mikrobilajiston olevan kriittisen kosteuspitoisuuden lähellä kasvavaa lajia. Mikrobinäytteen perusteella voidaan päätellä myös alapohjan betonilaatan tiiveys maaperän ilmavirtauksia vastaan. Eristenäytteistä ei löytynyt sädesieniä, joten eristetilasta ei ole suoraa ilmayhteyttä maaperään.

Nykyisen maavaraisen alapohjan säilyttäminen jatkossa riippuu korjauksen luonteesta.

6.7 Korjattavat rakenteet

6.7.1 Määrittely käyttöiän perusteella

Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot RT-kortin (RT 18-10922, 2008, s. 5) perusteella maanvaraisen laatan päälle tehdyn puukoolauslattian käyttöikä on kevyissä rasitusolosuhteissa 60 vuotta, normaaliolosuhteissa 40 vuotta ja vaikeissa olosuhteissa 20 vuotta. Nykyisen alapohjarakenteen ikä on lähes 80 vuotta, joten ainakin 40 vuoden käyttöikä on ohitettu.

Betonilaatan päällä olevan bitumivedeneristeen käyttöikä normaaliolosuhteissa on 30 vuotta ja vaikeissa olosuhteissa 20 vuotta. Nykyinen bitumi on siten käyttöikänsä ohittanut. (RT 18-10922, 2008, s. 11)

6.7.2 Määrittely tutkimusten perusteella

Teknisesti lattian puurakenteet ovat kunnossa, mutta mikrobien kannalta rakenteet ovat uusimistarpeessa. Betonilaatan pinnan bitumointi näytti hyvin tehdyltä aukaisukohdassa. Kokonaiskuvan saaminen edellyttäisi laajempia aukaisuja.

Betonilaatassa olevia mahdollisia painaumuksia tai halkeamia ei tämän rakennevauksen perusteella näe. Porattaessa laattaaan kosteusmittausreikää, laatan betoni vaikutti kovalta. Koska laatan alla ei ole nykyaikaista kapillaarisen kosteuden katkaisevaa kerrosta, laatta pitää joka tapauksessa purkaa uuden sepelikerroksen vuoksi, jos niin isoon korjaukseen lähdetään.

6.8 Korjaustavat ja suunniteltu käyttöikä

Korjausmenetelmien valintaan vaikuttavat kiinteistön omistajan taloudelliset resurssit ja kiinteistön elinkaariarvio, rakenteen kosteustekninen toimivuus, rakenteessa esiintyvät epäpuhtaudet ja haitta-aineet, rakenteen epätiiviyskohdat, vaurioiden laajuus sekä korjaushankkeen sisäilmatavoitteet.

Vuonna 2019 ilmestyneessä kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakennuksen korjausoppaassa (Ympäristöministeriö, 2019, s. 38) esitellään kolme rakennusosakohtaista korjausmenetelmää

1. Perusteellinen rakenteen uusiminen (tarvittaessa myös kantava rakenne); tavoiteikä vähintään 50 vuotta.
2. Rakenteen osittainen uusiminen (vaurioitunut materiaali poistetaan); tavoiteikä 30–50 vuotta.
3. Rakenteen ilmatiiviiden ja tuuletuksen parantaminen (vaurioitunut materiaali jätetään rakenteeseen); tavoiteikä 15–20 vuotta.

Kustakin menetelmästä esitetään

- Korjauksen onnistumisen kannalta olennaiset asiat
- Suunnitteluun ja toteutukseen liittyvät erityiset riskit
- Vaikutus energiatehokkuuteen
- Rakenteen toimivuuden seuranta käytön aikana.

Puurakenteisten rakennusosien korjausmenetelmien soveltuvuutta voidaan arvioida taulukko 5 avulla. Korjausvaihtoehtoina voivat olla yksi menetelmä tai useamman vaihtoehdon yhdistelmä. Saman rakennuksen eri rakennusosat voidaan korjata eri tavoin. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 56)

Taulukko 5. (Ympäristöministeriö, 2019, s. 56)

	Rakennusosien ilmatiivyyden parantaminen ⁴	Kapselointi	Paine-erojen hallinta ¹	Rakennusosan purkaminen
Epäpuhtaudet kulkeutuvat ilmapuotojen mukana halkeamista tai liitoskohdista	x		x	
Rakenne kosteus- tai mikrobivaurioitunut tai sisältää haitta-aineita ³		x ²	x	x
Rakennekerroksen alla / putkikanaalissa mikrobivaurio tai haitta-aineita ³			x	x

¹ Puurakenteiden yli- ja alipaineistus hankalaa puurakenteen huonon tiivistettävyyden vuoksi.

² Mikäli haitta-aineiden / vaurioituneen materiaalin poistaminen ei ole kannattavaa tai mahdollista.

³ Rakenne muutetaan samalla rakennusfysikaalisesti toimivaksi.

⁴ Rakennusosien ilmatiivyyden parantamisen vaikutus muiden tilojen/rakennusosien ilmapuotoihin on arvioitava kokonaisvaltaisesti.

Korjaussuunnittelun sisältö (Ympäristöministeriö, 2019, s. 38) mukaan

- Kosteusvaurion tai sisäilmaongelman syy poistetaan
- Mikrobivaurioituneet materiaalit poistetaan
- Kastuneet materiaalit kuivataan tai poistetaan
- Rakenteet uusitaan kosteus- ja lämpötekniisesti toimiviksi
- Jäljelle jäävät runkorakenteet, joita ei voi poistaa, puhdistetaan mekaanisesti tai kapseloidaan (RT 18-11238, 2016) mukaisesti
- Poikkeustapauksissa jäljelle jääneille rakenteille tehdään hajunpoisto
- Puhdistuksen jälkeen rakenteet kuivataan ja tuuletetaan huolellisesti
- Irtaimisto suojataan ja puhdistetaan
- Rakenteiden ilmapuodot maaperästä katkaistaan
- Kemikaalien määrä sisäilmassa minimoidaan korjauksen yhteydessä ja sen jälkeen (M1-materiaalit)
- Valetut ja muuratut rakenteet kuivatetaan riittävän kuiviksi ennen pinnoitusta
- Ilmanvaihtojärjestelmän kunto, toiminta ja painesuhteet varmistetaan.

6.9 Rakenteen korjausvaihtoehdot

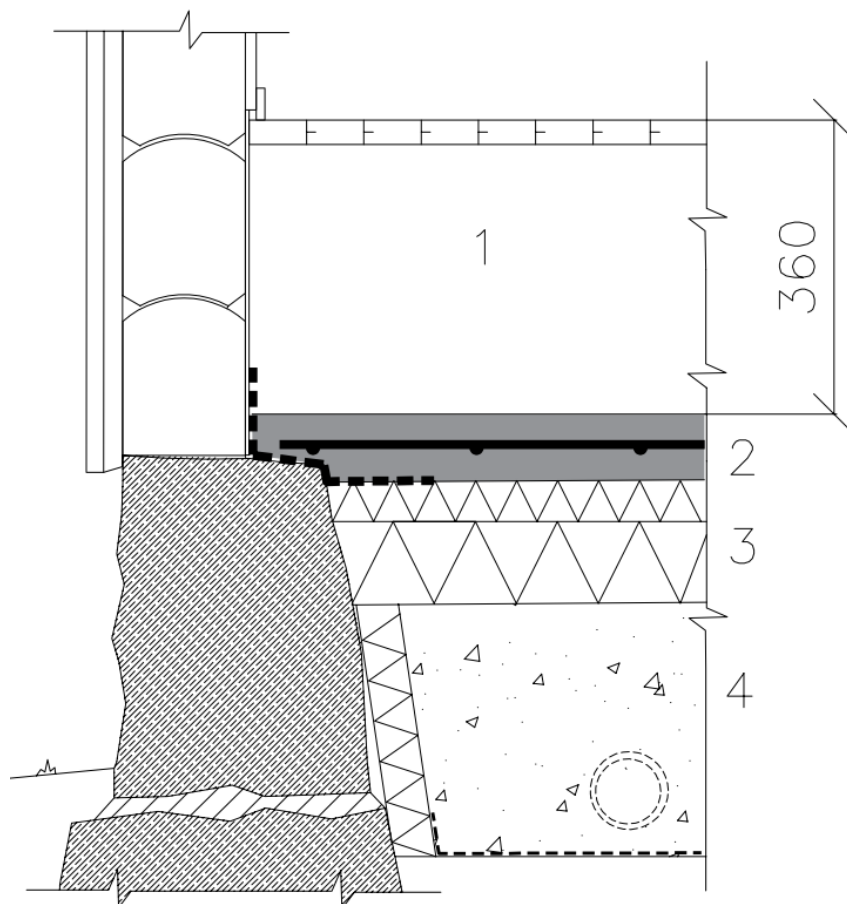
6.9.1 Rakenne uusitaan kokonaan

Vanhan lattiarakenteen pohjalaatta uusitaan nykyisten määräysten mukaiseksi. Päälle rakennetaan puukoolattu pintalattia vanhaan lattiakorkoon.

Lattian vanhat puurakenteet, täytteet ja betonilaatta puretaan. Uusi rakenne tehdään voimassa olevien määräysten ja ohjeiden mukaiseksi. Alustäyttö vaihdetaan kapillaarikatkoepeliin. Valetaan nykyohjeiden mukainen betonilaatta, joka lämmöneristetään alapuolelta. Betonilattian päälle rakennetaan koolattu ponttilautalattia vanhaan korkoon. Ponttilauta käsitellään öljyvahalla.

Rakennedetaljit ja käytettävät materiaalit suunnitellaan ulkoseinän ja tiilihormin liittymiin. Betonilaatan reunojen ja läpimenojen tiivistyksissä on huomioitava radontiiveys. Korjauksen yhteydessä kannatellaan betonilaatan päältä alkavat väliseinät, jotka voivat olla kantavia. Seinien alaosa rakennetaan takaisin, tarvittaessa kevytsoraharkkojen päälle, joiden alla on huopakaista. Kivijalan kylmäsilta aiheuttaa haasteita rakenneliittymän detaljisuunnittelussa.

Rakennuksen ulkopuolelle kaivetaan salaoja. Perusmuuri varustetaan perusmuurilevyllä ja sisäpuolen lämmöneristyksellä sekä routasuojauksella. Sadevedet ohjataan rännikaivoon ja maanpinta kallistetaan rakennuksesta poispäin.



Kuva 28. Uuden maanvastaisen rakenteen periaatekuva: 1) lattiarakenne, 2) teräsbetoni-laatta, 3) lämmöneristeet, 4) kapillaarikatko, radonputki ja suodatinkangas. U-arvo $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Rakennusjäte ja muu orgaaninen aines poistetaan alustäytöstä. Liittyvien hirsirakenteiden pinnat tulee puhdistaa huolellisesti. Uuden betonilaatan tuoman lisäkosteuden hallittu kuivuminen rakenteesta on otettava huomioon ennen puulattian rakentamista. Painovoimainen ilmanvaihto uudistetaan korjattuihin tiloihin: iv-suunnittelija.

Rakenteiden osalta tekninen käyttöikä on 50 vuotta, pintamateriaaleilla käyttökohteen rasituksen mukaan.

Rakenteeseen liittyvät tavanomaiset uudisrakentamisen riskit, esimerkiksi betonilattian kuivumisajan huomioiminen.

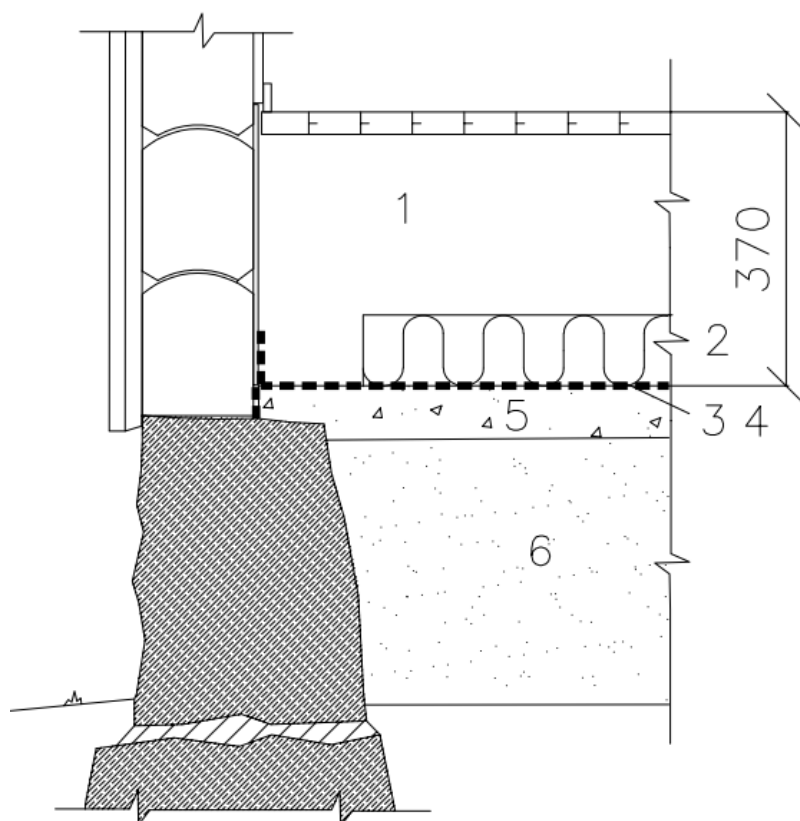
Alapohjan uusi lämmöneristys parantaa hieman rakenteen energiatehokkuutta perusmuurin lämmöneristävyyden parantamisen myötä. Uudisrakentamismääräyksiä vastaava. Uudiskohteen vertailuarvo on $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rakenteen toimivuutta seurataan normaalein kiinteistön ylläpitotoimin.

Kyseisen ratkaisun toimivuudesta ei ole vielä täyttä varmuutta. Varmuuden saamiseksi tulee tehdä lisätarkasteluja, jotka eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön.

6.9.2 Rakenne uusitaan osittain

Toisena korjausvaihtoehtona on rakenteen osittainen uusiminen. Maanvastaisen betonilaatan päältä puretaan pois vanhat lattialaudat, koolaukset ja lämmöneristeet. Pohjalaatan paksuus ja jyrsittävyuden kesto selvitetään. Vanha bitumisively jyrsitään pois.

Korjauksen yhteydessä puretaan tai kannatellaan betonilaatan päältä alkaavat mahdolliset kantavat puurakenteiset väliseinät, jotka rakennetaan takaisin huopakaistalla eristettyjen kevytsoraharkkojen päälle. Vanhan betonilaatan päälle rakennetaan uusi lattiarakenne. Betonilaatan yläpintaan tehdään kosteutta eristävä bitumointi tai epoksikäsittely ja samalla haitta-aineiden kapselointi. Laatan päälle asennetaan epäorgaaninen eriste. Lattian pintamateriaali vesihöyryä läpäisevä.



Kuva 29. Rakenteen osittaisen uusimisen periaatekuva: 1) lattiarakenne, 2) lämmöneriste, 3) höyrynsulkukäsittely, 4) tasoite ja tiivistykset, 5) vanha betonilaatta, 6) vanha alustäyttö. U-arvo 0,29 W/m²K.

Vanhan vedeneristeen poistossa tulee ottaa huomioon mahdolliset PAH-yhdisteet. Rakenteen ilmatiiveys varmistetaan lattian, ulkoseinän ja hormin liittymäkohtien sekä läpivientien tiivistyskorjauksilla, jotka tulee suunnitella erikseen. Lattia tehdään vanhaan korkoon, jolloin ovien korkeuksia ei tarvitse muuttaa. Rakenteen toimivuuden tarkastamiseksi suositellaan asennettavaksi uudelleentiivistettävät luukut lattiarakenteeseen.

Rakennuksen ulkopuolelle kaivetaan salaoja. Perusmuuri varustetaan perusmuurilevyllä ja routasuojauksella. Sadevedet ohjataan rännikaivoon ja maanpinta kallistetaan rakennuksesta pois päin.

Lattiarakenteiden osalta korjauksen tekninen käyttöikä on 30–50 vuotta, pintamateriaaleilla käyttökohteen rasituksen mukaan. Liitosten tiivistysten käyttöikä on voimakkaasti riippuvainen käytettävästä tiivistysjärjestelmästä ja työn toteutuksesta, tyyppillisesti kiviaineisten rakenteiden liittymässä 20–25 vuotta, kivi ja puurakenteiden liittymässä tätä lyhyempi.

Tässä korjaustavassa on riskeinä, että vaurioitunutta materiaalia jää rakenteeseen. Samoin kosteutta tiivistyy edelleen pohjalaatan pintaan, joten mikrobikasvua voi tapahtua laatan pinnalla, mutta ei niin herkästi kuin orgaanisessa eristeessä.

Alapohjaan tehtävät rakenteelliset muutokset lisäävät rakennuksen energiankulutusta, kun alapohjan eristemäärä vähenee.

Rakenteen toimivuutta seurantaan normaalein kiinteistön ylläpitotoimin.

Tämän rakenteen käyttö vaatisi tarkempia lisätarkasteluja. Ratkaisuiden moitteettomuudesta ei ole vielä täyttä varmuutta. Varmuuden saamiseksi tulee tehdä lisätarkasteluja, jotka eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön.

6.9.3 Rakenteen ilmatiiviyden parantaminen

Puukoolattuun lattiaan ei suositella tiivistyskorjauksen tekemistä, koska vanha orgaaninen rakenne jää tiiviiden pintojen väliin ja eristetilan ilman vaihtuvuus pienenee nykyisestä. Siitä voi aiheutua kosteusteknisiä vaurioita. Tiivistämiskorjaus on lyhyen ajan ratkaisu.

7 POHDINNAT

7.1 Tutkimuksen virhetekijöitä

Eristetilan suhteellisen kosteuden porareikämittaus oli epätarkka, sillä se on suuntaa antava lyhytkestoinen mittausten menetelmä (Ympäristöministeriö, 2016, s. 56). Mittauksen virhettä ei pystytä arvioimaan. Mittauksilla ei ole toistettavuutta, sillä joku toinen mittaaja ei pysty tekemään samanarvoisia mittaustuloksia. Menetelmässä mittausta paikan sisä- ja ulkolämpötila vaikuttavat saatuihin tuloksiin. Mittaushetkellä sisäilman ja rakenteen välinen lämpötilaero ei saisi olla suuri, koska muutoin mittauksen tulokset eivät vastaa todellisia olosuhteita.

Eristetilan havaintona oli, että suhteelliset kosteudet 130 mm etäisyydellä laatan pinnasta olivat pienempiä kuin WUFI Pro -ohjelman laskennalliset tulokset 160 mm etäisyydellä laatan pinnasta. Tämä voidaan olettaa aiheutuvan mittausten menetelmän epätarkkuudesta ja laskentaohjelmaan syötetyistä arvoista.

Toisena eristetilan havaintona voi mainita sen, että betonilaatta oli suojattu yläpuolisella bitumikerroksella kapillaarisesti nousevaa kosteutta vastaan. Kosteudeneristyksen ansiosta pohjalaatan alapuolinen kosteus ei ollut päässyt nousemaan rakenteisiin, vaikka laatan alla ei ollut varsinaista kapillaarikatkokerrosta. Sisäilman kosteuden tiivistyminen alapohjalaatan pintaan, tai sitä lähellä olevaan eristekerrokseen, on sen sijaan mahdollista tiettyinä aikoina vuodesta.

Betonilaatan porareikämittaus on tarkka mittausten menetelmä silloin, kun rakenteen lämpötilan on alueella + 15 – + 25 °C (Ympäristöministeriö, 2016, s. 54). Tässä tutkimuksessa betonilaatan mitattu lämpötila oli + 12 °C, joten mittaus tehtiin suosituslämpötila-alueen ulkopuolella. Mittauksesta tuli suuntaa antava.

Saadut WUFI Pro -ohjelman laskennalliset tulokset kertovat aika hyvin lattiarakenteen käyttäytymisen. Tuloksia tukee materiaalinäytteen tulos. Vaikeammin arvioitava tekijä taas on lattian sisäinen tuulettavuus, joka pienentää lattian lämpötiloja ja suhteellisen kosteuden arvoja talvikaudella. Lattian sisäinen tuulettavuus riippuu seinä- ja lattiarakenteiden tiiveydestä ja siitä miten painovoimainen ilmanvaihto pääsee vaikuttamaan lattian epätiivelyskohtien kautta eristetilan tuulettavuuteen.

Rakennusfysikaalisiin laskentaohjelmiin syötetyt lukuarvot vaikuttavat saatuihin laskentatuloksiin. Miten lähelle todellista tilannetta maanlämpötilan ja sisäilmaston arvot tietyllä säävyhykkeellä kyetään arvioimaan niiden syöttövaiheessa? Maanvaraisen laatan maan lämpötila-arvot perustuvat tässä opinnäytetyössä kirjallisuustietoon. Tarkempia tuloksia varten pitäisi tehdä mallinnus lämpötilojen jakautumisesta alapohjalaatassa.

Laatan alla olevien maan lämpötilojen laskentaan on olemassa rakennusfysikaalisia ohjelmia, joilla saadaan mallinnettua maan lämpötilat tarkemmin ja lähemmäksi todellisia arvoja. WUFI Pro -ohjelman ulkolämpötilat eivät ota huomioon vuosittaisia todellisia kosteusvaihteluilta, vaan kosteuden laskenta-arvoina ovat keskimääräiset arvot joltakin tietyltä ajanjaksoilta.

Eristetilan lämpötilaan ulkoseinän vierusalueella vaikuttaa lisäksi ulkoa tuleva kylmä ilma talvikaudella. Tietyissä kohdissa on alipaineen aiheuttamaan ilmavuotoa sisälle päin. Tämä aiheuttaa vielä uuden näkökulman eristetilan lämpötilaan talvikaudella. Mikrobikasvu reuna-alueen alimmilla osilla pysähtyy, koska siellä on niin kylmää. Kasvulle suotuisat olosuhteet siirtyvät sisemmälle vyöhykkeelle talvikuukausina. Rakennuksen reuna-alueella lämpötila vaihtelee aika paljon, koska perusmuuria ei ole lämmöneristetty. Talvella reuna-alue menee kylmäksi ja kesällä se lämpenee lähelle ulkoilman lämpötilaa. Keskialueen lattiarakenne toimii ympäri vuoden rakennusfysikaalisesti parhaiten.

Mielestäni tutkimuksessa käytetyillä menetelmillä on saatu riittävän havainnollisia tuloksia eristetilan käyttäytymisestä ja niistä voidaan todeta, että orgaanisessa lämmöneristyskerroksessa mikrobikasvulle on olemassa edellytyksiä tietyn aikaa vuodesta.

7.2 Tutkimusten määrän vaikutus korjaussuunnitelmien laajuuteen

Alapohjan korjaustarvetta pyrittiin selvittämään pienillä tutkimuksilla: kosteusmittauksilla ja yhdellä rakenneavauksella. Saatiinko pienillä tutkimuksilla riittäviä ja vaadittavia selvityksiä tarvittavan korjaussuunnitelman tekemiseen? Voidaan todeta, että alapohja voidaan korjata tietyillä tavoilla ja eri asteisia kuntotutkimuksia voidaan teettää korjaussuunnittelun tueksi. Useammilla ja laajemmilla rakenneavauksilla olisi saatu todennäköisesti varmempaa tietoa alapohjan betonilaatan pinnan kunnosta, sekä väliseinien alaosien ja lattiapalkkien tukitolppien oletetusta lahonneisuudesta.

Kosteusmittaukset kertoivat sen, että normaalista poikkeavia kosteuksia ei löytynyt. Pelkillä kosteusmittauksilla ei voinut kuitenkaan tehdä päätelmiä rakenteen mikrobivaurioista. Rakennusfysikaaliset laskemat ja materiaalinäyte osoittivat, että eristemateriaalilla on mahdollisuus mikrobivaurioon. Laajemmilla tutkimuksilla olisi voinut olla merkitystä korjaustavan valintaan, kun tietoa olisi ollut enemmän käytettävissä. Korjauksista voi tulla liian suppeita ja liian laajoja, jos todelliset korjaustarpeet selviävät rakennustöiden alettua. Korjaustöiden laajuus joudutaan määrittelemään uudestaan työn aikana, millä on vaikutusta rakennuskustannuksiin. Rakennuksen käyttäjiä tyydyttävän sisäilman laadun saavuttaminen voi olla haastavaa, jos korjaus on osittainen.

Esitetyissä korjausvaihtoehdoissa nykyinen kosteustekninen toimintaperiaate muutetaan, jolloin korjauksen suunnitteluluokaksi tulee vaativa. Eräs vaativa kohta suunnittelussa on ulkoseinän ja lattialaatan liitos, jossa talviaikana pienelläkin sisäilman kosteuspuiteudella tapahtuu vesihöyryn tiivistymistä. Lattialaatan ja kivisen perusmuurin liitos muodostaa kylmäsilan. Vanhan rakenteen korjauksen suunnittelussa tuleekin huomioida voimassa olevat korjausrakentamista koskevat Ympäristöministeriön asetukset ja ohjeet sekä rakennusinsinööriliiton ohjeet.

7.3 Korjaus- ja muutostöiden energiatehokkuus

Ympäristöministeriön asetus vuodelta 2017 asuinrakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta mainitsee korjaus- ja muutostöissä taloudellisenä tarkastelujaksona käytettävän 30 vuotta. Jos energiatehokkuuden parantamisen takaisinmaksu aika on yli 30 vuotta, korjaustyössä ei tarvitse huomioida energiatehokkuuden parantamista. Energiatehokkuuden parantamiseen pitäisi ryhtyä silloin kun korjaus on laajamittainen. Tällaiseksi katsotaan korjaus, jonka korjauskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen jälleenhankinta-arvosta. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2017).

Energiatehokkuuden kannalta ei tätä alapohjan korjausta ei tarvitse tehdä, sillä sen nykyinen U-arvo 0,17–0,22 W/m²K on lähes nykymääräyksiä vastaava. Vuoden 2018 energiatehokkuusasetuksen maata vasten oleva rakennusosan U-arvon on 0,16 W/m²K.

7.4 Korjausvaihtoehtojen taloudellinen vertailu

Mikä on tämän rakennuksen taloudellisesti perusteltu korjausratkaisu? Yksi vaihtoehto on pohtia, kannattaako tehdä mitään, jos rakennusta pysyy vielä käyttämään. Alapohjien uusimiset ovat suuritöisiä hankkeita, joten täytyy olla hyvät perustelut lähteä uusimaan, jos ei ole selkeitä terveysperusteita sisäilmassa. Materiaalinäytteestä löytyi kuitenkin mikrobeja, joten sillä perusteella korjauksiin on aihetta ryhtyä.

Uusittaessa rakenne kokonaan 50 m² alalta ensimmäisen korjausvaihtoehdon mukaisesti, verolliset korjauskustannukset ovat arviolta 30 000 euroa. Osittaisen rakenteen uusimiskuluiksi arvioidaan 20 000 euroa.

Korjaustavan valintaan vaikuttavat omistajan taloudelliset perusteet ja korjaustavan kestävyys ja käyttöikä. Korjauksen hintaa ja tavoiteikää voidaan verrata rakennuksen jäljellä olevaan käyttöikään ja arvoon. Lattiakorjauksen suunniteltuna käyttöikä on 30 v, perusteena kiinteistön omistajan ajatus rakennuksen tulevasta elinkaaresta.

Vertailtaessa näitä kahta vaihtoehtoa eroksi saadaan 10 000 euroa. Kun lattian puuosien purkutöihin ryhdytään, niin vaihtoehdossa 1 on lisätyötä vanhan maanvaraisen laatan purkaminen ja alustäytön poistaminen ja uudet laattarakenteet. Vaihtoehdolla 1 saadaan todennäköisesti rakennusfysikaalisesti parempi ja hieman energiataloudellisempi rakenne pidemmäksi aikaa verrattuna vaihtoehto kahteen. Vaihtoehto 2 on rakennusfysikaalisesti epävarmempi ja siinä energian kulutus lisääntyy hieman nykyiseen rakenteeseen verrattuna. Molemmista korjaustavoista pitää tehdä vielä tarkempia rakennusfysikaalisia laskelmia niiden toimivuuden varmistamiseksi.

Vaihtoehdossa 1 on kyse noin 30 000 euron investoinnista ja vaihtoehdossa 2 on kyse noin 20 000 euron investoinnista 30 vuoden ajalle. Kumpaan vaihtoehtoon halutaan investoida? Vaihtoehdon 2 hieman huonompi energiatalous 30 v aikana tulee maksamaan suoralla sähkölämmityksellä n. 2300 euroa laskettuna nykyisellä sähköhinnalla hieman korotettuna. Energian säästömielessä vaihtoehto 1 ei maksa itseään takaisin 30 v aikana. Vaihtoehto 1 on perusteltu, jos sillä saadaan aikaan parempilaatuinen rakenne. Korjauskustannuksista on syytä tehdä tarkempi kustannusarvio ja laskea eri korjausvaihtoehtojen kannattavuus.

Harjoitustyössä otettiin kantaa yksittäisen rakennusosan korjaamiseen. Yleensä teetetään koko rakennuksesta kuntoarvio ja sen perusteella tarkempia kuntotutkimuksia rakennusosista. Kuntotutkimusten perusteella tehdään korjaussuunnitelma rakennuksen korjattavista osista. Kun koko korjauksen hinta on tiedossa, voidaan korjauksen hintaa verrata uudisrakentamisen hintaan, ja sitä kautta arvioida koko korjaustyön kannattavuutta.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyö kehittyi maanvarainen alapohja -teeman ympärille, joka oli aihepiirinä kiinnostava. Historiaselvityksellä luotiin käsitys alapohjien yleisistä kehitysvaiheista. Historiaosuudessa on tarkempi kuvaus maanvaraisen alapohjan kehitysvaiheista ja ongelmallisiksi havaituista rakenneratkaisuista 1990-luvun alkuun asti. Kolmannessa osiossa käsitellään sisäilma-asioita. Rakennusten vanhenemisen yhteydessä ne nousevat monesti esille, sillä ne liittyvät rakennuksen käyttäjien hyvinvointiin. Puu- ja betonirakenteisen alapohjarakenteen toimintaperiaatetta selvitetään rakennusfysikaalisen teoriaosuuden avulla. Korjaussuunnittelu -osiossa vanhojen rakenteiden korjauksia käsitellään suunnittelun ohjauksen, suunniteltavien vaativuuden ja rakenteiden turvallisen ja terveellisen korjaustavan kannalta.

Esimerkkikohteen avulla opinnäytetyössä pureudutaan tarkemmin 1940-luvun maanvaraiseen alapohjaan, jossa on betonilaatan päälle koolattu puulattia. Alapohjarakennetta tutkittiin ja analysoitiin eri menetelmillä ja tehtiin rakennusfysikaalisia laskelmia kahdella eri ohjelmistolla. Rakenteen toimivuuden tutkiminen on syytä tehdä riittävällä rakenneavauksilla ja rakennusfysikaalisilla tarkasteluilla ennen lopullisten korjausvaihtoehtojen ja hankepäättösten tekemistä. Pelkällä mikrobinäytteen tuloksella ei voi luotettavasti tehdä purkupäätöksiä: tarvitaan varmentavia tutkimuksia rakenteen kosteusteknisestä toiminnasta.

Tutkimusten lopputuloksena saatiin kaksi eri korjausvaihtoa, joissa on rakennusfysikaalisia lisätutkimustarpeita, ennen kuin niillä voidaan toteuttaa korjauksia. Rakennusfysikaalisilla 3D- ja 2D-ohjelmistoilla voidaan analysoida rakenteiden liittymäkohtia ja saadaan tietoa rakenteen kosteusteknisestä toiminnasta ja mikrobikasvun edellytyksistä.

Esimerkkikohteen osalta voidaan todeta, että 80 vuoden käyttöänsä jälkeen kannattaa alapohjassa vaihtaa vähintään orgaaniset täytteet ja harkita rakenteiden uusimista. Kuntotutkimuksiin perustuvien korjaussuunnitelmien perusteella saadaan selville korjaustyön kokonaiskustannukset, joiden perusteella arvioidaan korjaustyön kannattavuutta ja sisäilmaolosuh-teita verrattuna uudisrakennukseen.

LÄHTEET

Ahola, M. & Merikari, A. (2019). *Sisäilmayhdistys raportti 37*. Espoo: SIY Sisäilmätieto Oy.

Arkkitehti. (1921). Uusia ikkunoitten ja ovien standardityyppejä. *Arkkitehti*. 1921. Haettu 10.4.2020 osoitteesta <https://digi.kansalliskirjasto.fi/aika-kausi/binding/1110744>

Björkholtz, D. (1997). *Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka*. 2. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Cooper, C. (2011). Concrete Slab Foundations: A Brief History. Haettu 13.9.2019 osoitteesta <https://www.redeemersgroup.com/about-us/our-blog/2481-concrete-slab-foundations-a-brief-history.html>

D.O.F. tech Oy. (2020). DOF-Lämpö. Haettu 5.3.2020 osoitteesta <https://www.dof.fi/www/index.php?lang=fin&page=proglampo>

Eduskunta. (2012). Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Haettu 12.4.2020 osoitteesta https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/trvj_1+2012.pdf

FISE Oy. (2016). Virhekortti RVP-S/T-RF-58, päivitetty 5.11.2018. Haettu 2.10.2019 osoitteesta <https://fise.fi/virhekortti/kapillaarisen-kosteuden-paasy-maanvarasiin-alapohjarakenteisiin/>

Haataja, P. (2019). Kosteus- ja mikrobivaurioiden korjaamisen koulutus. Rakennusinsinöörit ja –arkkitehdit RIA ry:n järjestämä luento 9.4.2019, Metropolia ammattikorkeakoulu.

Hellsten, J. (2008). Koulujen sisäilmaongelmia korjataan väärin. *Rakennuslehti* 13.3.2008, 12–13.

Helsingin kaupungin tilastotoimisto. (1932). Rakennussääntö. Helsingin kaupungin kunnallinen asetuskokoelma. 29.1.1932. Haettu 22.6.2019 osoitteesta https://www.hel.fi/static/tieke/digitoidut_asiakirjat/helsingin_kaupungin_kunnalliset_asetuskokoelmat/1932.html

Jokelainen, J. (2005). *Hirsirakenteiden merkitys asema-arkkitehtuurille 1860–1950*. Väitöskirja. Oulun yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Arkkitehtuurin osasto. Haettu 12.3.2019 osoitteesta <http://urn.fi/urn:isbn:951427735X>

Kaila, P. (1997). *Talotohtori*. 2. Painos. Porvoo: WSOY.

Kattoliitto ry. (2019). Toimivat katot 2019. Haettu 10.4.2020 osoitteesta https://www.kattoliitto.fi/wp-content/themes/vantage/pdf/Toimivat_katot_2019_netti.pdf

Kääriäinen, H., Rantamäki, J. & Tulla, K. (1998). *Puurakennusten kosteustekninen toimivuus*. VTT Tiedotteita 1923. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Lappalainen, J. (2017). *Valesokkelirakenteen kosteus- ja homevauriokorjausmenetelmä*. Opinnäytetyö. Turun AMK ja Helsingin yliopiston koulutus- ja kehittämispalvelut HY+. Haettu 10.8.2019 osoitteesta <https://hyplus.helsinki.fi/wp-content/uploads/2017/07/RTA-opinnaytetyo-juha-lappalainen.pdf>

Lappalainen, M. (2002). *RT-kortit 1943-1960*. CD-ROM. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Leivo, V. & Rantala, J. (2000). *Maanvaraisten alapohjarakenteiden kosteuskäyttäytyminen*. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 106. 121 s. Haettu 30.9.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-2011112914922>

Leivo, V. & Rantala, J. (2002). *Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus*. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 120. 106 s + 13 liitesivua. Haettu 30.9.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-2011041510698>

Leivo, V. & Rantala, J. (2005). *Lattialämmitetyn alapohjarakenteen rakennusfysikaalinen toimivuus*. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 128. 140 s. Haettu 30.9.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tty-2011041510472>

Leivo, V. & Rantala, J. (2006). *Maanvastaisten rakenteiden mikrobiologinen toimivuus*. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 139. 57 s + 55 liitesivua. Haettu 30.9.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3504-8>

Maa. (1924). Puu- ja sementtipermannoista. *Maa*. Heinäkuu 1924. Haettu 2.3.2019 osoitteesta <https://digi.kansalliskirjasto.fi/aikakausi/binding/942950>

Maa. (1929). Rakennusten hoidosta ja kunnossapidosta. *Maa*. Toukokuu 1929. Haettu 2.3.2019 osoitteesta <https://digi.kansalliskirjasto.fi/aikakausi/binding/943008>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Mandelin, W. (1957). *Jokamies rakentajana*. Porvoo: WSOY.

Mölsä, S. (2016). Näin Suomi homehtui – hyvä rakentamistapa sai aikaan pahaa jälkeä. *Rakennuslehti*. 5.6.2016. Haettu 3.9.2019 osoitteesta <https://www.rakennuslehti.fi/2016/06/nain-suomi-homehtui-hyva-rakentamistapa-sai-aikaan-pahaa-jalkea/>

Puuinfo. (2011). Puuinfon tekninen tiedote. Tuuletettu puualapohja. Haettu 29.2.2020 osoitteesta <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/tuuletettu-puualapohja.pdf>

RIL 107-2012. *Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet*. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL. (2019). Rakennetun omaisuuden tila. ROTI 2019 -raportti. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Haettu 2.11.2019 osoitteesta https://www.ril.fi/media/2019/roti/roti_2019_raportti.pdf

RT 028.3 (1947). Tuuletus, luonnollinen, yleiset ohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%20028_3

RT 103087 (2019). Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%20103087>

RT 13-11182 (2015). Konsulttisopimuksen laatiminen. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2013-11182>

RT 14-10984 (2010). Betonin suhteellisen kosteuden mittaaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2014-10984>

RT 18-10922 (2008). Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2018-10922>

RT 18-11238 (2016). Homevaurioituneen rakenneosan puhdistusohje. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2018-11238>

RT 81-10486 (1992). Pientalon perustamistavan valinta. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2081-10486>

RT 81-10854 (2005). Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2081-10854>

RT 817.11 (1957). Perustus maanvaraisalapohjaisissa rakennuksissa. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%20817_11

RT 83-11009 (2010). Alapohjarakenteita. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/search?query=RT%2083-11009>

RT 832.1 (1943). Palkisto, puurakenteinen. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%20832_1

RT 839.12 (1957). Maanvaraisalapohjat ilman lattialämmitystä 1:10. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 14.4.2020 osoitteesta https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%20839_12

Seppänen, O., Säteri, J., Lehtinen, T. & Nevalainen, A. (1997). *Tavoitteena terve talo. Sisäilmayhdistys raportti 9*. Espoo: Sisäilmayhdistys ry.

Siikanen, U. (1996). *Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovellukset*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. (2012). Rakennusten lämpö- ja kosteusfysikaalisia näkökohtia. Teoksessa A. Koskenvesa (toim.) *Rakentajain kalenteri 2012*. Helsinki: Rakennustieto Oy, ss. 73-88.

Sisäilmayhdistys. (2018). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjausopas on lausunnolla. Haettu 2.9.2019 osoitteesta <https://www.sisailmautiset.fi/rakentaminen-2/kosteus-ja-mikrobivaurioituneiden-rakenteiden-korjausopas-lausunnolla/>

Sisäilmayhdistys. (2019). Kosteusvaurioitumisen yleisperiaate. Haettu 13.9.2019 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Kosteusvaurioitumisen-yleisperiaate>

Sisäilmayhdistys. (2020). Maanvastainen kaksoislaatta tai puukorotettu lattia. Haettu 1.3.2020 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-kaksoislaatta-tai-puukorotettu-lattia>

Valanto, S. (1982). *Suomen rautatieasemat vuosina 1857–1920*. Helsinki: Museovirasto.

Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokien määräytymisestä 214/2015. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150214>

Valtionrautatiet. (1930). *Huonerakennusten rakentamisohteita*. Helsinki: Valtioneuvoston kirjapaino.

Valvira. (2016a). *Asumisterveysasetuksen soveltamisohte*. Osa I. Haettu 12.4.2020 osoitteesta <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohte/ac8d5e16-97be-456c-9c9c-ce8560f2092e>

Valvira. (2016b). *Asumisterveysasetuksen soveltamisohte*. Osa IV. Haettu 12.4.2019 osoitteesta <https://www.valvira.fi/documents/14444/261239/Asumisterveysasetuksen+soveltamisohte+osa+IV.pdf/cdfaaa39-d2e5-4bd6-b9e9-6d9c0f60bff6>

Wetterlund, H., Carlsson, H., Hagentoft, E. & Wallin, M. (2010). *Bygg & teknik* 2/2010. Haettu 14.3.2019 osoitteesta <https://issuu.com/byggteknikforlaget/docs/byggteknik210>

Vinha, J., Valovirta, I., Korpi, M., Mikkilä, A. & Käkelä, P. (2005). *Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden funktiona*. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan osasto, talonrakennustekniikan laboratorio, Tutkimusraportti 129. 312 s. Haettu 2.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:tti-2011041510640>

Ympäristöministeriö. (2015). Ympäristöministeriön ohje rakennustyön suorituksesta ja valvonnasta. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <http://www.ymp.fi/download/noname/%7B2D950B5E-26B9-4BBC-B057-14CEBEB5A5D7%7D/109137>

Ympäristöministeriö. (2016). Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas 2016. Haettu 25.9.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>

Ympäristöministeriö. (2018a). Energiatohokkuuden parantaminen kulttuurihistoriallisesti arvokkaan rakennuksen korjaushankkeessa. Haettu 25.9.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4823-1>

Ympäristöministeriö. (2018b). Painovoimainen ilmanvaihto -opas. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.ymp.fi/download/noname/%7B3729E8C3-9173-4EA5-ADB9-CD33C1432A01%7D/143101>

Ympäristöministeriö. (2019). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus. Haettu 1.2.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-024-8>

Ympäristöministeriö. (2020). Ympäristöministeriön ohje rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.ymp.fi/download/noname/%7BF3A686EA-E374-4983-A396-CC15D6830B7B%7D/156354>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2017. Haettu 13.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/43242>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. Haettu 1.9.2019 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. Haettu 14.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Haettu 14.4.2020 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>