

Harkkomuuratun sisäpuolelta eristetyin kellariseinän kuntotutkimus ja korjaus

Tiina Kolari

Opinnäytetyö

30.5.2012 Kuopiossa

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Tiina Kolari	
Työn nimi Harkkomuuratun sisäpuolelta eristetyin kellariseinän kuntotutkimus ja korjaus	
Päiväys	30.5.2012
Sivumäärä/Liitteet	46+9
Ohjaaja(t) lehtori Harry Dunkel, lehtori Pasi Haataja	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Home- ja kosteustalkoot / Ympäristöministeriö	
Tiivistelmä	
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää harkkomuuratun sisäpuolelta eristetyin kellariseinän kuntotutkimuksen vaiheet. Opinnäytetyössä keskityttiin kuntotutkimuksessa esille tulleeseen riskirakenteeseen, harkkomuurattuun sisäpuolelta eristettyyn kellariseinään. Työn tarkoituksena oli tuoda esille rakenteen vauriomekanismit.</p> <p>Työ aloitettiin tekemällä kuntotutkimus tutkimuskohteeseen. Varsinaisen tutkimusvaiheen jälkeen kerättiin tutkimuskohteesta saatavilla olevat kuntotutkimusmateriaalit ja tutkimustulokset sekä kirjallista lähdemateriaalia työtä varten. Tutkittavalle rakenteelle tehtiin kosteusfysikaalinen ja mikrobiologinen tarkastelu. Rakenteita tarkasteltiin rakennetta Dof- lämpöohjelmalla, josta saatiin teoreettiset mallit vaurio- ja korjausrakenteelle. Riskirakenteelle suunniteltiin korjausvaihtoehto, jossa huomioitiin varsinaisen kosteusongelman aiheuttajan poistaminen.</p> <p>Työssä esitellään oikeaoppinen korjaustapa. Lisäksi selvitettiin, mistä vauriomekanismit aiheutuvat ja kuinka niiden aiheuttajat saadaan poistettua. Työssä pohdittiin tukevatko teoriassa todetut asiat käytännössä selvinneitä asioita. Lopputuloksena saatiin kyseiselle riskirakenteelle korjausohjelma.</p>	
Avainsanat home, kosteus, kellariseinä, harkkomuuraus, kuntotutkimus	
Julkinen	

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
THESIS

Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Tiina Kolari			
Title of Thesis A Quality Test and Repair of the Aggregate Concrete Inside Insulated Basement Wall			
Date	24 May 2012	Pages/Appendices	46+9
Supervisor(s) Mr Harry Dunkel Lecturer, Mr Pasi Haataja Lecturer			
Client Organisation/Partners Mold and humidity program/ Ministry of Environment			
Abstract <p>The aim of this thesis was to determine the quality test phases of blocks of lightweight aggregate concrete in inside insulated basement wall structure and to determine whether the theories supported the practical observations. The work was commissioned by ministry of environment.</p> <p>A microbiological humidity analysis was performed on the structure. A plan for removing humidity from the risk structure was made, in which eliminating the cause of the humidity problem was considered.</p> <p>After the actual research phases all the quality test materials, research results and literary references for the thesis were collected. In addition to the quality test based study, the subject was looked at with Dof-heat analysis program, which provided the theoretical models for the damaged structures and solutions for repairs.</p> <p>As a result of this thesis was a suggestion for a correct repair method based on the damage mechanisms and the elimination the causes. The end result was a repair plan for the risk structure.</p>			
Keywords mold, humidity, basement wall, quality test, aggregate concrete			
Public			

ALKUSANAT

Tämä insinööri työ tehtiin home ja -kosteuskoot toimenpideohjelmalle, jota koordinoi Ympäristöministeriö. Haluan kiittää Ympäristöministeriötä hyvästä aiheesta. Erityisesti haluan kiittää opinnäytetyön ohjaajaksi nimettyä rakenteiden kuntotutkija Pertti Heikkistä hyvästä tuesta opinnäytetyön prosessin aikana sekä lehtori Harry Dunkelia.

Kuopiossa 30.5.2012

Tiina Kolari

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet	8
1.2	Home- ja kosteustalkoot	9
2	KUNTOTUTKIMUS	10
2.1	Kuntotutkimuksen tavoitteet	10
2.2	Kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen	10
2.3	Lähtötilanne	12
2.4	Tutkimusmenetelmät	13
2.4.1	Sisäilmatutkimus	13
2.4.2	Lähtötiedot, aistinvarainen tutkimus ja niiden pohjalta tehty riskiarvio ..	15
2.4.3	Tutkimussuunnitelman laatiminen	18
2.4.4	Kosteusmittaus	19
2.4.5	Mikrobitutkimus	21
2.5	Johtopäätökset	25
3	RAKENTEEN ALKUTILANNE	26
3.1	Rakennukseen vaikuttavat kosteuslähteet	26
3.2	Kosteuden siirtyminen rakenteissa	26
3.2.1	Veden kapillaarinen siirtyminen	26
3.2.2	Veden painovoimainen siirtyminen	27
3.2.3	Kosteuden diffuusiolla siirtyminen	27
3.2.4	Kosteuden konventiolla siirtyminen	27
3.3	Vauriomekanismi esittely havainnollistavin kuvin	27
3.4	Tyypillisiä konkreettisia vaurion aiheuttajia	30
3.5	Vaurion aiheuttajan toteaminen	31
3.6	Teoreettinen malli	32
4	KORJAUSTOIMENPITEET	35
4.1	Korjaustoimenpiteiden eteneminen	35
4.2	Rakenteiden kosteustekninen mitoittaminen	36
4.3	Vaurion aiheuttajien poistaminen ja rakenteen korjaus	36
4.3.1	Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku-, suojaus ja korjaus	37
4.3.2	Korjaustapa	38
4.3.3	Teoreettinen malli	41
5	TULOKSET	44

LIITTEET

Liite 1 Sisäilmatutkimus raportti

Liite 2 Materiaalinäytteen mikrobianalyysivastaus

Liite 3 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

Liite 4 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

Liite 5 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

Liite 6 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

Liite 7 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

Liite 8 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

Liite 9 Lämpötila- ja kosteyslaskelma

1 JOHDANTO

1.1 *Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet*

Tämä opinnäytetyö tehtiin home- ja kosteustalkoot toimenpideohjelmalle, jota koordinoi Ympäristöministeriö. Opinnäytetyöni aiheena oli harkkomuuratun sisäpuolelta eristetyn kellariseinän kuntotutkimus ja korjaus. Lähtökohtana työssäni oli kertoa kyseisen rakenteen kuntotutkimuksen vaiheista tutkimuskohteessa ja tehdä johtopäätökset vaiheista. Työssä tarkoituksena oli tehdä rakenteen alkutilanteesta rakennusfysikaalinen ja mikrobiologinen tarkastelu ja pohtia korjausvaihtoehtoa ja tehdä suunnitellusta korjausvaihtoehdosta rakennusfysikaalinen tarkastelu. Työntuloksena on esitellään oikeaoppinen korjaustapa.

Aihe koskettaa kesän 2010 työharjoitteluni siltä osin että työssä kerrottu tutkimuskohteen kuntotutkimus tehtiin harjoitteluni aikana, joten minulla on omakohtaista kokemusta kohteen tutkimisesta, joten pelkkään materiaalitietoon ei tarvitse turvautua. Kyseisessä tutkimuskohteessa oli tutkittavana harkkomuurattu kellarinseinä, joka oli sisäpuolelta eristetty. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tähän osioon kuntotutkimuksessa. Kohteen tietoja ei ole tarkoituksen mukaista tässä tuoda esille, vaan tutkimuskohde toimii esimerkkinä ja sen vaurioita on lähdetty kuvaamaan. Tutkimuskohteen kosteusmittauksia ja mikrobianalyseja esitellään työssä.

Korjausvaihtoehtoa suunnitellessa lähtökohtana oli määrittellä alkuperäisen rakenteen vauriomekanismit. Seuraavaksi pohdin mistä vauriot johtuvat, eli vauriomekanismin aiheuttajat. Siitä luonteva jatkotoimenpide oli miettiä kuinka vauriomekanismit saadaan poistettua ja millaisia toimenpiteitä se vaatii. Tarkoituksena oli tuottaa korjaustapaehdotelma, jonka avulla minimoidaan vaurioiden uusiutumisriski. Tässä työssä kiinnitin huomiota siihen minkälaiset toimenpiteet ja mitkä asiat johtavat tähän lopputulokseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda esille kuinka tärkeää on tuntee rakenteen kosteuskäyttäytymistä voidakseen lähteä suunnittelemaan kosteusvauriokohteen korjaussuunnitelmaa. Lisäksi on tarkoitus tuoda esille, että home- ja kosteusongelmat ovat vakava yhteiskunnallinen ongelma joka voidaan saada parempaan suuntaan asenteita muuttamalla ja tuottamalla oikeaoppista tietoa helposti saataville.

1.2 Home- ja kosteustalkoot

Home- ja kosteustalkoiden tavoitteena on kosteus- ja homeongelmien aiheuttamien terveyshaittojen ja kansantaloudellisten menetysten systemaattinen vähentäminen sekä uusien kosteusvaurioiden syntymisen torjuminen uudis- ja korjausrakentamisessa. Kosteus ja hometalkoot toteutetaan vuosina 2009–2014. Toimenpideohjelmaa koordinoi Ympäristöministeriö.

Toimenpideohjelma sisältää ongelman laajuuden ja tarkempien syiden perusteellisen kartoituksen, jo tehtyjen toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioinnin ja parhaiden toimintatapojen analysoinnin, keskeisten tietoaukkojen paikkaamisen, alan koulutuksen kehittämistarpeiden selvittämisen sekä kaikki osapuolet kattavan viestintä- ja koulutusohjelman suunnittelun ja toteutuksen.

Toimenpideohjelman tavoitteena on poistaa rakennus- ja suunnittelualan yhteisin toimenpitein sellaiset suunnittelu- ja rakennusvirheet, joista valtaosa kosteus- ja homeongelmista tähänastisten tutkimusten mukaan aiheutuu. Ohjelmassa tulisi vakiinnuttaa parhaat nykyiset uudisrakentamisen, peruskorjaamisen ja kunnossapidon käytännöt kiinteistö- ja rakennusalan yleisiksi toimintatavoiksi. Ohjelma kattaisi eri rakennustyyppit ja niiden käyttäjät ja sen aikana täsmennettäisiin toimenpiteet sekä lainsäädännön että käytäntöjen osalta.

2 KUNTOTUTKIMUS

2.1 *Kuntotutkimuksen tavoitteet*

Kuntotutkimuksen perimmäinen tarkoitus on selvittää eri rakennusosien ja vaurioiden korjaustarpeet. Kuntotutkimuksessa käytetään kuntoarviota täydentäviä menetelmiä. Kuntotutkimuksen tarkoitus on saada korjaussuunnitelman laatimiseen tarvittavia tietoja. (Ympäristö www-sivut.)

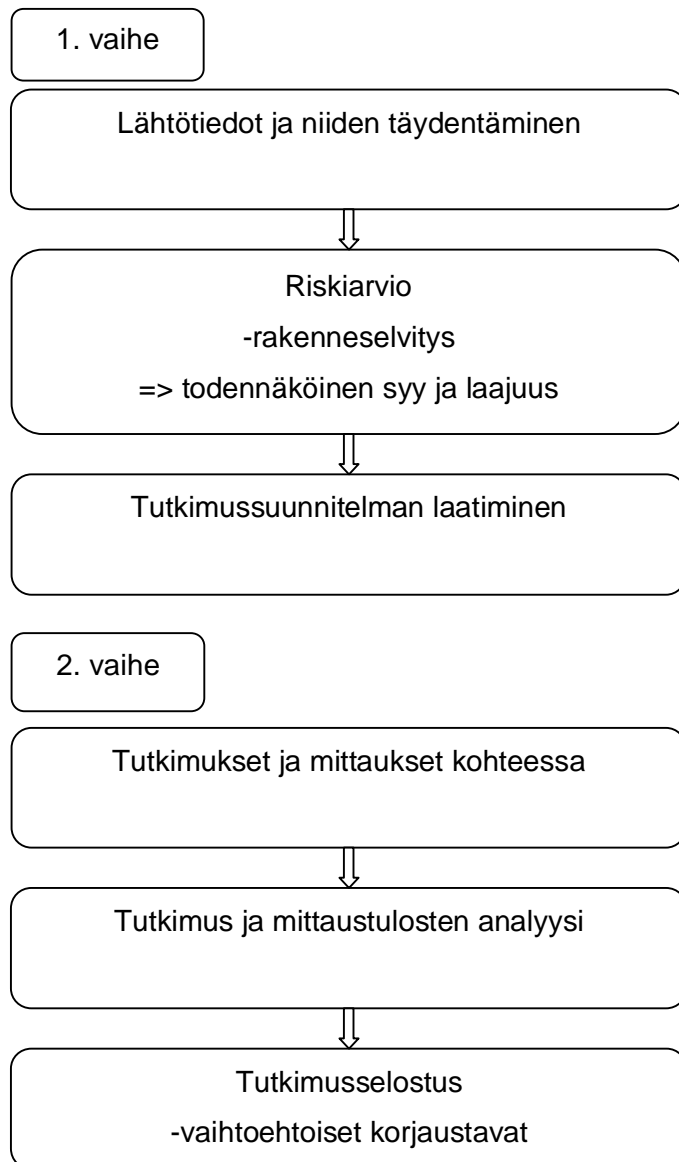
Rakennusvalvontaviranomainen voi antaa määräyksen rakennuksen omistajalle, että tämän tulee esittää rakennusta koskeva kuntotutkimus. Tällä pyritään siihen että turvallisuuden ja terveyden kannalta välttämättömät korjaustoimenpiteet selvitetään. Rakennusvalvontaviranomaisen määräysvalta perustuu Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 166 §:ään. (Ympäristö www-sivut.)

Kosteus- ja homevaurioituneessa rakennuksessa on kuntotutkimuksen tavoitteena selvittää syyt mistä kosteus- ja homevauriot johtuvat. Tutkiminen toteutetaan siten että saadaan vaurion laajuudesta ja syistä riittävä varmuus. Tavoitteena on että mitausten ja tutkimusten perusteella kuntotutkija pystyy esittämään korjaussuunnittelijalle korjausehdotelmia. Lähtökohtana kuntotutkimuksen voi olla jo tiedossa oleva kosteusvaurio, mikrobitutkimuksen tulokset, äkillinen kosteusrasitus, kuten putkivuoto, yleinen epäily, ennakkoon tehty selvitys tai muu epäily, jotka peräisin oudosta hajusta tai rakennuksessa oleskelevien henkilöiden oireista. Kuntotutkimuksen teko käynnistyy tilaajan yhteydenotolla. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus.1997, 12.)

2.2 *Kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen*

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus etenee kuvan 1 mukaisesti. Ensimmäisenä aletaan kerätä lähtötietoja, joihin kuuluvat kaikki tiedot, jotka ovat vaurion selvittämisen kannalta oleellisia. Lähtötietoihin tarvitaan kohteen asiakirjat mm. piirustukset. Tärkeää on koota rakennuksen käyttäjien ja huoltohenkilöiden

tietoja kosteus- ja homeongelmista. Näiden avulla voidaan muodostaa yleiskuva olevassa olevista ongelmista ja vaurioista. Usein on voinut jäädä muutoksia päivittämättä piirustuksiin, siksi otetaan yhteyttä rakentajiin ja suunnittelijoihin, mikäli mahdollista, jotta saadaan tietoon mahdolliset suunnitelmat muutokset, joita ei ole näkyvillä suunnitelmissa. Täytyy harkita tapaus kerrallaan onko yleensä hyödyllistä ottaa yhteyttä rakentajiin ja suunnittelijoihin varsinkaan mikäli on kyseessä jo vanhempi kohde. Kohde ei ole tällaisissa tapauksissa todennäköisesti rakentajilla tai suunnittelijoilla tuoreessa muistissa ja tieto ei välttämättä ole täysin luotettavaa. Kohteessa tehdään aistinvarainen tarkastelu ja siinä yhteydessä riskiarvio lähtötietojen ja aistinvaraisen tarkastelun pohjalta. Riskiarvion teolla pyritään siihen että tutkimukset osataan kohdistaa oikeisiin kohteisiin ja välttyään turhilta rakenneavauksilta. Riskiarvion pohjalta tehdään tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelman mukaisesti aloitetaan tutkimukset kohteessa. tutkimussuunnitelma hyväksytetään tilaajalla. Mittausten analyysivas-
taukset saatuaan tekee kuntotutkija kohteesta tutkimusselostuksen.



Kuvio1. Kuntotutkimuksen vaiheet ja eteneminen kosteus- ja homevaurioituneessa rakennuksessa. (Mukailtu Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 12.)

2.3 Lähtötilanne

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kuntotutkimuksen avulla pientalossa olevia mahdollisia vaurioita. Asukkaat olivat muuttaneet pientaloon syksyllä 2009. Kevättalvella 2010 asukkaat havaitsivat, että vettä tulee talon yläpohjasta. Asukkaat olivat havainneet vauriojälkiä tapettipinnoilla.

Pientalossa asuva perhe oirehti, heillä esiintyi ylähengitysteiden ja silmien ärsytysoireita ja päänsärkyä. Asukkaat epäilivät talossaan olevan home- ja kosteusvauriota oirehtimansa perusteella. Oireet alkoivat heidän muutettuaan tähän kyseiseen kohteeseen, joten he epäilivät vahvasti, että syyt oireille johtuvat talossa olevasta vauriosta. He olivat myös havainneet oireiden helpottavan yöpyessään muualla kuin kotona. Asukkaat ryhtyivät toimenpiteisiin asian selvittämiseksi. He ottivat yhteyttä terveystarkastajaan ja pyysivät häntä ottamaan sisäilmasta mikrobinäytteen jotta heidän epäilynsä saadaan vahvistettua.

2.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuskohteen asukkaat lähestyivät ensiksi terveystarkastajaa. Tutkimuksessa saadun raportin perusteella asukkaat ottivat yhteyttä kuntotutkijaan ja pyysivät häntä selvittämään mahdollisia vauriomekanismia tutkimuskohteesta. Kuntotutkija käytti kuntotutkimusta tehdessään kuntotutkimuksen eri menetelmiä, joista kerrotaan myöhemmin tässä työssä yksityiskohtaisemmin. Käytettäviä menetelmiä olivat tutkimuskohteen piirustuksiin ja muihin asiakirjoihin tutustuminen, kohteen tutkiminen aistinvaraisin menetelmin, paikalla tehtävät mittaukset ja kokeet, ainetta rikkovat menetelmät ja materiaalinäytteiden ottaminen ja niiden laboratoriossa tutkiminen.

Kuntotutkimusta tehtäessä yhdistetään eri kuntotutkimusmenetelmiä. Asiantuntija valitsee menetelmät, joita on tarpeen käyttää tilanteen selvittämiseksi ja riittävän varmuuden saamiseksi sopivaa korjausmenetelmää valitessa.

2.4.1 Sisäilmatutkimus

Sisäilmamittauksia on tarpeen tehdä, kun halutaan selvittää, onko rakennuksessa oleva ongelma ihmisten oireilun takana. Aistinvaraisin menetelmin ja erilaisin mittauksin voidaan tutkia sisäilman laatua. Sisäilmatutkimuksen tarkoituksena on rakennuksen sisäilman ongelmien ja laadun selvitystyön vaiheistaminen. Yritetään välttää tarpeettomia ja usein vaikeasti tulkittavia pitoisuusmittauksia. Edellä mainittuja mittauksia tehdään vasta kun yksinkertaisemmat selvitykset on suoritettu.

(Sisäilmayhdistys [www-sivut](http://www.sisailma.fi).)

Sisäilmatutkimusta tehdessä arvioidaan ensin sisäilman laatua aistinvaraisin menetelmin. Tämä tapahtuu lähinnä haistelemalla sisäilmaa. Mikäli ilma on tunkkaista, useimmiten syynä on huono ilmanvaihto. Silloin ilmanvaihdon toiminta tulee tarkastaa ja todeta johtuuko ongelma siitä. Mikäli tutkimuskohteessa haistaa homeelle tai maakellarille, on rakennuksessa usein homevaurio. Sisäilmasta voidaan mitata homeita. Tutkimukset ovat kalliita eivätkä tutkimustulokset ole aina luotettavia. Mikäli homeita löydetään ohjeavot ylittäviä määriä, voidaan päätellä, että rakennuksessa on todennäköisesti homevaurio. Mikäli ohjeavot eivät ylitä, se ei kuitenkaan sulje pois sitä vaihtoehtoa ettei rakennuksessa voisi olla homeongelmaa. Tämä johtuu mittaukseen liittyvistä epävarmuustekijöistä. Varmempaa on kartoittaa rakennuksessa oleskelevien henkilöiden oireita. Kyselyt täytyy rakentaa tarkoituksen mukaisesti ja niitä on osattava tulkita oikein. Kyselyiden tuloksien tulee olla puolueeton päätelmiä tekiesään. (Hengityслиitto www-sivut.)

Sisäilmatutkimuksen tekoon sosiaali- ja terveysministeriö on antanut viralliset ohjeet. Mikrobinäytteet analysoidaan Asumisterveysohjeen 2003 ja Asumisterveysoppaan 2009 mukaisesti laimennussarja kasvatusmenetelmällä. Näytteenottamiseen ja niiden toimittamiseen liittyvissä asioissa tutkimuslaboratorioista saa tietoa ja ohjeistusta. Näytteet tulee ottaa sellaisista tiloista, missä rakennuksessa oleskelevat henkilöt oireilevat tai tiloista joissa epäillään kosteusvaurion sijaitsevan. Vertailunäyte voidaan ottaa tiloista joissa ei ole tiedossa kosteusvaurioita ja rakennuksessa oleskelevat henkilöt eivät oireile. Vertailunäyte tulee ottaa ulkoilmasta aina sulan maan aikana. Maan ollessa lumipeitteen alla, vertailunäytettä ei ole tarpeen ottaa koska mikrobipitoisuus on sen verran pieni että sillä ei ole vaikutusta sisätilan mikrobiin. (Sisäilmayhdistys www-sivut, Kiratek www-sivut.)

Tutkimuskohteessa asukkaat pyysivät terveystarkastajaa ottamaan sisäilmasta mikrobinäytteen. Terveystarkastaja otti kolme näytettä sisäilmasta tutkimuskohteesta. Terveystarkastaja otti näytteet tiloista, joissa asukkaat oleskelivät paljon ja hän epäili kosteusvaurion olevan asukkaiden kertoman perusteella. Näytteet otettiin talon 1. kerroksesta, jossa asukkaat ovat havainneet, että vettä oli tullut talon yläpohjasta. Seinillä oli näkyvillä vauriojälkiä tapettipinnoilla. Vertailunäytettä ulkoilmasta ei otettu, koska maa oli lumipeitteen alla ja mikrobipitoisuus oli pieni eikä sillä ei ole sen vuoksi vaikutusta sisäilmaan. Ajankohta sisäilmatutkimukseen tekemiseen oli hyvä. Näytteet lähetettiin analysoitavaksi Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy:n laboratorioon.

Sisäilmatutkimuksessa 9.4.2010 todetaan aktinobakteereja olevan enimmillään 7 pmy / m³. Sisäilmaohjeen raja-arvo on 10 pmy / m³. Tutkittujen tulosten perusteella mikrobipitoisuudet eivät poikkea tavanomaisesta. Näytteissä todettiin kuitenkin tavanomaisesta poikkeavia homesukuja, mikä voi viitata tavanomaisesta poikkeavaan mikrobilähteeseen rakennuksessa. Sisäilmatutkimusraportti on liitteenä, (liite 1).

Tehdyn sisäilmatutkimuksen pohjalta asukkaat pyysivät kuntotutkijaa tutkimaan pientalossaan ilmenneiden kosteusvaurioepäilyn pohjalta niiden mahdolliset aiheuttajat. Oli aihetta epäillä vauriota, koska sisäilmatutkimuksessa todettiin, että näytteissä esiintyy tavallisesta poikkeavia homesukuja. Se voi viitata rakennuksessa esiintyvään vaurioon. Aina on tarkistettava, onko näytteenotto hetkellä ollut mitään tavallisesta poikkeavaa sisäilmassa, mikäli ei ole, niin ongelma todennäköisesti piilee rakenteissa.

2.4.2 Lähtötiedot, aistinvarainen tutkimus ja niiden pohjalta tehty riskiarvio

Kuntotutkimusta tehdessä kuntotutkija kerää lähtötietoja tutkimuskohteesta. Kuntotutkija keskustelelee tilaajan kanssa heidän lähtökohtiaan kuntotutkimuksen tekoon ja selvittää mitkä syyt ovat johtaneet tarpeeseen tehdä kuntotutkimus. Tutkija kerää tarvittavat asiakirjat kohteesta ja keskustelelee rakentajan ja suunnittelijoiden kanssa rakennuksen mahdollisista suunnitelmamuutoksista mitä ei ole nähtävillä asiakirjoissa.

Rakennuksen käyttäjiltä selvitetään tietoja kosteus- ja homevaurioon mahdollisesti liittyvistä ongelmista. Tiedoista saadaan yleiskuva rakennuksen ongelmista ja mahdollisista vaurioista. Rakennuksen käyttäjille voidaan tehdä kysely, jotta he osaisivat kertoa asioita, joista on hyötyä kohdetta tutkiessa. Käyttäjäkyselyllä pyritään selvittämään mm. mahdolliset vesivahingot ja niiden ajankohdat, rakennuksen huoltotoimenpiteet, käyttötottumuksia, tehdyt korjaukset ja rakennuksen käyttäjien oireilu, joka voisi viitata rakennuksesta peräisin olevaan ongelmaan. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997,13.)

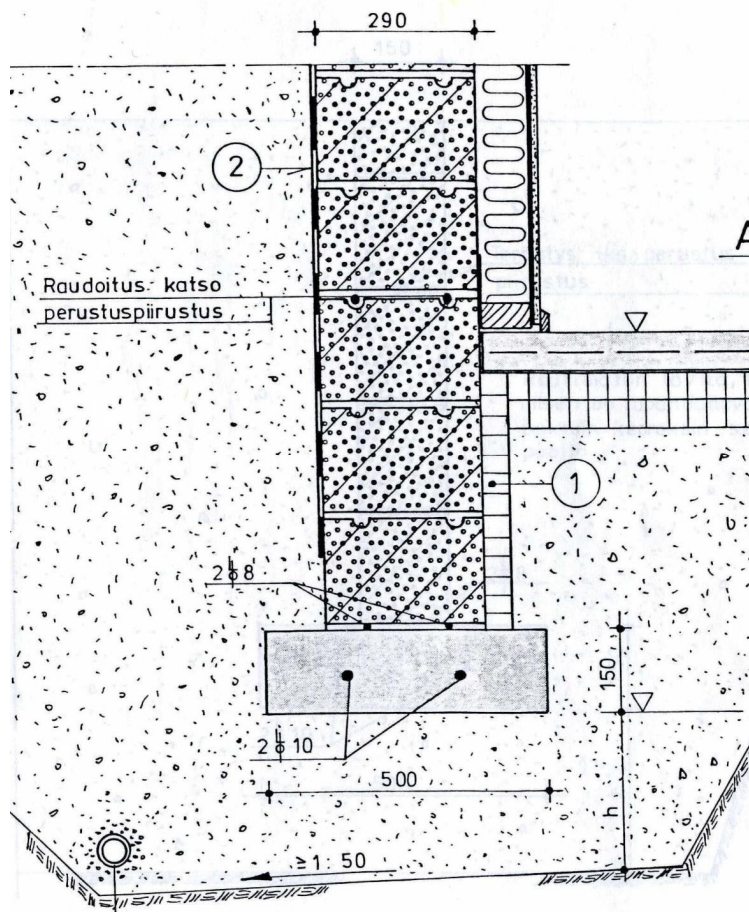
Kuntotutkimuskohteesta kerätään saatavilla olevat asiakirjat, kuten tutkimuskohteen piirustukset. Mikäli kohteesta on tehty jo aiemmin kuntoarvioita tai muita tutkimuksia, hankitaan raportit, jotta saadaan mahdollisimman laajat lähtötiedot eikä päällekkäisiin toimenpiteisiin turhaan lähdetä. Se vie turhaan aikaa ja tulee kalliiksi tilaajalle. Laajat ja kattavat lähtötiedot helpottavat ja antavat suuntaa tehtävälle tutkimukselle. On tärkeää, että kuntotutkija perehtyy kohteesta saatuihin asiakirjoihin huolella.

Riskiarvion tarkoituksena on selvittää rakenteita, johon tutkimuksissa tulee kiinnittää erityisesti huomiota. Riskiarviolla perimmäisenä tarkoituksena on selvittää rakenteiden todennäköiset vaurioitumisriskit ja vaurioiden syitä. Riskiarvion tekemisellä pyritään siihen, että tutkimukset osataan kohdistaa oikeisiin paikkoihin ja välttämään turhilta rakenneavauksilta. Riskiarvion teko perustuu asiakirjoihin sekä tutkimuskohteessa tehtyyn aistinvaraiseen kierrokseen. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997,14.)

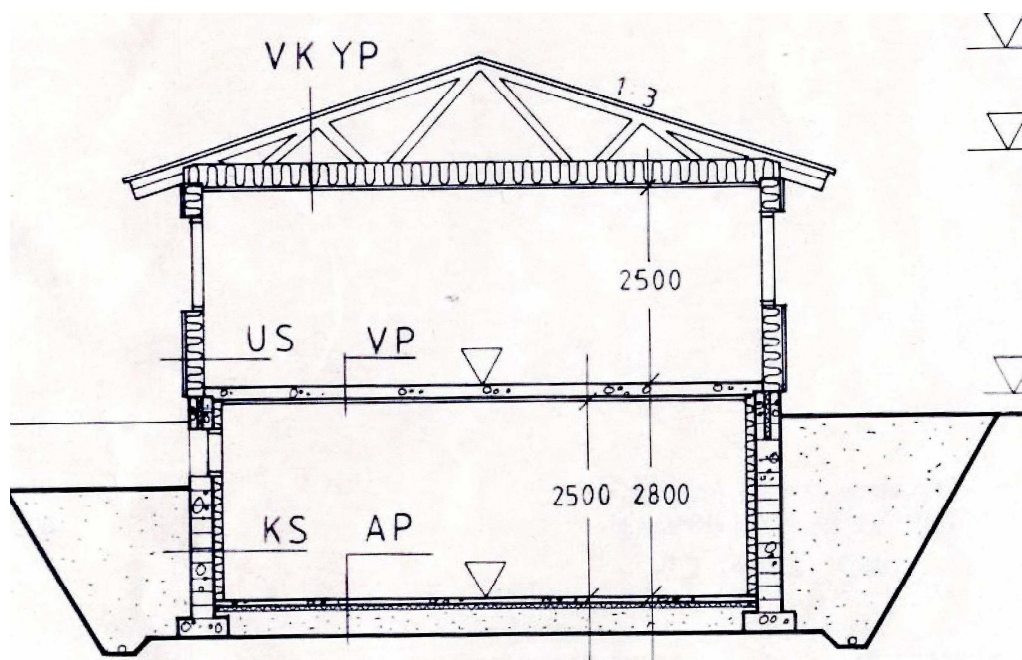
Kuntotutkimusta tekevän kuntotutkijan on tunnettava hyvin riskirakenteita voidakseen tunnistaa asiakirjojen pohjalta tyypillisiä ongelman aiheuttajia. Kuntotutkijan tulee olla asiantuntija joka tuntee tyypillisiä rakenteita eri vuosikymmeniltä ja osaa tätä kautta tunnistaa mahdollisia ongelma kohtia rakennuksessa. Tutkimuskohteesta oli saatavilla kohteen piirustuksia, sisäilmatutkimuksen raportti ja asuntokaupan kuntotarkastus. Tutkimuskohteen asiakirjoihin tutustumalla selvisi, että talonkellarin poikkileikkausten mukaan kellarin maanvastaiset seinät ovat lämpö- ja kosteusteknisesti riskirakenteita. Tämä on nähtävissä kuvassa 1. Kuntotutkijan täytyy osata tunnistaa mahdollisia riskirakenteita, voidakseen havaita mahdollisia vauriokohtia.

Sisäilmatutkimuksen raportin näytteissä on todettu tavanomaisesta poikkeavia homesukuja, mikä voi viitata tavanomaisesta poikkeavaan mikrobilähteeseen asunnossa, vaikka raja-arvot eivät ylittyneetkään. Sisäilmanäytteet on otettu rakennuksen ensimmäisestä kerroksesta ja asiakirjojen perusteella havaittu riskirakenne sijaitsee kellarikerroksessa. Tämä voi vaikuttaa myös siihen että sallitut raja-arvot eivät ylity, vaikka riskirakenteessa olisi vaurio syntynyt. Terveystarkastaja otti näytteet ensimmäisestä kerroksesta, koska vaurion oletettiin johtuvan yläpohjanvauriosta tapettipinoilla havaittujen valumien ja asukkaiden kertoman perusteella. Asiaa alettiin tutkia tarkemmin, jotta saadaan selvyys asiaan riittävällä tarkkuudella ja voidaan ryhtyä toimenpiteisiin.

Aistinvarainen tutkimus suoritettiin tutkimuskohteeseen. Tutkimus suoritettiin kellarikerroksessa, jossa tutkittiin maanvastainen seinärakenne. Kellarikerroksen maanvastainen seinä todettiin asiakirjojen pohjalta tehdyn tutkimuksen perusteella riskirakenteeksi ja siten siihen osattiin kiinnittää erityistä huomiota. Kohteessa tehtiin aistinvarainen tutkimus ja tehtiin arvio mahdollisen vaurion laajuudesta. Arvio perustuu asiakirjoista saatuun tietoon koska silmämääräisesti ei ollut nähtävillä vauriosta viitteitä. Samassa yhteydessä mietittiin rakenteen kosteustekninen toimintatapa. Kellarin maanvastaisen seinän kuntotutkimukseen paneuduttiin ensin pientaloa tutkiessa ja tämä opinnäytetyö käsittelee kyseistä asiaa. Tässä yhteydessä asukkaiden havaitsemat yläpohjarakenteiden ongelmat jätetään käsittelemättä.



Kuva 1. Tutkimuskohteen kellarin poikkileikkauksen detajli. Kellarin seinän rakenteita on ulkoapäin luetellen kosteuseristys, rappaus 10 mm näkyvälle osalle, kevytsorabetoniharkko 190x290x590, koolaus 50x100 + mineraalivilla 100 mm, muovikalvo 0,15 mm ja lastulevy 10 mm. (Tutkimuskohteen leikkauskuva)



Kuva 2. Leikkauskuva tutkimuskohteesta.

2.4.3 Tutkimussuunnitelman laatiminen

Tutkimussuunnitelma tehdään perustuen riskiarviossa saatuun todennäköiseen vaurion aiheuttajaan ja vaurion arvioitu laajuus huomioon ottaen. Tutkimukset kohdennetaan harkkomuurattuun sisäpuolelta eristettyyn kellarinseinään. Kuvista 1 ja 2 on nähtävissä kyseinen rakenne. Kuvassa 1 on rakenteen detajji, josta käy ilmi rakennetiedot. Kuvassa 2 on rakennuksen leikkaus, jossa on näkyvillä rakenteet laajemmalti.

Tutkimussuunnitelma sisältää kaikki oleelliset toimenpiteet kosteus- ja homevaurion selvittämiseksi. Lähtötiedot ja riskiarviossa tehdyt päätelmät vaikuttavat tutkimussuunnitelman sisältöön ja laajuuteen. Tutkimusten ja mittausten järjestys voi vaihdella riippuen vauriotapauksesta riippuen. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997,15.)

Rakennusfysikaalisia mittauksia sisältyy aina kosteus- ja homevaurioituneen kohteen kuntotutkimukseen, koska näitä analysoimalla voidaan arvioida laajuutta ja vaurioon johtaneita syitä. Rakennusfysikaalisiin mittauksiin kuuluvat lämpötilan, kosteuden, virtaus- ja painejakauma- sekä materiaaliominaisuuksien mittaukset. Lämpötila ja kosteusmittausten tarkoituksena on näyttää toteen onko rakenteiden tai niiden pinnoilla homeen kasvun mahdollistavat olosuhteet. Kosteuden siirtymistä ilmavirtauksen mukana eli kosteuskonvention vaikutusta vaurion aiheuttajaan voidaan testata

virtaus- ja painejakaumamittauksella. Kun halutaan tietää ovatko materiaalit suunnitelman mukaisia ja voiko materiaalin ominaisuuksista löytyä vaurion syy, käytetään materiaaliominaisuuden rakennusfysikaalista mittaamenetelmää. Mikrobiologiasia mittaamenetelmiä ovat puolestaan pinta-, materiaali- ja ilmanäytteet. Näiden lähtökohtainen tarkoitus on osoittaa mikrobitutkimuksin, rakenteen homeutumismahdollisuus ja kosteuden määrä. Tutkimussuunnitelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon, että tarkoitus on että mittauksin saadaan tarkistettua lähtötietojen ja riskianalyysin perusteella vauriomekanismin paikkaansa pitävyyttä. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 19,26.)

2.4.4 Kosteusmittaus

Kosteusmittauksia voidaan tehdä monella tapaa. Mittauksia tehdään sisäilmasta, pintamittauksena ja tuuletustiloista sekä rakenteiden sisältä. Mittauksilla pyritään selvittämään rakenteiden kosteusteknistä toimintaa ja tilan sisäilman laatua. Pintamittausmenetelmällä voidaan tunnistaa lähinnä kosteuseroja. Se ei anna luotettavaa tietoa rakenteen kosteuspitoisuudesta vaan on suuntaa antava menetelmä ja siihen liittyy epävarmuustekijöitä. Menetelmällä voidaan kuitenkin tehdä alustavia vaurion laajuutta kartoittavia tutkimuksia. Tuuletettujen tilojen ja rakenteiden sisältä tapahtuvan mittauksen tarkoituksena on selvittää vaurioitumisriskejä ja kosteusteknistä toimintaa. Rakenteiden sisältä kosteutta voidaan mitata suhteellisen kosteuden- ja materiaalin kosteuspitoisuuden mittauksilla. (Sisäilmayhdistys www-sivut.)

Kosteusmittaukset tulee tilata asiantuntevalta taholta. Mittaajalta tulee selvittää että hänellä on kokemusta vastaavien ongelmien selvityksistä, kosteusmittauksen analysointivalmiudet ja raportointi valmius, sertifiointi ja selvitykset käytettävistä mittaamenetelmistä. Tulee myös varmistaa että mittauksiin käytettävä laitteiston kalibroinnista on huolehdittu, koska sen laiminlyönti aiheuttaa merkittäviä mittausrvirheitä. (Sisäilmayhdistys www-sivut.)

Tutkimuskohteessa tehtiin kosteusmittauksia. Tutkimuskohteessa riskirakenteen vaikutusalueelta mitattiin kosteuksia rakenteiden pinnalta Gann LG-3 mittalaitteella. Mittaustulokset näyttivät kosteuseroja arvioidun vaurio alueen ja vahingoittumattoman alueen välillä. Vaurioaluetta ryhdyttiin tutkimaan tarkemmin.

Mittaukset suoritettiin Vaisalan rakennekosteusmittarilla HMI41 mittalaitteella ja HMP 42 mittapäällä. Tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon mittalaitteiden tarkkuus. Kyseisen mittalaitteen HMI41 näyttölaitteen aiheuttama enimmäisvirhe + 20 °C:ssa on kosteuden osalta $\pm 0,1$ % (RH) ja lämpötilan $\pm 0,1$ % °C:sta. Käytetyn mittapään aiheuttama enimmäisvirhe on + 20 °C:ssa ± 2 %RH (0-90% RH) ja ± 3 % RH (90-100 % RH).

Taulukko 1. Sisä- ja ulkoilman olosuhteet mittaajankohdalla. Taulukko Jarmo Ihalainen.

	Rh (%)	T (°C)	(g/m ³)
Sisäilma:	43	20	7,4
Ulkoilma:	78	14	9,4

Tutkimuskohteessa tehtiin kosteusmittauksia kellarin maanvastaisesta seinästä eristetilasta. Suhteelliseksi kosteudeksi mitattiin 79 %, lämpötilan ollessa 16 °C. Tämän perusteella voidaan todeta että mittauksen mukaan olosuhteet mikrobikasvustolle ovat otolliset. Vaurioalueelle porattiin harkkoon yksi mittapiste tasaantumaan kolmeksi vuorokaudeksi. Harkkomuurauksesta mitattu suhteellinen kosteus oli 98 %. Tämän perusteella voidaan todeta että rakenne on märkä.

Kohteessa mitattiin kosteuksia seinän alapuusta puukosteusmittarilla. Puukosteusmittarilla mitataan vesipitoisuutta puussa painoprosenteina. Puun katsotaan olevan kuivaa jos painoprosentti on alle 20. Mittaustulokset olivat välillä 9–12 painoprosenttia, joten voidaan todeta että alapuu on kuiva.

Kosteus olosuhteiden kasvaessa mikrobikasvu voi alkaa. Mikrobikasvu alkaa rakenteen tasapainokosteuden ylittäessä 80 %. Ravinne- ja lämpötilaolosuhteilla on myös merkitystä mikrobien kasvuun. Ravinne- ja lämpötilaolosuhteiden ollessa optimaalisella tasolla, voi mikrobien kasvu alkaa jo alhaisemmalla kosteustasolla verrattuna niukempaan ravinneympäristöön. Lämpöolosuhteet ovat rakennuksissa suotuisia mikrobikasvustolle, koska yleensä mikrobit kasvavat lämpötilassa 5–40 °C ja kasvu on nopeinta 20–30 °C:ssa. Rakenteiden ja pintojen kosteus on tärkein säätelevä tekijä rakennuksessa mikrobikasvua ajatellen. Joillakin homeilla, sienillä ja aktinomykeeteillä vaaditut minimi tasapainokosteus on 65 %, ne tarvitsevat vähemmän kosteutta kuin bakteerit ja eräät hiivat. Muiden bakteerien kasvualustan tasapainokosteuden tulee olla 95 %, kun taas sinistäjä- ja lahottajasienillä 95 %, joka vastaa puun koste-

uspitoisuutta 20–30 % puun kuivapainosta. Viitteelliset minimikosteusvaatimukset koskevat lämpötila-aluetta 10–40 °C.(Asumisterveysopas, 2003, 146)

Tutkimuskohteen rakennuksen lämpötilaolosuhteet olivat optimaaliset mikrobikasvustolle. Sisälämpötila rakennuksessa oli 20 °C ja mikrobikasvu on nopeinta 20–30 °C:ssa. Kosteusmittaustulosten perusteella voidaan todeta että kyseinen rakenne on vaurioitunut. Eristetilan kosteudeksi mitattiin 79 % ja harkkomuurauksen suhteellinen kosteus oli 98 %. Kosteusmittausraportissa ei käy ilmi miltä syvyydeltä kosteusmittaus on suoritettu harkkomuuraukseen. Tiedossa on että mittaus suoritettiin noin 20 cm lattian pinnan yläpuolelta. Kyseisen mittaustuloksen perusteella ei voida sanoa muuta kun että rakenne on vaurioitunut. Korjaussuunnitelmaa varten tulisi saada tietoon vaurion aiheuttajat, jotta korjaussuunnitelmassa osataan ottaa huomioon, että rakenne korjataan siten, että vaurionaiheuttajat saadaan poistettua. Mikäli rakenne korjataan huomioimatta vaurion aiheuttajan poistamista, ajan myötä vaurio uusiutuu.

Alettaessa tutkia vaurion aiheuttajaa, on kosteusmittauksia suoritettava laajemmin, jotta saadaan viitteitä vaurion aiheuttajasta. Mittapisteitä tulee porata harkkoon seinän eri syvyyksiltä vaakalinjassa, jotta saadaan tietoon mistä suunnasta kosteus on peräisin, ulkopuolelta vai sisäpuolelta. Lisäksi on syytä porata useita mittauspisteitä seinään pystysuunnasta, josta voidaan tulkita miltä osin rakenteen kosteudet ovat koholla. Tämän avulla voidaan tehdä päätelmiä onko kyse kapillaarisesta noususta vai mahdollisesti sade- ja sulamisvesien pääsystä rakenteeseen. Tarkkojen mittausten perusteella voidaan lähteä pohtimaan vaurionaiheuttajaa.

2.4.5 Mikrobitutkimus

Mikrobinäytteen ottajan tulee olla asiantuntija ja puolueeton tutkimuskohteen suhteen. Tutkija toimittaa näytteestä perustiedot laboratorioon. Näin mahdollistetaan oikeiden analyysien teko ja tulosten tulkitseminen oikein. Laboratoriot käyttävät yleensä mikrobien kasvatukseen perustuvia menetelmiä, koska mikrobien tunnistamisella on suuri merkitys. Viranomaisten antamat raja-arvot koskevat kyseistä menetelmää.(Sisäilmayhdistys www-sivut.)

Näytteenoton tarkoitus on saada selville rakennuksen mikrobiologiaa. Yleisimmin näytteitä otetaan, kun rakennuksessa on kosteusvaurioepäily tai halutaan selvittää jo tiedetyn vaurion laajuutta. Materiaalinäytteen avulla saadaan selville, mistä mikrobit

ovat peräisin. Näytettä ottaessa tulee huolehtia, että näytteenottaja tai näytteenottovälineet ovat puhtaat, eivätkä muuta tutkimustulosta. Näytteitä ottaessa tulee käyttää suojakäsineitä. Näytteitä ottaessa edetään aiempien havaintojen perusteella puhtaammista vaurioituneempiin materiaalinäytteisiin, jotta vältetään mikrobien kulkeutumista vaurioituneimmista materiaalinäytteistä puhtaampiin. Läheteeseen kirjataan mitä materiaalinäytteitä on otettu, mistä näytteet on otettu ja mitä menetelmiä käytetään. (Sisäilmayhdistys www-sivut.)



Kuva 3. Tutkimuskohteen kosteusmittausten mittapisteiden tulosten perusteella rakennetta avattiin. Kuva Jarmo Ihalainen.

Tutkimuskohteen rakenteesta otettiin viisi materiaalinäytettä, kuvassa 3 näkyvältä alueelta. Näytteet otettiin harkkomuuratusta sisäpuolelta eristetystä kellarinseinän rakenteesta. Näytteitä otettiin kaksi muovista ja yhdet materiaalinäytteet puusta ja kipsilevyn pintapahvista ja mineraalivillasta. Materiaalinäytteet lähetettiin tutkittavaksi Työterveyslaitokselle. Läheteeseen kirjattiin tiedot aiemmin mainitun ohjeistuksen mukaisesti. Työterveyslaitos käytti materiaalinäytteitä tutkiessaan laimennossarjamenetelmää. Tulkittaessa mittaustuloksia menetelmästä saatuja arvoja verrataan viranomaisten laatimiin raja-arvoihin.

Tutkitut näytteet**Näyte**

1. Kellari, takahuone, muovi
2. Kellari, takahuone, pahvi
3. Kellari, takahuone, mineraalivilla
4. Kellari, takahuone, muovi
5. Kellari, takahuone, puu

Tulosten tulkinta

vahva viite vauriosta
viittaa vaurioon
vahva viite vauriosta
vahva viite vauriosta
vahva viite vauriosta

Kuva 4. Työterveyslaitoksen analyysivastauksen tutkittujen näytteiden tulosten tulkin-
ta.

Työterveyslaitoksen analyysivastauksen mukaan materiaalinäytteistä löytyy viitteitä vaurioista. Kuvasta 4 voidaan havaita että yhdessä materiaalinäytteessä, joka on otettu kipsilevyn pahvista, löytyy viite vaurioon. Neljästä muusta otetusta materiaalinäytteestä, jotka on otettu muovista, mineraalivillasta ja puusta, löytyy vahva viite vaurioista. Kuvasta 5 havaitaan että Työterveyslaitoksen analyysivastauksen mukaan materiaalinäytteistä löytyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja.

Näyte	Mesofiiliset sienet Hagem-agar		DG18-agar		Mesofiiliset bakteerit THG-agar	
1.	Yhteensä	38200	Yhteensä	65700	Yhteensä	5300
	<i>A. versicolor</i> *	2700	<i>A. penicillioides</i> *	27900	<i>Streptomyces</i> *	100
	<i>Penicillium</i>	35500	<i>A. versicolor</i> *	1800	Muut bakteerit	5200
			<i>Penicillium</i>	35100		
			<i>Wallemia</i> *	900		
2.	Yhteensä	1400	Yhteensä	4400	Yhteensä	-
	<i>Penicillium</i>	1400	<i>A. penicillioides</i> *	2900		
			<i>Penicillium</i>	1500		
3.	Yhteensä	111000	Yhteensä	65000	Yhteensä	463000
	<i>A. versicolor</i> *	1000	<i>A. versicolor</i> *	1000	<i>Streptomyces</i> *	27000
	<i>Acremonium</i> *	27000	<i>Acremonium</i> *	22000	Muut bakteerit	436000
	<i>Blastobotrys</i>	1000	<i>Penicillium</i>	42000		
	<i>Oidiodendron</i> *	18000				
	<i>Penicillium</i>	55000				
	steriilit	9000				
4.	Yhteensä	10200	Yhteensä	17400	Yhteensä	400000
	<i>Absidia</i> ^o	200	<i>A. penicillioides</i> *	900	<i>Streptomyces</i> *	63600
	<i>Acremonium</i> *	1800	<i>Absidia</i> ^o	200	Muut bakteerit	336400
	<i>Blastobotrys</i>	900	<i>Acremonium</i> *	3600		
	<i>Oidiodendron</i> *	1800	<i>Oidiodendron</i> *	1800		
	<i>Penicillium</i>	5500	<i>Penicillium</i>	8200		
			<i>Scopulariopsis</i> *	1800		
			steriilit	900		
5.	Yhteensä	48100	Yhteensä	47900	Yhteensä	31700
	<i>A. versicolor</i> *	900	<i>A. versicolor</i> *	700	<i>Streptomyces</i> *	1700
	<i>Acremonium</i> *	1800	<i>Monocillium</i>	3600	Muut bakteerit	30000
	<i>Oidiodendron</i> *	4500	<i>Oidiodendron</i> *	1800		
	<i>Penicillium</i>	39100	<i>Penicillium</i>	41800		
	steriilit	1800				
6.	Yhteensä	-	Yhteensä	6000	Yhteensä	1000
			<i>Cladosporium</i>	5000	<i>Streptomyces</i> *	1000
			<i>Penicillium</i>	1000		

*=kosteusvaurioon viittaava mikrobi, ^o=indikaattorimerkitys vielä avoin (Ympäristö ja Terveys-lehti 8/2005, s. 56-59), *A.*=*Aspergillus*, *Streptomyces*=aktinobakteeri (sädesieni), -=pitoisuus alle määritysrajan

Kuva 5. Työterveyslaitoksen analyysin tulos. Kuva Työterveyslaitoksen analyysivas-
tauksen osa.

Elinkykyisten sieni-itiöiden pitoisuuden ollessa suurempi kuin 10 000 cfu/ g, aktinobakteeripitoisuuden ollessa suurempi kuin 500 cfu/g tai näytteessä esiintyessä kosteusvaurioon viittaavaa mikrobistoa viittaa viljelyn tulos materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen. Tutkimuskohteesta otettujen materiaalinäytteiden perusteella, työterveyslaitoksen analyysivastaus tulos viittaa siihen että materiaalit ovat kostuneet ja vaurioituneet. Liitteenä analyysivastaus, (liite 2).

Penicillium-, Aspergillus- ja Cladosporium-sienisukuja esiintyy tavallisemmin rakennuksen sisäilma-, materiaali- ja pintanäytteissä. Penicilliumia esiintyy runsaimmin ja yleisimmin sisäilmassa. Epätavanomaisena voidaan pitää muiden kuin Penicillium-sienten esiintymistä valtasukuna sisäilmanäytteissä. Cladosporium on puolestaan ulkoilman yleisin sienisuku. Sitä havaitaan myös sisäilmassa ulkoilmasta kulkeutuneena, varsinkin kesä ja kevät aikaan. Cladosporium voi kasvaa myös materiaalien pinnalla materiaalin ollessa kostea, mikäli talvella havaitaan sisäilmassa Cladosporiumia on se usein viite mikrobikasvustosta. Aspergillus-lajit ja hiivat esiintyvät usein sisäilmassa, mutta näiden pitoisuus on pienempi kuin Penicilliumin. Asumisterveysopas, 2003,172.)

Homeita ja sieniä on tiedossa kymmeniä tuhansia. Terveystutkimuksen kohteena on toistaiseksi ollut vain pieni osa homeita ja sieniä. Elinympäristön mikrobeista pystytään viljelemään tunnistamaan vain noin 1–10 %. Kosteusvauriokohteesta voidaan löytää useinkin sellaisia mikrobisukuja joiden tiedetään olevan rakennuksen kannalta vauriota indikoiva mikrobi, mutta terveydellinen merkitys on täysin tuntematon tai vähäinen. Ulkoilma tai maaperä ovat yleiset lähteet, josta mikrobit ovat peräisin rakennetussa ympäristössä. Kosteusvauriohomeet aiheuttavat useille vakavia terveyshaittoja. Allergeenit, toksiniitit jotka ovat peräisin monista homeista ja näiden aiheuttamat infektiot ja muut terveyshaitat tunnetaan ihmisillä sekä tuotantoeläimillä. Asumisterveysoppaan mukaisista indikaattorimikrobeista suurinosa on terveydelle haitallisia, allergisoivia, ärsyttäviä ja toksiineja tuottavia. Asumisterveysoppaan 2003 indikaattoreista ainoastaan *Phialophora* ei yleensä ole pidetty toksiinin tuottajana. *Phialophora* on heikosti allergisoiva. Asumisterveysoppaan listan julkaisun jälkeen listalle on lisätty useita homeita.(Tuula Putus, 2010, 41.)

Tutkimuskohteen mikrobianalyyseissä esiintyi runsaimmin Penicilliumia niin kuin on tavanomaista. Aspergillus-lajeja ja hiivoja esiintyi runsaasti sisäilmassa, myös Cladosporiumia esiintyi. Cladosporium on usein merkki kosteusvauriosta, kun kyse on ma-

terialista otetusta näytteestä. Cladosporium kasvaa materiaalin pinnalla materiaalin ollessa kostea. Tutkimuskohteesta löytyi harvinaisempia kosteusvauriomikrobejakin, kuten Acremonium, Wallemia ja Scopulariopsis.

2.5 Johtopäätökset

Tutkimuskohteessa tehtyjen tutkimusten perusteella voidaan sanoa että kellarikerroksen seinärakenteessa on home- ja kosteusvaurioita. Kosteusmittaustulokset rakenteesta sekä mikrobianalyysi rakenteesta otettujen materiaalinäytteiden osalta tukevat päätelmää, että rakenne on kosteus- ja mikrobivaurioitunut. Tutkimuksen alkupuolella asiakirjojen perusteella saatu epäily kosteusvaurioista kellarin maanvastaisella seinällä osoittautuu oikeaksi. Kosteusvaurio on kehittynyt ja mikrobikasvustolle on tullut otolliset kasvuolosuhteet.

Kuntotutkimuksessa tehty riskianalyysi osoittautui hyödylliseksi ja lähtötietoja ja silmäääräistä tutkintatapaa käyttäen osattiin kohdistaa riskiarviossa vaurioepäilyt oikealle alueelle. Riskianalyysin tekeminen huolella ja tutkimustoimenpiteiden keskitäminen harkitusti oikeisiin kohtiin säästää kuntotutkijan aikaa ja tilaajan rahaa.

Tutkimuskohteen perheen oireilu otettiin vakavasti ja heidän epäilynsä osoittautui oikeaksi. Mahdollisia home- ja kosteusvauriokohteita tutkiessa on tärkeää ottaa rakennuksessa oleilevien henkilöiden kertomat oireet vakavasti eikä vähätellä heidän ongelmiaan. Kuntotutkijan tulee osata kysyä asukkailta tai rakennuksessa oleilevilta henkilöiltä sellaisia kysymyksiä joiden avulla saadaan selvitettyä voisiko heidän oireilunsa johtua rakennuksesta peräisin olevasta ongelmasta vai mahdollisesti jostakin muusta.

Kuntotutkimuksen perusteella kellarin maanvastainen seinä on korjattava siten että home- ja kosteusongelmat saadaan poistettua. Kosteuslähde täytyy poistaa huolellisesti, jotta ongelma ei uusiudu. Kuntotutkimuksessa esitetään toimenpidesuosituksia. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon että kuntotutkimuksessa esitellyt toimenpidesuosituksukset eivät kelpaa sellaisenaan korjaussuunnitelmaksi vaan korjaussuunnitelma on tehtävä aina erikseen. Suunnitelmaa tehdessä on suositeltavaa käyttää asiantuntijaa, jolla on kokemusta kosteusvauriokohteista.

3 RAKENTEEN ALKUTILANNE

3.1 Rakennukseen vaikuttavat kosteuslähteet

Lähdettäessä tutkimaan vaurionaiheuttajaa on tiedettävä, mistä kosteus voi olla peräisin. Rakennukseen vaikuttavia kosteuslähteitä on ulkoisia ja sisäisiä.

Ulkoisia kosteuslähteitä ovat: (RIL 250-2011, 63)

- sade
- tuulen kuljettama vesi ja lumi
- lumi ja jää (sulamisvesi)
- pintavedet (valumavesi)
- maaperän kosteus
- pohjavesi
- ulkoilman kosteus.

Sisäisiä kosteuslähteitä ovat:

- sisäilman kosteus (ruuanlaitto, pyykin kuivaaminen jne.)
- roiskevesi märkätiloissa
- mahdolliset putkistovuodot
- märkä siivous
- talotekniset laitteet, pesukoneet, ilmankostuttajat
- rakennusajalta rakenteisiin jäänyt rakennuskosteus.

3.2 Kosteuden siirtyminen rakenteissa

3.2.1 Veden kapillaarinen siirtyminen

Vesi siirtyy kapillaarisesti materiaaliin pääsääntöisesti veden pintajännitysvoimien aiheuttaman huokosalipaineen vaikutuksesta materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella kosteusalueella olevaan materiaaliin.

Veden kapillaarinen siirtyminen voi tapahtua kaikkiin suuntiin, myös ylöspäin. Kapillaarisen kosteuden nousu voi olla hyvinkin runsasta. Kapillaarinen kosteustasapaino

on saavutettu silloin kun kosteus nousee korkeudelle, jossa huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat yhtä suuria.

(RIL 250-2011,71)

3.2.2 Veden painovoimainen siirtyminen

Vesi pyrkii alemmaksi painovoiman ansiosta. Merkittävä osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen.

(RIL 250-2011,71)

3.2.3 Kosteuden diffuusiolla siirtyminen

Diffuusio syntyy rakenteen eri puolilla olevien vesihöyrypitoisuuksien erojen vuoksi. Vesihöyrypitoisuus pyrkii tasoittumaan ja vesihöyry siirtyy diffuusiolla suuremmasta pitoisuudesta pienempään.

Diffuusiolla tapahtuvan virtauksen suuruus riippuu vesihöyryn pitoisuuseron suuruudesta ja rakenteen vesihöyryn läpäisevyydestä. Kosteusvaurioita syntyy yleensä, jos rakenteen sisäpuolelta pääsee vesihöyryä diffuusiolla enemmän rakenteisiin kun rakenteesta poistuu ja rakennekosteus kasvaa ajan kanssa.

(RIL 250-2011,72)

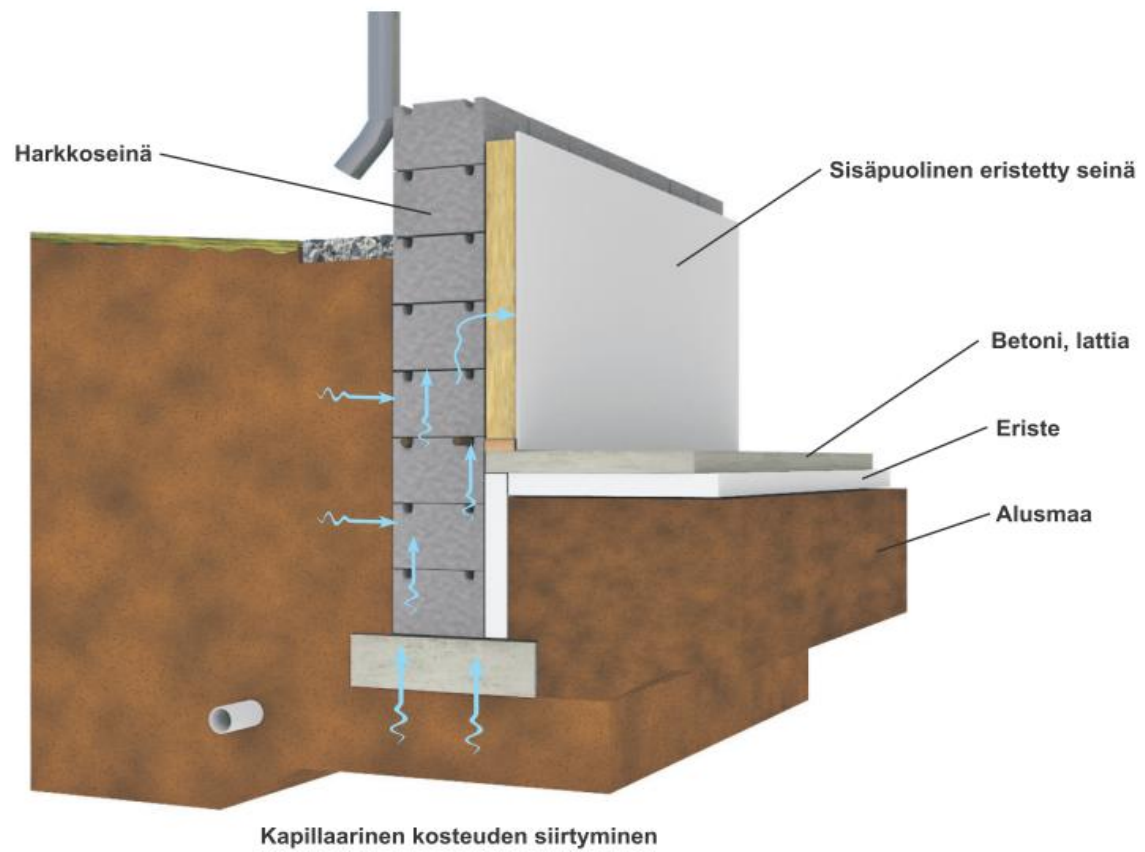
3.2.4 Kosteuden konventiolla siirtyminen

Ilmavirtausten mukana siirtyy vesihöyryä ilman osakaasuna. Pääosin vettä siirtyy ulkoisesta voimasta johtuen, pääosin tuulen paineesta.

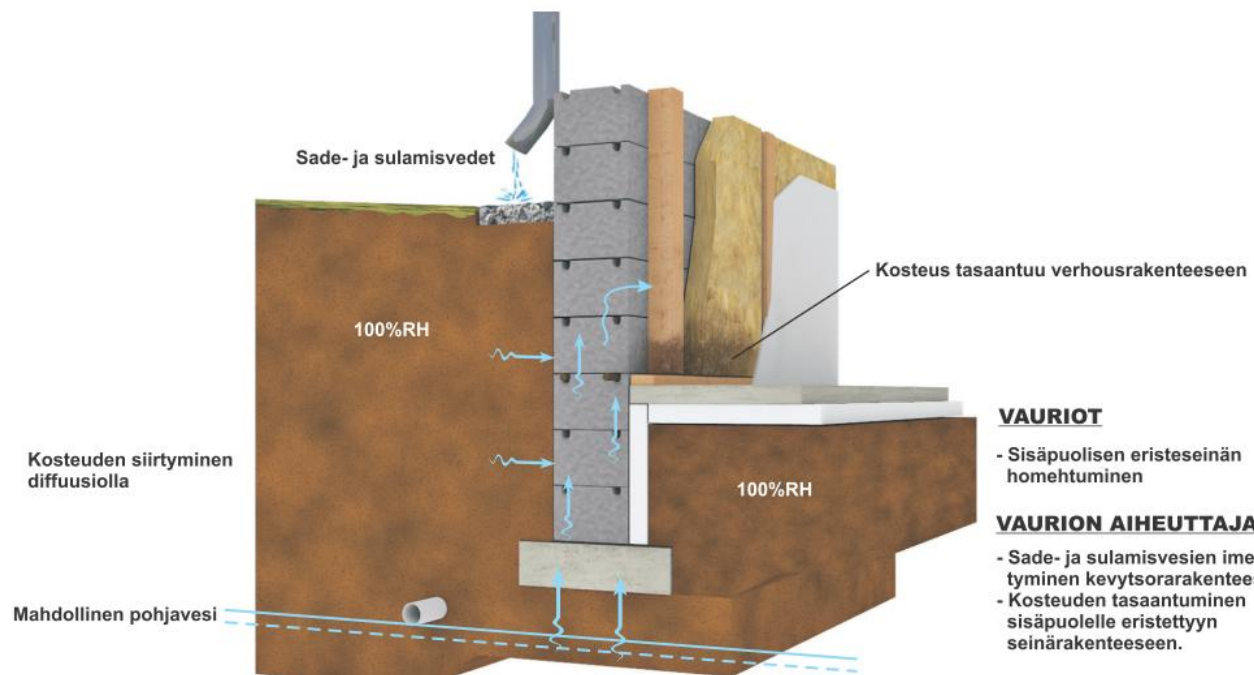
(RIL 250-2011,73)

3.3 Vauriomekanismi esittely havainnollistavin kuvin

Kuvissa 6 ja 7 on havainnollistettu kosteuden siirtymistä rakenteisiin. Havainnollistavat kuvat vastaavat tutkimuskohteen tilannetta. Kuvissa on harkkomuurattu sisäpuolelta eristetty kellarinseinä.



Kuva 6. Kuvassa havainnollistettu kosteuden siirtyminen rakenteisiin. (Kuva Ympäristöministeriö riskidiasarjasta)



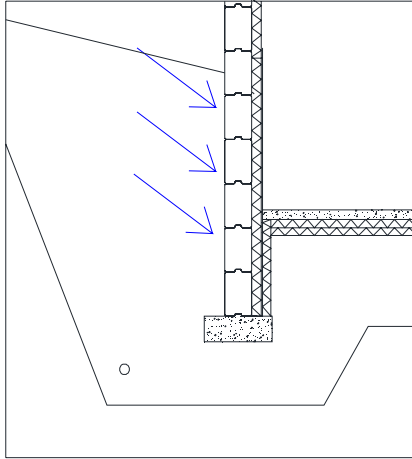
Kuva 7. Sade- ja sulamisvedet pääsevät imeytymään maaperään ja sitä kautta kevytsorarakenteeseen. Kosteus tasaantuu sisäpuolelta eristettyyn seinärakenteeseen. (Kuva Ympäristöministeriö, riskidiasarjasta)



Harkkoseinän alaosa kapillaarisessa tilassa.

Kuva 8. Tutkimuskohteen seinärakennetta on avattu.

Kuva Pertti Heikkinen



Kuva 9. Periaatekuva sade- ja sulamisvesien kulkeutumisesta rakenteeseen. Maanpinta viettää rakennukseen päin. Veden kulkeutuminen rakenteeseen havainnoitu nuolin. Kuva Tiina Kolari.

3.4 Tyypillisiä konkreettisia vaurion aiheuttajia

Tyypillisiä vaurioiden aiheuttajia on tutkimuskohteen tyypisissä rakenteissa että maaperästä tunkeutuva kosteus aiheuttaa kosteusvaurioita rakenteeseen:

- Sisäpuolelta eristetyssä rakenteessa on seinärakenteessa sisäpuolen lämpötila korkeampi kuin ulko-osan lämpötila. Tämän vuoksi kuivumista sisätilaan päin ei tapahdu tai se on todella hidasta. Höyrysulun poistolla ei ole vaikutusta tähän asiaan. Tämä johtaa rakenteiden kastumiseen ja mikrobivaurioihin. Seinärakenteen ulko-osa lämpö- ja kosteustila muodostuu samanlaiseksi ympäröivän maan kanssa
- Toimimaton tai virheellisellä korkeudella oleva salaoja voi myös aiheuttaa veden tunkeutumisen kellarin seinärakenteeseen. Puuttuva salaoja aiheuttaa samaisen vaurion seinärakenteelle.
- Katolta ja räystäältä tai seinän ulkoverhouksen läpi valuva vesi voi valua kellarin seinärakenteeseen yläpuolella olevan seinän kautta.

- Sulamis- ja sadevedet voivat tunkeutua seinärakenteeseen seinän viereen kertyessään.
- Syöksytorvista purkautuva vesi voi myös tunkeutua rakenteeseen.
- Veden roiskuminen seinän yläosaan voi aiheuttaa myös vaurioita.
- Istutusten laittoa seinän vierille tulee välttää, koska niistä aiheutuu vesivuotoja ja täten veden kanssa kosketuksiin joutuvat rakenteet kastuvat. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997, 40.)

3.5 *Vaurion aiheuttajan toteaminen*

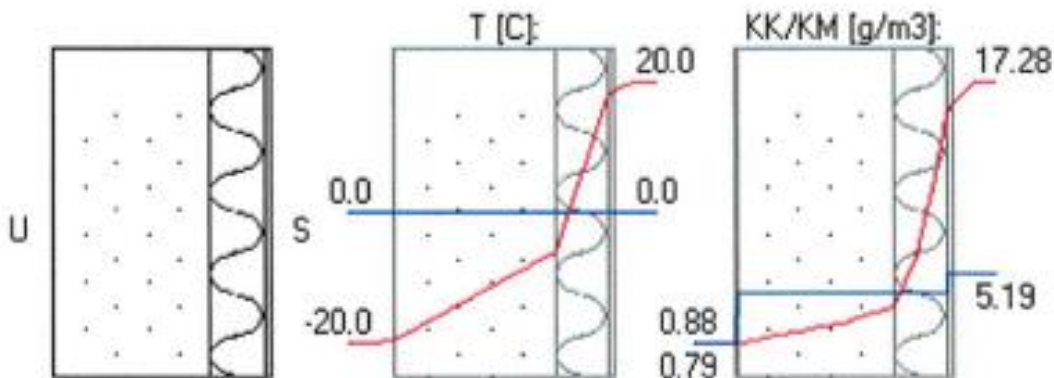
Tutkittaessa vaurion aiheuttajaa on selvitettävä mistä kosteus on peräisin. Vaurion aiheuttajan toteamisessa käytetään apuna tehtyä tutkimuksia ja niitä analysoidaan. Tarpeeksi laajasti tehdyistä tutkimuksista voidaan päätellä mistä vaurio aiheutuu. Lisäksi tarkastelemalla rakennetta rakennuksen ulkopuolelta voidaan havaita monia mahdollisia vaurion aiheuttajia. On tarkastettava onko maanpinnan muotoilu ohjeiden mukainen ja viettää poispäin rakennuksesta, jotta vedet eivät kerry seinän vierille ja sitä kautta rakenteeseen. Sade- ja sulamisvesien kulkeutumisen voi nähdä silmämääräisesti havainnoimalla. Istutuksia täytyy myös välttää seinän vierillä, niiden keräämän kosteusrasitteen vuoksi. Sadevesikouruihin tai syöksytorvien kunto täytyy tarkastaa, koska ne voivat aiheuttaa nopeasti vakavia vaurioita seinärakenteeseen. Tehtyjen tutkimusten ja silmämääräisesti tehtyjen havaintojen perusteella voidaan todeta vaurion aiheuttajat.

Tutkimuskohteessa vaurion aiheuttajat selvitettiin tutkimuksen ja silmämääräisen havainnoinnin avulla. Selvisi, että tutkimuskohteessa

- maanpinnan muoto oli virheellinen, se vietti rakennukseen päin,
- sade- ja sulamisvedet eivät viettäneet poispäin rakennuksesta,
- kohteessa oli toimimaton tai väärällä tasolla oleva salaoja.

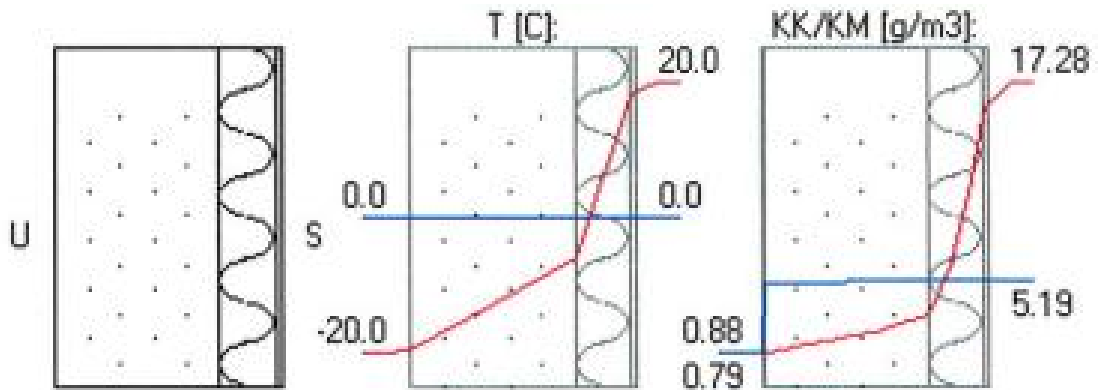
3.6 Teoreettinen malli

Tutkimuskohteen rakenteen tarkastelun esittely DOF-lämpöohjelmalla. Rakenteen alkutilanteesta tehdään kolme tarkastelu, kaksi kellarikerroksen maanpinnan yläpuoliselta osuudelta ja yksi kellarikerroksesta maanpinnan vastaiselta osuudelta. Maanpinnan yläpuolisella osuudella tarkastellaan höyrynsulun merkitystä tutkimus tuloksiin.



Kuva 10. Kellarikerroksen harkkomuurattu sisäpuolelta eristetty seinärakenne. Rakenteessa on höyrynsulku. Kuva on maanpinnan yläpuoliselta osalta.

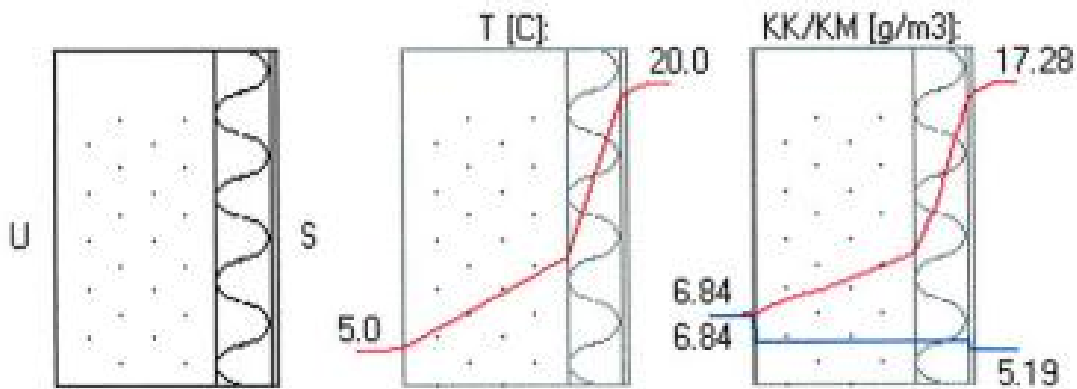
Tässä kohtaa tarkastellaan rakenteen maanpinnan yläpuolella olevaa osaa. Tilanteen tarkastelu tehtiin talviolosuhteissa, jolloin lämpötila on ulkoilmassa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sisätilan lämpötila $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suhteellinen kosteus on ulkoilmassa kyseisessä lämpötilassa 90 % ja sisätilassa 30 %. Tarkastelujaksoksi valittiin vuorokausi. Rakenteet ulkopuolelta lukien ovat harkkomuuraus, lämmöneristys, höyrynsulku ja lastulevy. Tarkemmat tiedot teoreettisesta tarkastelusta liitteessä, (liite 3).



Kuva 11. Kellarikerroksen harkkomuurattu sisäpuolelta eristetty seinärakenne. Rakenteessa ei ole höyrinsulkua. Tilanne maanpinnan yläpuoliselta osalta. Tilanne vastaa tutkimuskohteen rakennetta.

Tässä kohtaa tarkastellaan rakenteen maanpinnan yläpuolella olevaa osaa. Tilanne on sama kuin tutkimuskohteen rakenne. Tutkimuskohteen rakenteessa oli höyrinsulku, mutta se oli rikki, joten höyrinsulku ei toimi oikein. Tämän perusteella rakennetta voidaan tarkastella samalla oletuksella kuin siinä ei olisi höyrinsulkua. Tilanteen tarkastelu tehtiin talviolosuhteissa, jolloin lämpötila on ulkoilmassa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta ja sisätilan lämpötila $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta. Suhteellinen kosteus on ulkoilmassa kyseisessä lämpötilassa 90 % ja sisätilassa 30 %. Tarkastelujaksoksi valittiin vuorokausi. Rakenteet ulkopuolelta lukien ovat harkkomuuraus, lämmöneristys ja lastulevy.

Tuloksena saatiin että höyrinsulun poistamisen myötä rakenteeseen kertyy enemmän kosteuskuormaa. Kyseisen tarkastelun perusteella kävi ilmi että vuorokauden tarkastelu jaksolla rakenteeseen, jossa on höyrinsulku ei tarkastelun perusteella kerry kosteutta. Rakenteelle tehtiin tarkastelu, mikä vaikutus on höyrinsulun poistamisella. Höyrinsulun poiston myötä rakenteeseen kertyi kosteutta $6,81\text{ g/m}^2$.



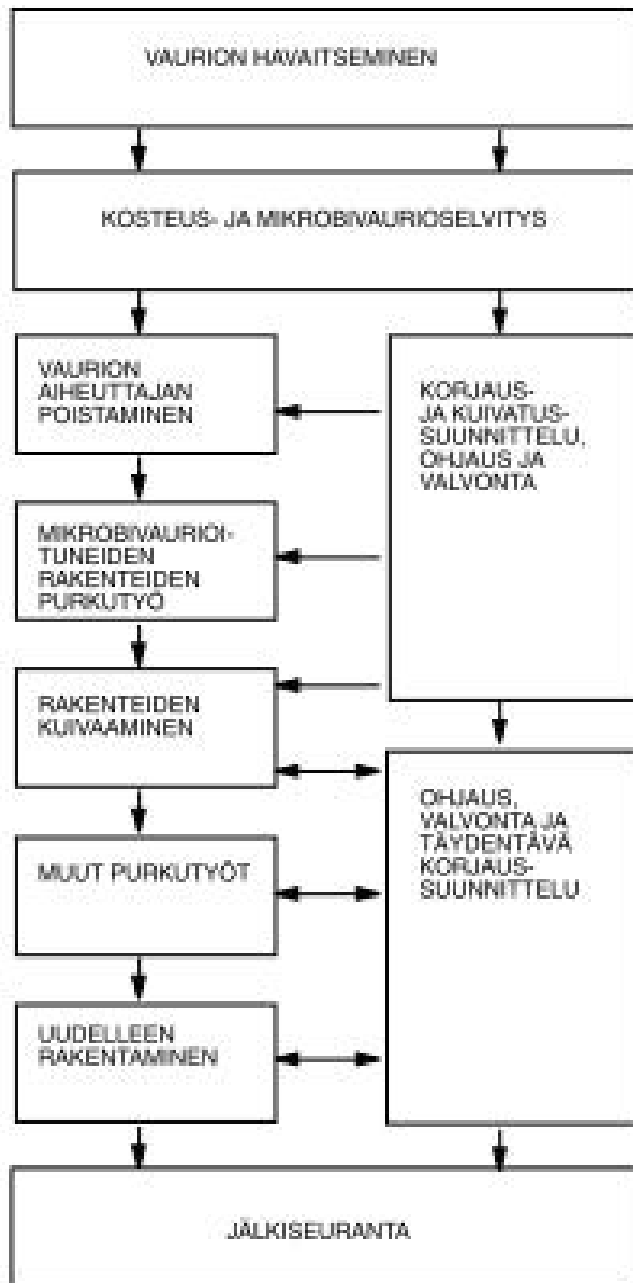
Kuva 12. Kellarikerroksen harkkomuurattu sisäpuolelta eristetty seinärakenne. Tilanne on maaperän vastaiselta osuudelta.

Tässä kohtaa tarkastellaan rakenteen maanpinnan alapuolella olevaa osuutta. Tilanteen tarkastelu tehtiin talviolosuhteissa, jolloin lämpötila on maaperässä 5 °C:sta ja sisätilan lämpötila +20 °C:sta. Suhteellinen kosteus on maaperässä 100 % ja sisätilassa 30 %. Tarkastelujaksoksi valittiin vuorokausi. Rakenteet ulkopuolelta lukien ovat bitumieristys, harkkomuuraus, lämmöneristys, höyrynsulku ja lastulevy.

Teoreettisen tarkastelun tuloksena saatiin että kyseisissä olosuhteissa kellarin seinään ei aiheudu vauriota. Teoreettisen tarkastelumallin perusteella rakenne olisi toimiva. Tässä kohtaa täytyy kuitenkin ottaa huomioon muut seikat, kuten ulkopuolelta tulevat kosteusrasitteet, kuten sade- ja sulamisvesien pääsy maaperään ja sitä kautta rakenteeseen ja salaojan toiminta.

4 KORJAUSTOIMENPITEET

4.1 Korjaustoimenpiteiden eteneminen



Kuvio 2. Korjaustoimenpiteiden eteneminen kosteus- ja mikrobivaurion havaitsemisen jälkeen. (Ratu 82-0383)

Kuviossa 2 on selvitetty vaurion havaitsemisen jälkeen tehtävät toimenpiteet. Kun vaurio on kosteus- ja mikrobivaurioselvitysten jälkeen todettu ja kohdennettu ja sen

laajuus on tiedossa, ryhdytään toimenpiteisiin. Laaditaan purku-, kuivatus- ja korjaussuunnitelmat. Suunnitelman tekijän tulee tuntea hyvin kosteustekninen toiminta ja vauriomekanismin aiheuttajat, jotta hän pystyy laatimaan sellaisen korjaussuunnitelman, että vaurio ei uusiudu. Suunnitelmissa huomioidaan vaurion aiheuttajan poistaminen. Työt suoritetaan suunnitelmien mukaisesti. Työn suorittamisessa käytetään työn ohjausta ja valvontaa apuna ja varmistamassa että työ tehdään oikeaoppisesti suunnitelmien mukaan. Työn ohjaaminen on tärkeää, jotta työ tulee suoritettua siten että suunnitelmien mukaisuus säilyy ja suunnitelmien väärän tulkitsemisen vaara minimoituu kun sitä ohjataan jatkuvasti työn aikana. Työn edistyessä voidaan korjaussuunnitelmia täydentää. Työn valmistuttua kiinnitetään huomiota jälkiseurantaan jotta voidaan todeta toimiiko rakenne korjausehdotussuunnitelmien mukaisesti. Kosteus- ja mikrobivaurioituneen rakenteen korjaussuunnitteluun tulee käyttää asiantuntevaa korjaussuunnittelijaa.

4.2 Rakenteiden kosteustekninen mitoittaminen

Rakenteet tulee suunnitella siten että kosteuspitoisuudet eivät aiheuta missään vaiheessa merkittävää haittaa rakenteen toimivuuden kannalta eivätkä rakennuksen käyttöä ajatellen. Suunnitteluvaiheessa tulee varautua siihen että mikäli rakenteet kastuvat satunnaisesta syystä, tulee niillä olla kyky kuivua riittävällä nopeudella. (RIL 250-2011, 57)

Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon rakennuksen elinkaaren kolme eri vaihetta kosteusteknisen toiminnan kannalta. Näitä vaihteita ovat rakentamisvaihe, rakennuksen kuivumisvaihe ja rakennuksen normaali käyttövaihe. Rakentamisvaiheessa kosteusrasitus on korkeimmillaan, johtuen ulkoisesta ja materiaaleista vapautuvasta kosteudesta. Rakennuksen kuivumisvaiheessa rakenteisiin kohdistuva rasitus, esimerkiksi diffuusiokosteusrasitus saattaa olla olennaisesti suurempi kuin käytön aikana. Rakennuksen normaalin käyttövaiheen aikana rakennuskosteus on kuivunut ja kosteustekninen toiminta seuraa lähinnä sääolosuhteiden ja sisäilmaston muutoksia. (RIL 250-2011, 57)

4.3 Vaurion aiheuttajien poistaminen ja rakenteen korjaus

4.3.1 Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku-, suojaus ja korjaus

Kosteus- ja mikrobivaurioselvityksen perusteella tehdään purku-, kuivatus- ja korjaussuunnitelma. Veden kulkeutuminen rakenteeseen on aina korjauksen yhteydessä poistettava. Rakennetta purettaessa poistetaan pääsääntöisesti kaikki mikrobivaurioituneet rakenteet. Säilytettävät rakenteet puhdistetaan mekaanisesti ja kemiallisesti. Säilytettäviä rakenteita voi olla esimerkiksi betonirakenteet, kalusteet tai putkistot. Mikrobivaurioituneiden ja säilytettävien rakenteiden puhdistuksen jälkeen voidaan ryhtyä kuivatustyöhön. Rakenteet kuivataan yleensä mahdollisimman nopeasti. Usein käytetään rakennuskuivaajia. Kuivaus lopetetaan kun kosteusmittauksilla voidaan todeta rakenteen kuivuneen suunnitellulle tasolle. (Ratu 82-0383)

Mikrobivaurioituneen materiaalien poisto- ja puhdistustyössä ilman itiöpitoisuudet nousevat. Työvaiheet on suunniteltava siten että työntekijät eivätkä työn vaikutuspiirissä olevat henkilöt pääse altistumaan terveydelle haitallisille ja vaarallisille aineille. Suojaustoimenpiteet hoitaa puhdistus-, purku- ja korjaustyötä toteuttavat tahot suojaussuunnitelmien mukaisesti. (Ratu 82-0383)

Korjaustyöhön ryhtyessä on muistettava että käytettävien materiaalien tulee olla tarkoitukseen sopivia ja korjaussuunnitelmien mukaisia. Materiaaleissa ei saa olla mikrobivaurioita eikä niistä saa haihtua haitallisia aineita. Työ suoritetaan korjaustyösuunnitelmaa noudattaen. Suunnitelmista poikkeamisista neuvotellaan suunnittelijan kanssa ja suunnittelija tutkii tilanteen ja antaa luvan poikkeaman tekoon tai hylkää sen. Korjaustyön ollessa valmis, valvoja ja suunnittelija tarkistavat työn tuloksen. Tässä yhteydessä sovitaan jälkiseuranta menettelyistä. (Ratu 82–0383)

Korjaussuunnitelmaa tehdessä otetaan huomioon tuleva rakenne ja sen oikeaoppinen toteuttaminen. Korjaussuunnitelmaa tehtäessä tulee huomioida kaivusuunnitelman teko, pihan tasaaminen, sadevesien johtaminen, salaojituksen korjaaminen, routasuojauksen asentaminen ja veden ja kosteuseristyksen korjaussuunnittelu. (Ratu 82–0383)

4.3.2 Korjaustapa

Korjauksen yleisperiaatteena on että vaurion syy poistetaan, vaurioituneet materiaalit poistetaan tai puhdistetaan. Harkkomuuratun sisäpuolelta eristetyin kellarin seinän korjaus suoritetaan siten että sisäpuolinen eristys poistetaan ja harkkomuuratturakenne eristetään ulkopuolelta. Tämän hetken tietämyksen mukaan tällainen rakenne toimii kosteusteknisesti parhaiten.

Korjauksen ajaksi tila alipaineistetaan ja eristetään mahdollisimman hyvin muista tiloista. Sisäpuolelta puretaan mikrobivaurioituneet materiaalit harkkoseinään saakka. Purkumateriaalit toimitetaan välittömästi pois alueelta.

Harkkoseinän ollessa kantava rakenne, ei sitä ole mahdollista poistaa, vaan materiaali tulee puhdistaa. Mikrobikasvusto poistetaan harjaamalla. Pinta puhdistetaan yleispuhdistusaineella ja desinfioidaan klooripitoisella desinfiointiaineella. Desinfiointin jälkeen pinta huuhdotaan ja kuivataan. Puhdistuksen yhteydessä tulee vettä käyttää mahdollisimman vähän jotta rakenne ei kastu entisestään.

Rakenne kuivataan. Rakennetta ei kannata jättää kuivumaan itseksensä vaan ottaa kuivaimet käyttöön. Mikäli rakenteen jättää kuivumaan ilman tehostettua kuivaamista, menee tässä hyvin pitkä aika. Lisäksi on mahdollista että mikrobikasvusto alkaa muodostua uudelleen rakenteeseen. Rakenteiden kuivaus voidaan lopettaa, materiaalin saavutettua materiaalille ominaisen kosteustasapainon. Tästä varmistutaan tekemällä kosteusmittauksia.

Sisäpuolelta harkkoseinä tasoitetaan ja rapataan. Mahdollisimman riskittömän rakenteen toteuttamiseksi koolausta ja levyverhouksen asentamista ei suositella.

Ulkopuolisella osuudella kaivetaan maata ja seinä erotetaan maaperästä kosteutta eristävällä tarvikkeella, bitumipohjaisella vedeneristyksellä. Tämän päälle asennetaan patolevy. Patolevyn jälkeen tulee polyuretaanieriste, minimissään 100 mm. Maanpinnan yläpuoliselle osuudelle asennetaan kivipohjainen sokkelilevy. Polyuretaanin ja kivipohjaisen sokkelilevyn väliin tulee tuuletusrako.

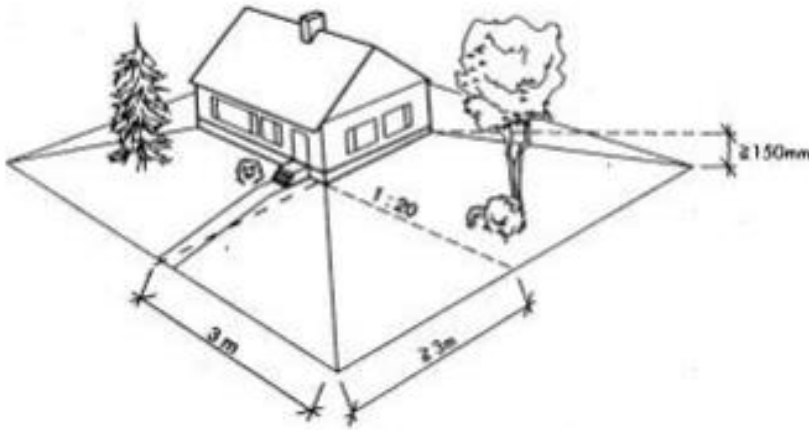
Rakenteen ollessa ennen sisäpuolelta eristetty, tulee uuden ulkopuolelta eristetyin rakenteen myötä maanpinnan yläpuoliselta osuudelta näkyviin paksumpi rakenne

sokkelin kohdalta. Yläpuolella olevan seinän ja uuden seinärakenteen liittymä tulee suunnitella siten, ettei niiden liittymäkohdasta rakenne pääse vaurioitumaan. Yläpuolisen ja uuden rakenteen liittymään laitetaan pelti jotta uusittuun rakenteeseen ei pääse vedet valumaan.

Ulkopuoleisen kaivauksen yhteydessä salaojat uusitaan. Kun kosteuslähde on kapillaarinen nousu, niin korjaustoimenpiteenä on veden kapillaarivirtausten katkaiseminen salaojituksen avulla ja maahan imeytyvän pintaveden poistaminen perustusten vierestä ja rakennuksen alta johtamalla ne salaoja järjestelmän avulla sekä pohjaveden pinnan pitäminen riittävällä etäisyydellä lattiasta tai ryömintätilasta maanpinnasta. Salaojitus toteutettava tutkimuskohteeseen Rakentamismääräyskokoelman, C2 määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Routasuojaus laitetaan samassa yhteydessä.

Maanpinnat muotoillaan siten, että ne eivät vietä rakennukseen päin. Maanpinnan muotoilun ollessa virheellinen, korjaustoimenpiteenä tulee maanpinnan muotoilu toteuttaa määräysten mukaisesti.

Maanpinnan muotoilu on toteutettava siten että sade- ja sulamisvedet johdetaan pois rakennuksen vierestä. Seinän vierustoille ei tule laittaa istutuksia, koska ne lisäävät kosteuskuormaa oleellisesti. Maanpinta muotoillaan rakennuksesta pois päin viettäväksi rakennuksesta. Kuvassa 13 on esitetty kuinka tämä tulee toteuttaa. Kolmen metrin päähän sokkelista tulee maanpinnan vähimmäiskaltevuuden olla 1:20. Korkeuseron tulee olla vähintään 0,15 metriä. Mikäli rakennetaan rinteeseen on huomioitava että yläpuolelta valuvat vedet ohjataan rakennuksen sivuitse, ottaen huomioon että siitä ei saa aiheutua haittaa naapuritontille. Vastakallistuksia tai niskaojia voi käyttää tarvittaessa tämän estääkseen.



Kuva 13. Maanpinnan muotoilu rakennuksen ympärillä.

Kuva sisäilmayhdistyksen [www-sivuilta](#).

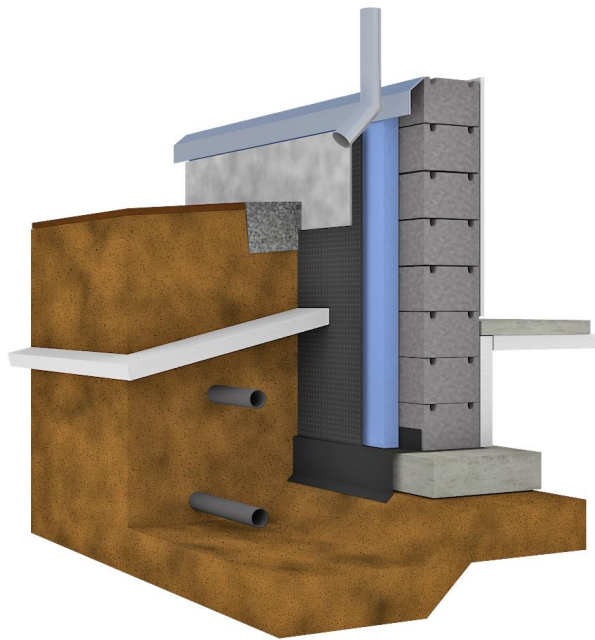
Kosteuslähteen ollessa sade- ja sulamisvedet, on korjaustoimenpiteet suoritettava ojittamalla, sadevesiviemäreillä tai muulla tavalla. Piha-alue päällystetään rakennuksen vierestä tai pintamaan alle laitetaan muovikalvo tai vettä huonosti läpäisevä kerros, näin saadaan estettyä sade- ja pintavesien pääsy salaojajärjestelmään. Sadevedet johdetaan sadevesiviemäreihin tai pois rakennuksen viereltä maanpintaa muotoilemalla viettäväksi pois päin rakennuksesta. Sadevesikouruihin tai syöksytorviin tulevat vauriot tulee korjata pikaisesti sellaisen havaittuaan, koska ne voivat aiheuttaa nopeasti vakavia vaurioita seinärakenteeseen. (Sisäilmayhdistys [www-sivut](#).)

Tilat siivotaan korjauksen toteuttamisen jälkeen rakennuksen sisäpuolella, pinnat pyyhitään. IV-kavavat tulee myös puhdistaa tässä yhteydessä, jotta sitä kautta ei pääse epäpuhtaudet rakennukseen. Näiden toimenpiteiden jälkeen rakennus voidaan käyttöönottaa.

Korjausehdotelman rakenteet ulkopuolelta lukien ovat maanpinnan yläpuolisella osuudella kivipohjainen sokkelilevy, polyuretaanieristys 100 mm, patolevy, bitumipohjainen vedeneristys harkkomuuraus ja rappaus harkkomuurauksen sisäpintaan.

Työssä tarkastelin myös millä tavoin rakenne toimisi, mikäli patolevy laitettaisiin lämmöneristyksen ulkopuolelle. Kuvassa alla nähtävillä rakenne, rakenteet ulkopuolelta lukien ovat maanpinnan yläpuolisella osuudella kivipohjainen sokkelilevy, patolevy, polyuretaanieristys 100 mm, bitumipohjainen vedeneristys harkkomuuraus ja rappaus

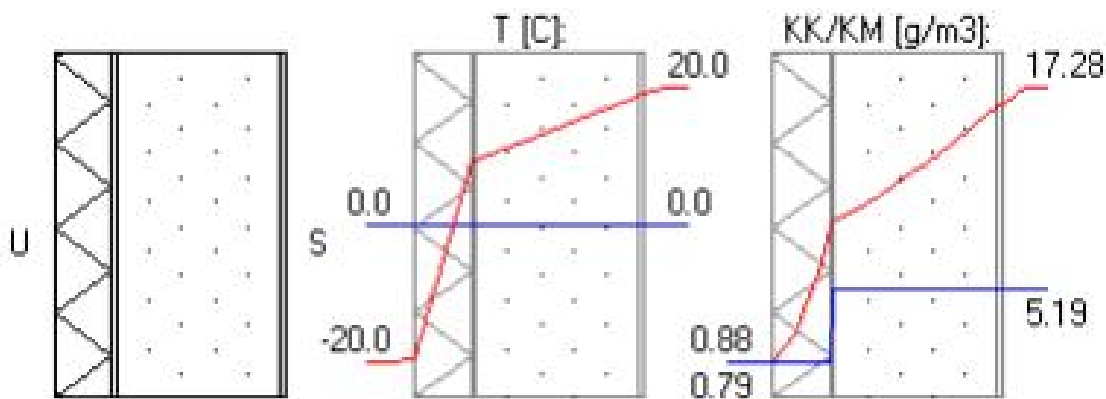
harkkomuurauksen sisäpintaan. Tein rakenteesta Dof- lämpöohjelmalla tarkastelun ja tarkastelun mukaan tämä kyseinen rakenne sisältää riskin kosteusfysikaaliselta toiminnaltaan. Lämmöneristeen ollessa vedeneristyksen sisäpuolella, on riski että veden eristeen ja lämmön eristeen väliin kondensoituu vettä. Varmempi korjaustapa on yläpuolella esitetty, jossa lämmöneristys sijoittuu uloimmaksi rakenteessa.



Kuva 14. Kellarikerroksen harkkomuurattu ulkopuolelta eristetty seinärakenne. Rakennetiedot ulkoapäin lukien on patolevy, polyuretaanieriste, bitumi vedeneristys, harkkomuuraus ja rappaus.

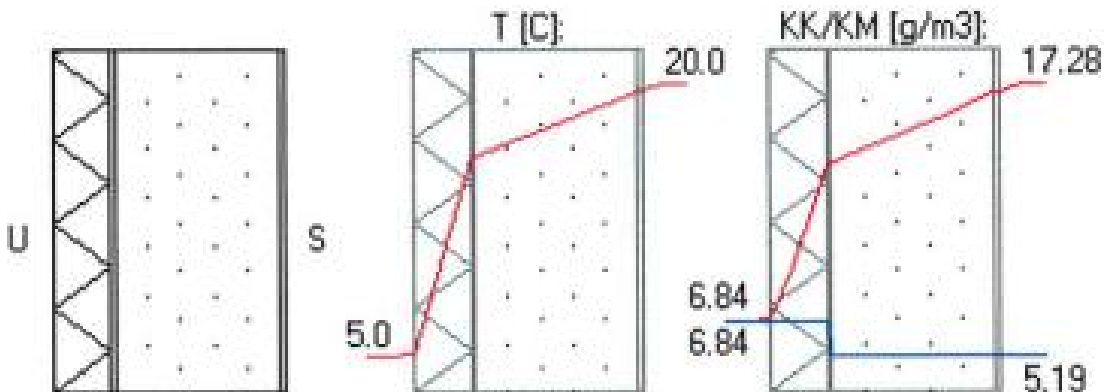
4.3.3 Teoreettinen malli

Tutkimuskohteen korjaustavan rakenteen tarkastelu DOF – lämpöohjelmalla. Rakenteen korjaustavasta tehtiin kaksi tarkastelua, yksi kellarikerroksen maanpinnan yläpuoliselta osuudelta ja yksi kellarikerroksesta maanpinnan vastaiselta osuudelta. Tarkastelut on tehty talvi olosuhteissa.



Kuva 15. Kellarikerroksen harkkomuurattu ulkopuolelta eristetty seinärakenne. Rakennetiedot ulkoapäin lukien on polyuretaanieriste, patolevy, bitumi vedeneristys, harkkomuuraus ja rappaus. Tilanne on esitelty maanpinnan yläpuoliselta osalta.

Tässä kohtaa tarkastellaan rakenteen maanpinnan yläpuolella olevaa osaa. Rakenne on eristetty ulkopuolelta. Tilanteen tarkastelu tehtiin talviolosuhteissa, jolloin lämpötila on ulkoilmassa $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta ja sisätilan lämpötila $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta. Suhteellinen kosteus on ulkoilmassa kyseisessä lämpötilassa 90 % ja sisätilassa 30 %. Tarkastelujaksoksi valittiin vuorokausi. Tarkastelu liitteenä, (liite 6).



Kuva 16. Kellarikerroksen harkkomuurattu ulkopuolelta eristetty seinärakenne. Rakennetiedot ulkoapäin lukien on polyuretaanieriste, patolevy, bitumi vedeneristys, harkkomuuraus ja rappaus. Tilanne on esitelty maanpinnan vastaiselta osalta.

Tässä kohtaa tarkastellaan rakenteen maanpinnan vastaista osaa. Rakenne on eristetty ulkopuolelta. Tilanteen tarkastelu tehtiin talviolosuhteissa, jolloin lämpötila on ulkoilmassa $5\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta ja sisätilan lämpötila $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta. Suhteellinen kosteus on ulkoil-

massa kyseisessä lämpötilassa 90 % ja sisätilassa 30 %. Tarkastelujaksoksi valittiin vuorokausi. Tarkastelu liitteenä, (liite 7).

Tarkastelujen perusteella saatiin tulokseksi, että rakenne toimii kosteusteknisesti oikein sekä maanpinnan yläpuolisella osuudella että maapinnan vastaisella osuudella. Rakenteeseen ei kerry kosteutta tehtyjen tarkastelujen perusteella.

Työssä tarkastelin myös millä tavoin rakenne toimisi, mikäli patolevy laitettaisiin lämmöneristyksen ulkopuolelle. Dof- lämpöohjelmalla tarkastelun ja tarkastelun mukaan tämä kyseinen rakenne sisältää riskin kosteufysikaaliselta toiminnaltaan. Lämmöneristeen ollessa vedeneristyksen sisäpuolella, on riski että veden eristeen ja lämmön eristeen väliin kondensoituu vettä. Dof-tarkastelut liitteenä, (liite 8 ja 9).

5 TULOKSET

Opinnäytetyöni aiheena oli harkkomuuratun sisäpuolelta eristetyn kellariseinän kuntotutkimus ja korjaus. Työssä selostin kuntotutkimuksen vaiheet ja miten kuntotutkimus tutkimuskohteessa eteni. Kuntotutkimuksen oikeaoppinen toteuttaminen on avainasemassa, kun tutkitaan vauriomekanismin olemassaoloa ja laajuutta. Kuntotutkimuksen ammattimaisella suunnittelulla tutkimuksessa edetään johdonmukaisesti ja osataan valita tarkoituksenmukaiset menetelmät, siten että saadaan selvitettyä vaurio ja sen laajuus riittävällä tarkkuudella. Riskiarvion teolla ja riskikohtiin keskittymällä voidaan säästää aikaa ja kustannuksia merkittävästi.

Kuntotutkimuksen avulla saadaan paikallistettua vaurio ja sen laajuus. Tutkimuskohteen sisäilmanäytteestä saatiin viitteitä, että rakennuksessa esiintyy poikkeavaa mikrobikasvustoa, joka voi viitata kosteusvaurioon. Kuntotutkimuksen alkuvaiheessa epäilyt rakennuksessa olevaan vauriomekanismiin saatiin asiakirjoihin pohjautuvalla kuntotutkimuksella ja siten alettiin tutkia epäilyn paikkaansa pitävyyttä. Asiakirjoihin pohjautuvan tutkimuksen yhteydessä selvisi että kellarikerroksen seinä on harkkomuurattu sisäpuolelta eristetty seinä. Se voidaan luokitella riskirakenteeksi ja näin osattiin lähteä tutkimaan kyseisen seinän kuntoa ja heräsi epäily vaurio sijaita kyseisellä alueella.

Kuntotutkimuksessa tehtyjen näytteidenottojen ja kosteusmittausten avulla saatiin tietoa vaurionlaajuudesta. Vauriomekanismia alettiin pohtimaan tämän perusteella.

Työssä tehtiin myös teoreettinen tarkastelu kyseisestä rakenteesta DOF-lämpöohjelmalla. Teoreettisen tarkastelun mukaan kellarinseinä kerää kosteutta talviolosuhteissa tehdyn tarkastelun mukaan ilmaa vasten olevalta seinän osuudelta. Kesäolosuhteissa rakennetta tarkasteltaessa rakenne on teoreettisen mallin mukaan kosteusteknisesti toimiva ilmaa vasten olevalla osiolla. Maata vasten oleva osuus näyttää teoreettisen tarkastelun pohjalta toimivalta rakenteelta, tähän vaikuttaa se että maaperän lämpötila on sen verran korkealla. Asiassa täytyy kuitenkin ottaa huomioon muut tekijät, kuten pohjaveden pinnan taso ja sadevesien mahdollinen kulkeutuminen rakenteeseen.

Vauriomekanismin selvittämisen jälkeen korjausehdotelmaa laatiessa on selvitettävä vaurion aiheuttajat ja poistaa kosteuslähteet ja suunnitella rakenne siten että vaurio ei

pääse uusiutumaan. Korjausehdotelmaa laatiessa päätarkoitus on poistaa vaurion aiheuttajat ja laatia rakenne kosteusteknisesti toimivaksi.

Työssä esitellyssä korjausehdotelmassa on otettu nämä asiat huomioon ja tehty mahdollisimman riskitön korjausmenetelmä. Rakennuksen elinkaaren vaiheet tulee ottaa huomioon suunnitellessa korjaustapaa. Näitä ovat rakentamisvaihe, kuivumisvaihe ja normaali käyttövaihe. Suunniteltaessa on otettava huomioon että rakennus toimii kosteusteknisesti erilailla kyseisissä vaiheissa.

Työssä esitelty korjaustapa on mahdollisimman riskitön ja ottaa huomioon kosteuslähteiden poistamisen siten että kosteus ei pääse tunkeutumaan rakenteeseen ja aiheuta vauriota siihen.

LÄHTEET

Hengitysliitto. Juhani Pirinen. [viitattu 12.3.2012]. Saatavissa:

<http://www.heli.fi/default.asp?doclid=30232>

Kiratek www-sivut, sisäilmatutkimukset. [viitattu 12.3.2012]. Saatavissa:

<http://www.kiratek.fi/tutkimus-suunnittelu/kiinteistotutkimukset/sisailmatutkimukset.html>

Ratu 82-0383, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku 2011. Rakennustietosäätiö RTS, Talonrakennusteollisuus ry. Rakennustieto Oy.

RIL 250-2011,2011, Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen, Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto

Sisäilmayhdistys. terveelliset tilat, ongelmien tutkiminen, muut sisäilma tutkimukset [viitattu 12.3.2012]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi>

Sisäilmayhdistys. terveelliset tilat, ongelmien tutkiminen, mikrobitutkimukset, näytteenotto. [viitattu 12.3.2012]. Saatavissa: <http://www.sisailmayhdistys.fi>

Sisäilmayhdistys. terveelliset tilat, ongelmien tutkiminen, rakennustekniset tutkimukset, kosteusmittaukset. [viitattu 12.3.2012.]. Saatavilla: <http://www.sisailmayhdistys.fi>

Ympäristö, Kiinteistön kuntotutkimukset [viitattu 12.3.2012]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi>

Ympäristöministeriö opas 28, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus,1997,Helsinki:Ympäristöministeriö

Ympäristö ja Terveyslehti,Asumisterveysopas,2003, 3.painos.



57230 SAVONLINNA

Tilausno 116612 (4727J/SISÄILMA), saapunut 24.3.2010, näytteet otettu 22.3.2010
Näytteenottaja: Kinnunen Sampsa

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
5989	Sisäilma, olohuone
5990	Sisäilma, makuuhuone
5991	Sisäilma, eteinen

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	5989	5990	5991	STM 2003:i
Homeet ja hiivat (mallasagar)*	pmy/m3	74	39	28	<500
Kokonaisbakteeripitoisuus*	pmy/m3	2500	2300	1800	<4500
Aktinobakteerit (THG-agar)*	pmy/m3	7	<3	7	<10
Hometunnistus*		Kts. laus.	Kts. laus.	Kts. laus.	

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

STM 2003:i = Asumisterveysohje, ilmanäytteen

* = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamäärittäminen

LAUSUNTO

NÄYTTEEN ESITIEDOT

Näytteenottopaikka:

Olohuone: It 21,5°C, rh 32,6%

Makuuhuone: It 22°C, rh 27%

Eteinen: It 22°C, rh 27%

LABORATORIOTULOS

Hometunnistus:

5989(oloahuone): Penicillium spp.(32 pmy/m3), Geomyces spp.*(11 pmy/m3),
Paecilomyces spp.*(3 pmy/m3), Trichoderma spp.*(3 pmy/m3), steriili spp.(25 pmy/m3)

5890(makuuhuone): Penicillium spp.(4 pmy/m3), Geomyces spp.*(7 pmy/m3), Cladosporium spp. (4 pmy/m3),
steriili spp.(24 pmy/m3)

5891(eteinen): Penicillium spp.(14 pmy/m3), Geomyces spp.*(4 pmy/m3), Trichoderma spp.*(3 pmy/m3), steriili
spp.(7 pmy/m3)

TULOSTEN TULKINTA

Tutkittujen impaktorinäytteiden mikrobipitoisuudet olivat tavanomaisia. Näytteissä todettiin kuitenkin useita tavanomaisesta lajistosta poikkeavia homesukuja(*), mikä saattaa viitata poikkeavaan mikrobilähteeseen rakennuksessa.

(Asumisterveysohje. STM:n opas 2003:1. Asumisterveysohjeen soveltamisopas 2009).

Määrittäksen alaraja: 3 pmy/m3.

*= kosteusvaurioon viittaava homesuku/-laji.

Ritva Rajala
mikrobiologi

TIEDOKSI

Terveystarkastaja/Itä-Savon shp/Kinnunen Sampsa (email)

Tässä tutkimusraportissa esitetyt testitulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan. Määrittämenetelmät ja mittausepävarmuustiedot liitteessä.

Katuosoite
Neulaniementie 2 L2
70210 KUOPIO

Postiosoite
Neulaniementie 2 L 2
70210 KUOPIO

Puhelin
050-3004 182
*050 300 4182

Telekopio/Sähköposti
ritva.rajala@skvsy.fi

Alv.rek.
186 9466-1



MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Homeet ja hiivat (mallasagar)*	STM 2003/2009 (TL77)
Kokonaisbakteeripitoisuus*	STM 2003/2009 (TL77)
Aktinobakteerit (THG-agar)*	STM 2003/2009 (TL77)
Hometunnistus*	Mikroskooppinen (TL77)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL77	SKYT Oy, Joensuun yksikkö

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
Homeet ja hiivat (mallasagar)*	2010/5989		29.3.2010
	2010/5990		29.3.2010
	2010/5991		29.3.2010
Kokonaisbakteeripitoisuus*	2010/5989		29.3.2010
	2010/5990		29.3.2010
	2010/5991		29.3.2010
Aktinobakteerit (THG-agar)*	2010/5989		6.4.2010
	2010/5990	Määrittämisspvm. alitus	6.4.2010
	2010/5991		6.4.2010
Hometunnistus*	2010/5989		29.3.2010
	2010/5990		29.3.2010
	2010/5991		29.3.2010

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Määrittämenetelmät ja mittausepävarmuustiedot liitteessä.



Työterveyslaitos

Työympäristön kehittäminen

Savora Oy
Pertti Helkkinen
Vipusenkatu 12
57200 SAVONLINNA

ANALYYSIVASTAUS K101005ML

1 (3)

vt

15.6.2010



Materiaalinäytteen mikrobianalyysi

Näytteenottaja: Pertti Helkkinen
Näytteenottoaika: Omakotitalo
Näytteenottopäivämäärä: 3.6.2010
Vastaanottopäivämäärä: 7.6.2010
Näytemäärä: 6 kpl

Analyysimenetelmä: Materiaalinäytteen mikrobiologinen analysointi (TY04-TY-030)
Laimennossarjamenetelmä, elinkykyisten mikrobien määrä yksikössä cfu/g
(cfu = colony forming unit = pesäkettä muodostava yksikkö)

Määrittämissuoritukset: 100 cfu/g, näytteet 1-2, 4-5
1000 cfu/g, näytteet 3 ja 6

<u>Mikrobiryhmät</u>	<u>Kasvatusalustat</u>	<u>Kasvatus- lämpötila</u>	<u>Kasvatus- aika</u>
Mesofiiliset sienet	Rose Bengal mallasuute-agar (Hagem-agar)	+ 25°C	7 vrk
Mesofiiliset sienet	Dikloran-glyseroli-agar (DG18-agar)	+ 25°C	7 vrk
Mesofiiliset bakteerit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar (THG-agar)	+ 25°C	7 vrk
Mesofiiliset aktinobakteerit	Tryptoni-hiivauute-glukoosi-agar (THG-agar)	+ 25°C	7-14 vrk

Tutkitut näytteet

Näyte

1. Kellari, takahuone, muovi
2. Kellari, takahuone, pahvi
3. Kellari, takahuone, mineraalivilla
4. Kellari, takahuone, muovi
5. Kellari, takahuone, puu
6. Ullakko, mineraalivilla

Tulosten tulkinta

vahva viite vauriosta
viittaa vaurioon
vahva viite vauriosta
vahva viite vauriosta
vahva viite vauriosta
ei viitettä vauriosta

Tämän analyysivastauksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen Bioaerosolit ja sisäilma -tilin
työympäristömikrobiologian laboratorion antaman kirjallisen luvan perusteella.

Työterveyslaitos

Neulanlementie 4, PL 310, 70101 Kuopio, puh. 030 4741, faksi 030 474 7474, Y-tunnus 0220266-9, www.ttl.fi/kuopio

Analyysitulokset:

Näyte	Mesofiilliset sienet Hagem-agar		DG18-agar		Mesofiilliset bakteerit THG-agar	
	1.	Yhteensä <i>A. versicolor</i> * <i>Penicillium</i>	38200 2700 35500	Yhteensä <i>A. penicillioides</i> * <i>A. versicolor</i> * <i>Penicillium</i> <i>Wallemia</i> *	65700 27900 1800 35100 900	Yhteensä <i>Streptomyces</i> * Muut bakteerit
2.	Yhteensä <i>Penicillium</i>	1400 1400	Yhteensä <i>A. penicillioides</i> * <i>Penicillium</i>	4400 2900 1500	Yhteensä	-
3.	Yhteensä <i>A. versicolor</i> * <i>Acremonium</i> * <i>Blastobotrys</i> <i>Oidiodendron</i> * <i>Penicillium</i> steriilit	111000 1000 27000 1000 18000 55000 9000	Yhteensä <i>A. versicolor</i> * <i>Acremonium</i> * <i>Penicillium</i>	65000 1000 22000 42000	Yhteensä <i>Streptomyces</i> * Muut bakteerit	463000 27000 436000
4.	Yhteensä <i>Absidia</i> ^o <i>Acremonium</i> * <i>Blastobotrys</i> <i>Oidiodendron</i> * <i>Penicillium</i>	10200 200 1800 900 1800 5500	Yhteensä <i>A. penicillioides</i> * <i>Absidia</i> ^o <i>Acremonium</i> * <i>Oidiodendron</i> * <i>Penicillium</i> <i>Scopularopsis</i> * steriilit	17400 900 200 3600 1800 8200 1800 900	Yhteensä <i>Streptomyces</i> * Muut bakteerit	400000 63600 336400
5.	Yhteensä <i>A. versicolor</i> * <i>Acremonium</i> * <i>Oidiodendron</i> * <i>Penicillium</i> steriilit	48100 900 1800 4500 39100 1800	Yhteensä <i>A. versicolor</i> * <i>Monocillium</i> <i>Oidiodendron</i> * <i>Penicillium</i>	47900 700 3600 1800 41800	Yhteensä <i>Streptomyces</i> * Muut bakteerit	31700 1700 30000
6.	Yhteensä	-	Yhteensä <i>Cladosporium</i> <i>Penicillium</i>	6000 5000 1000	Yhteensä <i>Streptomyces</i> *	1000 1000

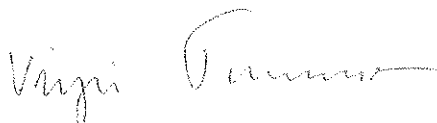
*=kosteusvaurioon viittaava mikrobi, ^o=Indikaattorimerkitys vielä avoin (Ympäristö ja Terveys-lehti 8/2005, s. 56-59), A.=*Aspergillus*, *Streptomyces*=aktinobakteeri (sädesieni), -=pitoisuus alle määrittämysrajan

Tulkintaohje:

Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteen elinkykyisten sieni-itiöiden pitoisuus on suurempi kuin 10 000 cfu/g, aktinobakteeripitoisuus on suurempi kuin 500 cfu/g tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavaa mikrobistoa (Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1, soveltamisopas 3. korjattu painos 2009). Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen pieninä pitoisuuksina on kuitenkin normaalia. Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 cfu/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.



Marja Hänninen
Mikrobiologi
Työympäristömikrobiologian laboratorio
Bioaerosolit ja sisäilma -tiimi



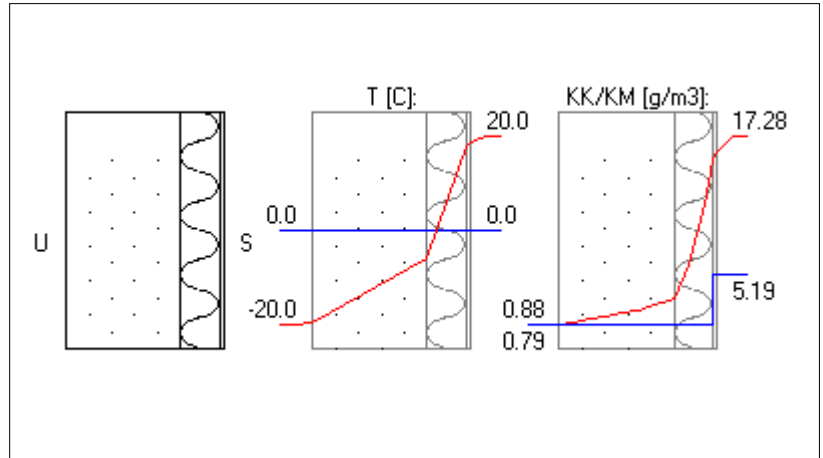
Virpi Turunen
Laborantti
Työympäristömikrobiologian laboratorio
Bioaerosolit ja sisäilma -tiimi

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 3	
Suunnittelija: Tiina Kolari	Päiväys: 29.5.2012	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.273 W/m²K
 Paksuus: 400.150 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 184.13 kg
 Hinta: 0.00 euro

 Vesihöyryn vastus: 99581.866 m²hPa/g
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000010 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 3.660 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 Kevytsorabetoni	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
2 Mineraalivilla	100.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Muovikalvo 0.15 mm	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Lastulevy	10.00	0.1300	1.800000e-05	0.00	700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.23	0.93	0.79	84.5	0.00
2	-6.03	3.07	0.90	29.4	0.00
3	17.73	15.14	0.92	6.0	0.00
4	17.74	15.14	5.16	34.1	0.00
5	18.58	15.91	5.19	32.6	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

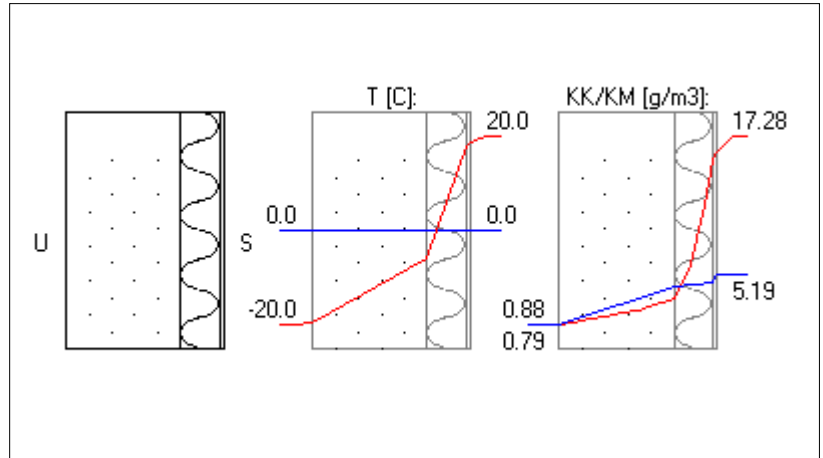
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 4	
Suunnittelija: Tiina Kolari	Päiväys: 29.5.2012	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.273 W/m²K
 Paksuus: 400.000 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 184.00 kg
 Hinta: 0.00 euro

 Vesihöyryn vastus: 3428.019 m²hPa/g
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000292 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 3.659 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Kevytsorabetoni	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
2 Mineraalivilla	100.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Lastulevy	10.00	0.1300	1.800000e-05	0.00	700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.23	0.93	0.79	84.5	0.00
2	-6.03	3.07	4.13	100.0	6.81
3	17.74	15.14	4.47	29.5	0.00
4	18.58	15.91	5.19	32.6	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

Lisätiedot:

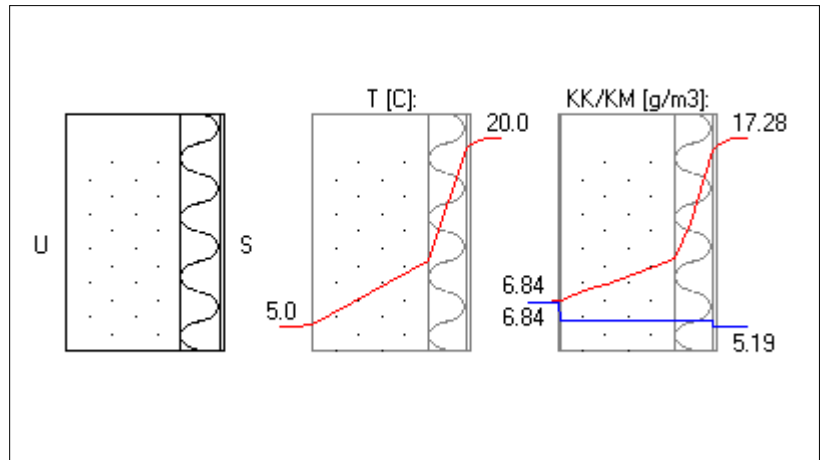
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 5
Suunnittelija:	Päiväys: 27.5.2012
	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.273 W/m ² K
Paksuus:	401.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	185.19 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	377359.643
Vesih. läpäisykerroin:	0.000003 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.665 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

	KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1	Bitumi	1.00	0.1800	3.600000e-09	0.00	1050.00
2	Kevytsementti	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
3	Mineraalivilla	100.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
4	Muovikalvo 0.15 mm	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
5	Lastulevy	10.00	0.1300	1.800000e-05	0.00	700.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	5.00	6.84	6.84	100.0	0.00
1	5.29	6.98	6.84	98.1	0.00
2	5.31	6.99	5.62	80.5	0.00
3	10.25	9.61	5.61	58.4	0.00
4	19.15	16.45	5.61	34.1	0.00
5	19.15	16.45	5.19	31.5	0.00
6	19.47	16.76	5.19	30.9	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

Lisätiedot:

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

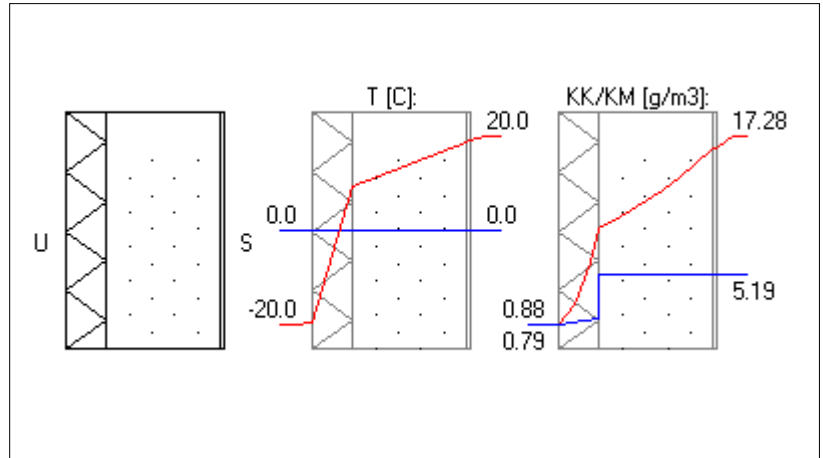
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 6	
Suunnittelija: Tiina Kolari	Päiväys: 29.5.2012	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.195 W/m²K
 Paksuus: 401.600 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 198.59 kg
 Hinta: 0.00 euro

 Vesihöyryn vastus: 425561.369
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000002 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 5.129 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyuretaani	100.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00
2 HD polyeteeni	0.60	0.3400	6.500000e-09	0.00	900.00
3 Bitumi	1.00	0.1800	3.600000e-09	0.00	1050.00
4 Kevytsorabetoni	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
5 Laasti (kalkkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Lisätiedot:

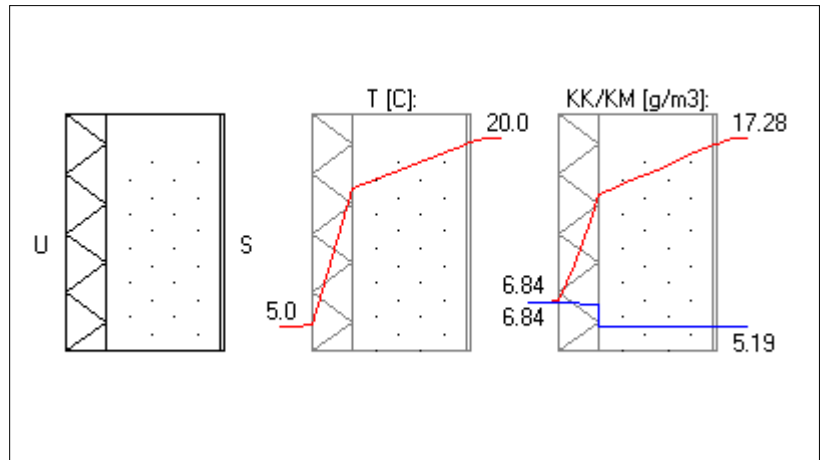
Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.45	0.92	0.79	86.0	0.00
2	9.43	9.12	1.33	14.6	0.00
3	9.44	9.13	2.29	25.0	0.00
4	9.49	9.15	5.16	56.3	0.00
5	18.91	16.22	5.18	32.0	0.00
6	18.99	16.29	5.19	31.8	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 7	
Suunnittelija: Tiina Kolari	Päiväys: 29.5.2012	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.195 W/m ² K
Paksuus:	401.600 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	198.59 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	425561.369
Vesih. läpäisykerroin:	0.000002 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.129 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyuretaani	100.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00
2 HD polyeteeni	0.60	0.3400	6.500000e-09	0.00	900.00
3 Bitumi	1.00	0.1800	3.600000e-09	0.00	1050.00
4 Kevytsorabetoni	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
5 Laasti (kalkkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	5.00	6.84	6.84	100.0	0.00
1	5.20	6.94	6.84	98.6	0.00
2	16.04	13.68	6.64	48.5	0.00
3	16.04	13.69	6.28	45.9	0.00
4	16.06	13.70	5.20	37.9	0.00
5	19.59	16.88	5.19	30.7	0.00
6	19.62	16.91	5.19	30.7	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

Lisätiedot:

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

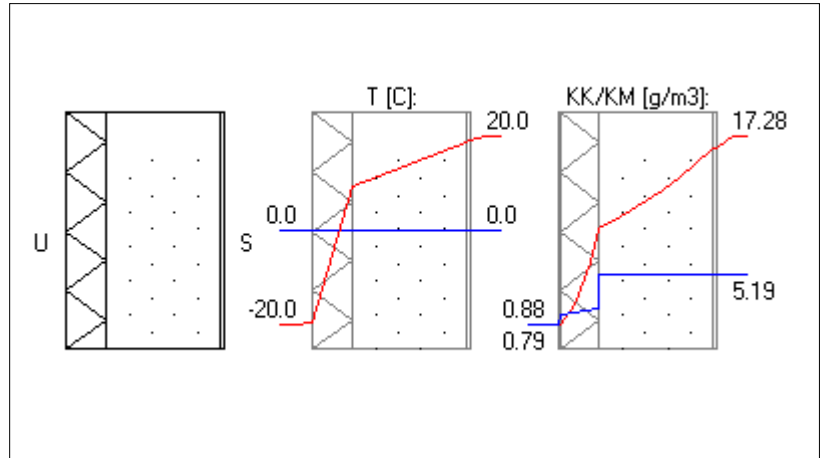
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 8	
Suunnittelija: Tiina Kolari	Päiväys: 29.5.2012	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo: 0.195 W/m²K
 Paksuus: 401.600 mm
 Pinta-ala: 1.00 m²
 Paino: 198.59 kg
 Hinta: 0.00 euro

 Vesihöyryn vastus: 425561.369
 Vesih. läpäisykerroin: 0.000002 g/m²hPa
 Lämmönvastus: 5.129 m²K/W
 Pintavastus, ulko: 0.070 m²K/W
 Pintavastus, sisä: 0.130 m²K/W
 Kulma (0-90): 90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m3]:	Paino [kg/m3]:
1 HD polyeteeni	0.60	0.3400	6.500000e-09	0.00	900.00
2 Polyuretaani	100.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00
3 Bitumi	1.00	0.1800	3.600000e-09	0.00	1050.00
4 Kevytsorabetoni	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
5 Laasti (kalkkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m3]:	KM [g/m3]:	SK [%]:	C [g/m2]:
U	-20.00	0.88	0.79	90.0	0.00
1	-19.45	0.92	0.79	86.0	0.00
2	-19.44	0.92	1.74	100.0	0.04
3	9.44	9.13	2.29	25.0	0.00
4	9.49	9.15	5.16	56.3	0.00
5	18.91	16.22	5.18	32.0	0.00
6	18.99	16.29	5.19	31.8	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

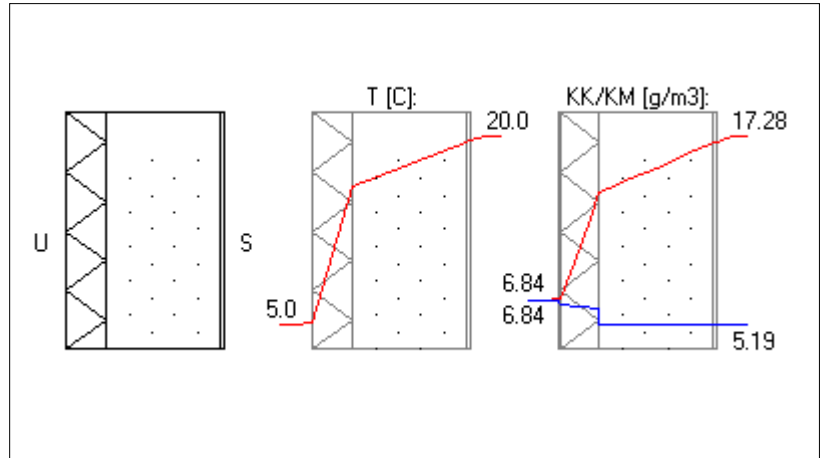
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö: Liite 9	
Suunnittelija: Tiina Kolari	Päiväys: 29.5.2012	Tunnus:

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.195 W/m ² K
Paksuus:	401.600 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	198.59 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	425561.369
Vesih. läpäisykerroin:	0.000002 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.129 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 HD polyeteeni	0.60	0.3400	6.500000e-09	0.00	900.00
2 Polyuretaani	100.00	0.0270	1.900000e-06	0.00	50.00
3 Bitumi	1.00	0.1800	3.600000e-09	0.00	1050.00
4 Kevytsorabetoni	290.00	0.2400	1.112000e-04	0.00	600.00
5 Laasti (kalkkisement)	10.00	1.0000	4.230000e-05	0.00	1800.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (24.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	5.00	6.84	6.84	100.0	0.00
1	5.20	6.94	6.84	98.6	0.00
2	5.21	6.94	6.48	93.4	0.00
3	16.04	13.69	6.28	45.9	0.00
4	16.06	13.70	5.20	37.9	0.00
5	19.59	16.88	5.19	30.7	0.00
6	19.62	16.91	5.19	30.7	0.00
S	20.00	17.28	5.19	30.0	0.00

Lisätiedot:

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus