



VAHANEN YHTIÖT

**HELSINGIN TAIDEMUSEO  
KONSERVOINTIRAKENNUS**  
Kosteustekninen kuntotutkimus

**TUTKIMUSSELOSTUS**

20.12.2002

**INSINÖÖRITOIMISTO  
MIKKO VAHANEN OY**

Halsuantie 4, 00420 Helsinki  
Puh. (09) 8569 8989, fax (09) 538 002  
etunimi.sukunimi@vahanen.com  
www.vahanen.com



## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. YLEISTIEDOT .....</b>	<b>3</b>
1.1 Tutkimuskohde.....	3
1.2 Tutkimuksen tilaaja .....	3
1.3 Tutkimuksen tavoite .....	3
1.4 Tutkimusajankohta .....	3
1.5 Tutkimuksen tekijät.....	3
1.6 Tutkimuskohteen kuvaus.....	3
<b>2. LÄHTÖTIEDOT .....</b>	<b>4</b>
<b>3. TUTKIMUSVÄLINEET JA -MENETELMÄT .....</b>	<b>4</b>
<b>4. AISTINVARAISET HAVAINNOT JA KOSTEUSMITTAUKSET.....</b>	<b>5</b>
4.1 Alapohjarakenne.....	5
4.2 Sisätilat .....	6
4.3 Ryömintätila .....	7
4.4 Rakennuksen ulkopuoli .....	8
4.5 Ikkunat ja julkisivun alaosat.....	8
<b>5. ALAPOHJARAKENTEEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSTEKNINEN TARKASTELU.....</b>	<b>9</b>
5.1 Yleistä.....	9
5.2 Laskentamenetelmät ja lähtöoletukset .....	9
5.3 Laskentatulokset ja tulosten tarkastelu.....	10
<b>6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....</b>	<b>13</b>
6.1 Ryömintätila .....	13
6.2 Alapohja .....	15
6.3 Ilmanvaihto.....	15
6.4 Kellarin seinät .....	16

## LIITTEET

1. Valokuvaliite, 6 sivua
2. kerroksen pohjapiirustus, mittapisteiden sijainti
3. Wufi 3.3 Pro-ohjelman lähtöarvot
4. DOFLÄMPÖ 2.1-ohjelman lähtöarvot



## 1. YLEISTIEDOT

### 1.1 Tutkimuskohde

HELSINGIN TAIDEMUSEO  
Konservointirakennus  
Tamminiementie 6 B  
00250 Helsinki

### 1.2 Tutkimuksen tilaaja

Helsingin kaupunki  
Rakennusvirasto  
HKR-Rakennuttaja  
PL 1540  
00099 Helsingin kaupunki

Tilaaajan yhteyshenkilö:  
Kirsi Torikka  
p. 09 166 2848, 050 364 9055  
f. 09 166 2440  
kirsi.torikka@hel.fi

### 1.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena on ollut arvioida tulevaa peruskorjausta varten alapohjan ja perustusrakenteiden kosteusteknistä toimintaa ja nykyistä kuntoa. Lisäksi tavoitteena on ollut laskennallisesti arvioida alapohjarakenteen toimintaa ilmanvaihdon peruskorjauksen jälkeisessä tilanteessa, jossa konservointirakennuksen sisäilman suhteellinen kosteus ja lämpötila pidetään ilmastointilaitteistolla vakioina (RH 50 % ja t 22°C).

### 1.4 Tutkimusajankohta

Rakennetutkimukset ja kosteusmittaukset tehtiin 21.11.2002.

### 1.5 Tutkimuksen tekijät

Insinööritoimisto Mikko Vahanen Oy  
Halsuantie 4  
00420 HELSINKI

Ilkka Jerkku, puh. 041-515 24 16  
Jukka Huttunen, puh. 041-515 24 12

### 1.6 Tutkimuskohteen kuvaus

Helsingin taidemuseon osoitteessa Tamminiementie 6 B sijaitseva konservointirakennus on valmistunut 1850-luvulla. Alun perin yksikerroksinen rakennus on korotettu kaksikerroksiseksi vuonna 1913. Rakennuksen julkisivut ovat museoviraston suojeluksessa. Nykyisin kahden konservointikäytössä olevan kerroksen lisäksi ullakkokerrokseen on sijoitettu huoltomiehen asunto ja teknisiä tiloja. Matalaan kellaritilaan on tehty LVIS-asennuksia.



Rakennuksen pääasialliset rakennusmateriaalit ovat poltettu tiili ja teräsbetoni. Vesikattona on jalkaränneillä varustettu rivipeltikate. Ulkoseinät ja kantavat väliseinät ovat pääasiassa 2-kiven massiivitiiliseiniä. Ulkoseinämuuraukseen mahdollisesti jätetyistä ilmaraoista tai onteloista ei ole tietoa.

1. kerroksen lattiana toimii suurimmaksi osaksi rataakiskoilla kannatettu puu/betoni lattia. Osassa taloa alapohjana toimii maanvarainen betonilaatta. Ylä- ja välipohjan kantavana rakenteena on betoninen laatta-palkki. Lattian pinnoitteena on käytetty kvartsilinyyliä, muovimattoa ja keraamista laatoitusta. Ylä- ja välipohjien alapinta sekä seinät on maalattu.

Rakennus sijaitsee lähellä meren rantaa loivarinteisen mäen päällä. Maan pinta viettää pois-päin rakennuksesta lounaispäätystä lukuun ottamatta. 1. kerroksessa sijaitsevien huonetilojen lattian yläpinta on lounaispäätystä lukuun ottamatta noin 1 m ympäröivää maan pintaa ylempänä. Lounaispäädyssä lattian yläpinta on lähellä maan pinnan tasoa.

Rakennuksen perustusrakenteet on tehty luonnonkivistä ja tiilistä muuraamalla. Alapohjan lat-tiakannattimista osa on tuettu betonista valettujen anturoiden varaan. Rakennus on perustettu todennäköisesti kokonaan kallion varaan.

Rakennuksen alapohjan alapuolella on osittain matalia kellaritiloja. Suurin osa kellarikerrok-sesta on maapohjaista alustatila. Alustatilan maapohja on ympäröivää maan pintaa alempana.

Rakennuksen ikkunat ovat 2-lasisia puikkunoita.

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmavaihto. Tulo- ja poistoilmaventtiilit sijait-sevat huonetiloissa. Osassa huoneista on lisäksi vetokaappi. Ensimmäisessä ja toisessa ker-roksessa on kummassakin yksi ilmankostutin.

## 2. LÄHTÖTIEDOT

Tilojen käyttäjän mukaan huonetiloissa ei ole havaittu tiloihin kuulumattomia hajuja. Nykyi-nen kostutusjärjestelmä ei riitä säilyttämään huonetilojen ilman suhteellista kosteutta tavoit-teena olevassa  $50 \% \pm 5 \%$ . Lämpötila huonetiloissa vaihtelee välillä  $21-27 \text{ }^\circ\text{C}$  ja ilman suh-teellinen kosteus vaihtelee välillä  $30-70 \%$ . Kellaritiloissa on todettu olevan maakellarimainen haju.

Tutkimusselostusta laadittaessa oli käytettävissä 1960- ja 1970-luvun vaihteessa laadittuja arkkitehti- ja rakennepiirustuksia. Lisäksi käytettävissä oli 23.9.2002 päivätty Helsingin kau-pungin rakennusviraston laatima kosteusvauriokartoitusmuistio.

## 3. TUTKIMUSVÄLINEET JA -MENETELMÄT

Puu- ja muiden huokosten materiaalien kosteuspitoisuutta (paino-%) mitattiin pistokoelun-teisesti materiaalin sähkönvastukseen perustuvalla piikkimittarilla Tramex Compact.

Alapohjan eristetilan huokosilman suhteellisen kosteuden mittaukset tehtiin lattian puiseen pintarakenteeseen porattujen reikien kautta. Mitta-anturi työnnettiin reikään asennettuun tul-pattuun ja tiivistettyyn muoviputkeen. Mittauksissa käytettiin Vaisala HM42-kosteusmittalaitetta (HMP44-kosteusmittausanturit ja HMI41-näyttölaite). Mittalaitteen tark-kuus on noin  $\pm 2 \%$ .



Huonetilojen painesuhteita, lattia- ja seinärakenteiden välisten liitoskohtien ilmatiiviyttä sekä paine-eroja pyrittiin kartoittamaan merkkisavun avulla. Savun käyttöä rajoittivat huonetiloihin asennetut palovaroittimet.

## 4. AISTINVARAISET HAVAINNOT JA KOSTEUSMITTAUKSET

### 4.1 Alapohjarakenne

Lounaisen päädyn varastohuoneen lattiaan sahatusta rakenneavauksesta tehtyjen havaintojen mukaan ryömintätilan kohdalla alapohjan rakenne on ylhäältä alas lueteltuna seuraava:

- Pinnoite, kvartsivinyylilaatta
- Bitumiliima
- Lastulevy 12 mm
- Tasoite
- Ponttilauta 36 mm
- ilmarako 10 mm
- laasti/tilimurska 40 mm
- turve 100 mm
- Bitumikermi
- Bitumisively
- Betonilaatta
- Ryömintätila

Lattiapinnoitteena käytetyt muovilaatat on kiinnitetty lastulevyn pintaa mustalla bitumiliimalla. 1960- ja 1970-luvuilla käytetyt bitumiliimat liimat sisältävät yleensä asbestikuituja. Tämä on otettava huomioon pinnoitteiden uusimista suunniteltaessa.

Aikaisemmin näyttelytilaan tehdyn rakenneavauksen kohdalla alapohjan rakenne poikkesi eteläpäädyn alapohjan rakenteesta. Näyttelytilan kohdalla lämmöneristeenä käytetyn turvekerroksen paksuus oli noin 400 mm. Betonilaatoituksen yläpinnalle ei ollut asennettu bitumikermiä vaan pintaan oli tehty kuumabitumisively. Ponttilaudan ja lämmöneristekerroksen väliin oli syntynyt noin 50 mm paksu ilmapäli.

Alapohjan puurakenteet olivat hyvässä kunnossa kummassakin rakenneavauksessa. Piikkimitarilla tehtyjen kosteusmittausten mukaan lattian puisten kannatinrakenteiden kosteuspitoisuus oli 7-8 paino-%. Lämmöneristeenä käytetty turve oli kuivaa. Turpeessa ei havaittu merkkejä kosteuden aiheuttamista vaurioista. Ponttilautalattian pinta on tasoitettu ainakin paikoin tasoitteella, jonka päälle on asennettu lastulevy. Puupintojen väliin jäänyt tasoite on todennäköisesti säilynyt rakenteessa kosteana pitkään. Tasoitetta vasten olevat puupinnat olivat paikoin tummuneet. Tutkimusta tehtäessä puurakenteet olivat kuivia.

Lämmöneriste on painunut, jonka seurauksena puisen pintarakenteen ja lämmöneristeen väliin on muodostunut ilmapäli. Ilmapälissä virtaava kylmäilma jäädyttää lattian pintarakenteita ja lisää huonetilojen lämmitystarvetta. Ongelma on selvimmän havaittavissa ulkoseinien läheisyydessä. Lattian pinnan lämpötila oli alhainen (11-16 °C) kuistille vievän oven lähistöllä. Muualla alapohjan pintalämpötila oli 19-22°C.

Seinän ja lattian rajalinjaan on asennettu puiset jalkalistat. Piikkimitarilla tehtyjen havaintojen mukaan jalkalistat olivat kuivia. Mitatut kosteuspitoisuudet vaihtelivat välillä 7-9 paino-%. Merkkisavun avulla kartoitettiin lattia- ja seinärakenteiden välisten liitoskohtien ilmatiiviyttä. Ilmavuotoja todettiin yleisesti ulkoseinän ja alapohjan välisessä liittymässä sekä alapoh-



jan läpiviennissä. Lattiaan porattujen halkaisijaltaan 16 mm kosteusmittausreikien kautta todettiin virtaavan voimakkaasti ilmaa lattiarakenteesta huonetilaan.

Alapohjan eristetilan huokosilman suhteellinen kosteus mitattiin viidestä mittapistestä. Kosteusmittausten tulokset on esitetty taulukossa 1. Mittapisteiden sijainti on esitetty liitteessä 2.

*Taulukko 1. Alapohjan eristetilan huokosilman suhteellinen kosteus.*

Mittapisteen numero	Reiän syvyys [mm]	Lämpötila [°C]	RH [%]	Vesihöyrypitoisuus [g/m <sup>3</sup> ]
1	220	3,9	61,5	3,9
2	260	19,7	35,6	6,0
3	215	20,2	34,7	6,1
4	215	20,9	34,0	6,2
5	220	19,2	36,3	6,0

## 4.2 Sisätilat

Rakennuksen kaikki huonetilat tarkastettiin aistinvaraisesti. Huonetilojen lattiat on pinnoitettu kvartsvinyylilaatoilla ja muovimatolla (eteinen). Toisen kerroksen keittiössä ja portaiden ylätasanteella lattia oli pinnoitettu keraamisilla laatoilla. Toisessa kerroksessa katon koteloita on pinnoitettu paneelilla. Seinät ja katto oli yleensä pinnoitettu maalaamalla.

Huonetilan sisävaipan pinnoitteet olivat pääsääntöisesti kunnossa. Toisen kerroksen työskentelytilan katon ja seinän rajakohdassa huoneen pohjoisnurkassa oli pinnoitevaurio. Vaurio on tilaajalta saatujen tietojen mukaan vanha vesikaton vedenpoistoon liittyvä vaurio. Ensimmäisen kerroksen huonetilan nurkissa luoteissivulla välipohjan alapuolella oli halkeama. Halkeamien syytä ei tutkittu tarkemmin, mutta se liittyy todennäköisesti betonisen välipohjan valutyön jälkeiseen kuivumiskutistumiseen. Pistokokeenomaisesti pintakosteusilmallisella tehdyn tarkastuksen mukaan alapohjan ja ulkoseinien alaosien pinnat olivat kuivia.

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Ensimmäiseen ja toiseen kerrokseen on asennettu ilmankostutuslaitteisto. Sisäilmasta mitatut suhteellisen kosteuden ja lämpötilan arvot on esitetty taulukossa 2. Mittapisteiden sijainti on esitetty liitteessä 2.

*Taulukko 2. Sisäilman olosuhteet.*

Mittapisteen numero	Mittapiste	Lämpötila [°C]	RH [%]	Vesihöyrypitoisuus [g/m <sup>3</sup> ]
6	1. krs, varasto	22,5	29,7	5,9
7	1. krs, näyttelytila	21,8	30,3	5,9
8	1. krs, näyttelytila	21,4	32,4	6,1
9	1. krs, näyttelytila	21,8	32,3	6,3
10	1. krs, näyttelytila	21,4	35,4	6,8



Mittapisteen numero	Mittapiste	Lämpötila [°C]	RH [%]	Vesihöyrypitoisuus [g/m <sup>3</sup> ]
11	2. krs, työskentelytila	22,3	28,8	6,0
12	2. krs, työskentelytila	22,2	29,2	5,7
13	Kylmä ullakotila	5,6	60,0	4,2

Ullakkokerrokseen on 1970-luvun alussa rakennettu talonmiehen asunto. Asunnon ikkunoiden alapuolella havaittiin maalipinnoitteen vaurio. Seinärakenne oli tutkimusta tehtäessä pintakosteusilmaisimen mukaan kuiva. Huoneessa havaittiin tunkkainen haju, mikä viittaa toisaalta puutteelliseen ilmanvaihtoon ja toisaalta ikääntyneiden pinnoitteiden pinnoilta haihtuvien yhdisteiden suureen määrään. Ikkunan ulkopuolteen sisäpinta oli lahonnut. Ikkunan yläpuoliselta lyhyeltä räystäältä valunut vesi on tunkeutunut puurakenteeseen alapuitten lasituskitin ja lasin välistä ikkunan puurakenteeseen.

Talonmiehen asunnon lisäksi ullakolle on sijoitettu teknisiä tiloja, joihin ei tarkastuksen yhteydessä päästy käymään. Muilta osin ullakko on lämmittämätöntä ullakotilaa. Vesikaton kantavat puurakenteet olivat paikoin tummuneet aikaisempien katon vesivuotojen seurauksena. Pääsääntöisesti puurakenteet olivat kunnossa. Ullakotilassa räystäällä havaittiin kaksi suurta mehiläispesää, joiden hävittäminen on perusteltua ainakin tilan käyttöä ja huoltoa ajeltaessa.

### 4.3 Ryömintätila

Rakennuksen 1. kerroksen alapuolella on pääosin matala kellari- tai ryömintätila. Kellaritilan korkeus on 1,2- 1,5 m. Ryömintätilan korkeus vaihteli 1,2-0,3 m. Lattia rakennuksen itäkulmassa ja kaakkoisen porraskäytävän kohdalla on lattia maanvarainen. Kellaritilasta on ilmayhteys maapohjaisiin ryömintätiloihin. Rakennuksen pohjoispäädyssä sijaitsevien kellarikäytössä olevien tilojen kohdalla maapohja on pinnoitettu betonilla. Ryömintätilan kohdalla maapohjan muodostavat kallio- ja hienojakoisesta hiekasta muodostuneet pinnat. Kellarin lattia ja ryömintätilojen maapohja sijaitsee noin 1 m ympäröivää maanpintaa alempana. Ryömintätilan maapohjan on epätasainen. Ryömintätalassa on vähäinen määrä erilaista jätettä.

Ryömintä- ja kellaritilan ilmassa havaittiin selvä mikrobikasvuun viittaava maakellarimainen haju. Pohjapiirustuksessa pumppuhuoneeksi nimetyssä tilassa oli lämmitys. Pumppuhuoneen ilma lämpötila oli 27 °C. Ryömintä- ja kellaritilan ilman olosuhteet on esitetty taulukossa 3. Tarkastusta tehtäessä ilman suhteellinen kosteus oli kellaritilassa alhainen. Rakennuksen kaakkoispäädyn maapohjaisessa ryömintätalassa ilman suhteellinen kosteus oli muita alueita korkeampi. Ilman suhteellisen kosteuden korkeampi arvo johtui maapohjan kosteustuotosta ja tilan vähäisestä tuuletuksesta. Kaakkoispäädyssä ryömintätalassa havaittiin kalliopainanteeseen muodostunut avoin vesipinta. Tilassa vallitsee ainakin paikallisesti mikrobikasvustolle otolliset olosuhteet. Hienorakeisen maapohjan pintaan oli paikoin kiteytynyt maapohjasta nousevan kosteuden mukana maan pintaan kulkeutuneita suoloja.



Taulukko 3. Ryömintätilan ja kellarin ilman olosuhteet.

Mittapisteen numero	Mittapisteen sijainti	Lämpötila [°C]	RH [%]	Vesihöyrypitoisuus [g/m <sup>3</sup> ]
14	Kellari	11,9	45,8	4,9
15	Ryömintätila	11,6	65,8	6,8
Ulkoilma		-2,4	89,7	3,6

Kellarin rapatut seinäpinnat olivat monin paikoin vaurioituneet maaperästä kulkeutuvan kosteuden vaikutuksesta. Kellariin johtavien puuportaiden alaosa oli painunut. Painuminen on todennäköisesti aiheutunut portaiden alaosan tukirakenteiden lahoamisesta. Tutkimusta tehtäessä puuportaiden alimmat osat olivat märkiä. Piikkimittarilla mitatut kosteudet vaihtelivat välillä 23-26 paino-%. Puuportaiden yläosassa materiaalin kosteuspuiteisuus vaihteli välillä 10-15 paino-%.

Alapohjan alapintana toimivat rataaksojen varaan asennetut noin 50x30 cm<sup>2</sup> betonilaatat. Betonilaattojen yläpintaan on sivelty kuumabitumi. Betonilaatat eivät kuitenkaan muodosta ilmatiivistä rakennetta ryömintätilan ja huonetilan välille. Savupillikokeilla todettiin ryömintätilan ilmanvaihdon olevan selvästi alipaineinen ulkoilman verrattuna.

Korvausilmaa kellaritilaan virtasi yhden kellarin seinässä sijaitsevan ilmanvaihtosäleikön kautta. Ryömintätilasta/kellarista poistui ilma vanhan avoimen hormin sekä hormissa olevan ilmanvaihtokanavan kautta. Osa ryömintätilan ilmasta virtaa alapohjan epätiiviyiskohtien kautta huonetilaan. Ilmanvaihtuvuus ryömintätilan lounaisessa päädyssä on vähäinen. Ilma vaihtuu vähäisessä määrin perusmuureissa sijaitsevien avoimien aukkojen kautta. Rakennuksen kaakkoisella seinän alaosassa lähellä maan pintaa todettiin yksi tuuletussäleikkö. Ryömintätilan puolelta kaakkoisella seinällä tuuletusaukkoa ei havaittu. On todennäköistä, että aukko sijaitsee ryömintätilaan asennettujen LV-asennusten takana.

#### 4.4 Rakennuksen ulkopuoli

Rakennuksen piha-alueet olivat tutkimusta tehtäessä lumen peitossa, joten yksityiskohtaisia havaintoja ei voitu tehdä. Tilaajalta saatujen valokuvien perusteella maan pinta rakennuksen ympärillä on hyvin vettä läpäisevää nurmi- tai sorapintaa. Sadevedet on johdettu syöksytörivistä sokkelin viereen. Sadevesikaivoja piha-alueella ei ole.

Maan pinta rakennuksen lounaispäädyssä viettää rakennukseen päin. Muilla sivuilla maanpinta viettää rakennuksesta poispäin. Rakennuksen kaakkoispäädyssä maan pinta on lähellä alapohjan yläpinnan tasoa. Rakennuspohjan salaojitusjärjestelmään kuuluvia tarkastuskaivoja tai muita salaojien olemassa oloon viittaavia rakenteita ei tutkimuksen yhteydessä havaittu.

#### 4.5 Ikkunat ja julkisivun alaosat

Julkisivujen alaosan maalatut rappauspinnoitteet ovat pääosin kunnossa. Seinän ulkopinnan alaosassa ei havaittu rakenteiden normaalia suurempaan kosteusrasitukseen viittaavia merkittäviä maali- tai rappausvaurioita. Rakennuksen pohjoispään sisäänkäynnin ulkoportaiden koilliskulmassa havaittiin rakenteeseen tunkeutuneen veden aiheuttama vaurio. Vaurio on to-





dennäköisesti aiheutunut portaiden ylätasen halkeamien tai muun epätiiviysskohdan kautta pinnan betonirakenteen alle tunkeutuneesta vedestä.

Ikkunoiden puitteet olivat tyydyttävässä kunnossa. Ullakolle rakennutun huoltomiehen asunnon kaakkoissivulla sijaitsevien ikkunoiden ulkopuite oli paikoin laho. Piikkimittarilla mitattuna puitteen kosteus oli yli 25 paino-%. Huonetilojen kostutusta lisättäessä sisäilman kosteus todennäköisesti tiivistyy ajoittain 2-lasisen ikkunan sisäpintaan. Tiivistynyt kosteus vaurioittaa nopeasti ikkunan puitteita. Peruskorjauksen yhteydessä tulee harkita ikkunoiden uusimista.

## **5. ALAPOHJARAKENTEEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSTEKNINEN TARKASTELU**

### **5.1 Yleistä**

Tehtävänä on ollut arvioida laskennallisesti kohteen vanhan alapohjarakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimivuutta erilaisten lattianpäällystevaihtoehtojen tapauksissa. Lisäksi laskelmien tavoitteena on ollut arvioida mahdollisesti rakennettavan keinoitekoisella kostutuksella varustetun ilmastoinnin vaikutusta alapohjarakenteen kosteustekniseen käyttäytymiseen.

### **5.2 Laskentamenetelmät ja lähtöoletukset**

Alapohjarakenteen ajasta riippuvat laskennalliset tarkastelut tehtiin WUFI Pro-ohjelman versiolla 3.3. WUFI-ohjelma on tarkoitettu yksiulotteisen lämmön- ja kosteudensiirtymisen mallintamiseen ja sillä voidaan tarkastella sekä diffuusiolla että kapillaarisesti tapahtuvaa kosteudensiirtymistä jatkuvuustilan lisäksi myös ajasta riippuvissa tehtävissä. Ohjelmalla on mahdollista arvioida sisäilmasta peräisin olevan kosteusrasituksen lisäksi mm. vesisateen ja auringon säteilyn vaikutuksia rakenteen lämpö- ja kosteustekniseen käyttäytymiseen. Ohjelman materiaalitietokannat sisältävät tavallisimmin käytettyjen rakennusmateriaalien lämpö- ja kosteustekniset laskenta-arvot.

Laskentamallissa ei ole huomioitu paikallisten ilmapvirtausten, lämpöpattereiden, ikkunoiden, kalusteiden, auringon säteilyn tms. tekijöiden vaikutusta lämmön- tai kosteuden siirtymiseen rakenteiden sisällä tai niiden pinnoilla.

WUFI-ohjelman lisäksi alapohjarakennetta tarkasteltiin myös DOFLÄMPÖ-ohjelman versiolla 2.1. Ohjelma laskee kerroksellisen rakenteen U-arvon, lämpötila- ja kosteusjakauman sekä energiankulutuksen. Kosteusteknisten tarkastelujen osalta DOFLÄMPÖ-ohjelma soveltuu ainoastaan jatkuvuustilaa koskeviin ns. diffuusiolaskelmiin. Kyseisellä ohjelmalla tehdyissä tarkasteluissa ei siis ole huomioitu rakennusmateriaalien lämpö- tai kosteuskapasiteetin vaikutusta rakenteen käyttäytymiseen. DOFLÄMPÖ-ohjelmassa käytettiin WUFI-ohjelman materiaalitietokannoissa esitettyjä laskenta-arvoja.

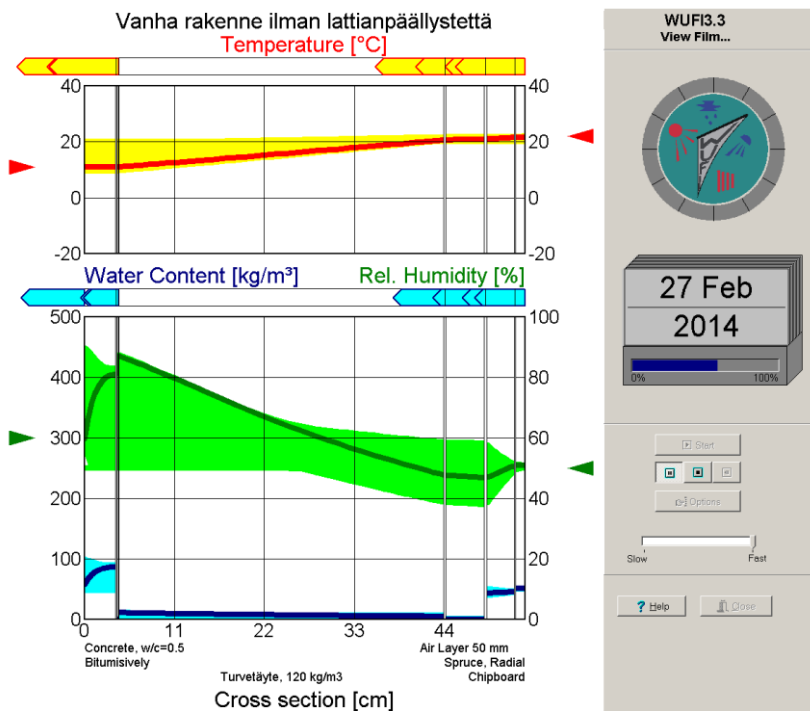
Laskennassa ryömintätilan ilman lämpötilalle on käytetty sini-aallon muotoista sovitetta, jonka keskiarvo on +14 °C ja amplitudi 5 °C eli ryömintätilan ilman lämpötila vaihtelee välillä 9-19 °C. Ryömintätilan ilman suhteelliselle kosteudelle on vastaavasti käytetty sini-aallon muotoista sovitetta, jonka keskiarvo on 75 % ja amplitudi 15 %-prosenttiyksikköä. Ilman lämpötilan on oletettu olevan korkeimmillaan 15. heinäkuuta ja suhteellisen kosteuden vastaavasti 15. elokuuta.



Ilmastoinnin tapauksessa sisäilman lämpötila ja suhteellinen on oletettu vakioiksi (RH 50 % ja 22 °C). Sisäilman nykyisiä lämpötila- ja kosteusolosuhteita on kuvattu siniaallon muotoisella sovitteella, jonka keskiarvo on +23 °C ja amplitudi 2 °C. Sisäilman suhteelliselle kosteudelle on vastaavasti käytetty sini-aallon muotoista sovitetta, jonka keskiarvo on 45 % ja amplitudi 10 %-prosenttiyksikköä. Sisäilman lämpötilan on oletettu olevan korkeimmillaan 15. heinäkuuta ja suhteellisen kosteuden vastaavasti 15. elokuuta.

Tammikuun keskimääräinen ulkoilman lämpötila on Helsingissä -6,1 °C ja suhteellinen kosteus on 88 %, mikä tarkoittaa sitä, että ilmastoinnin tapauksessa (RH 50 % ja 22 °C) sisäilman kosteuslisä on tammikuussa suurimmillaan noin 7,1 g/m<sup>3</sup>. Sisäilman nykyisiä olosuhteita kuvaavan sini-sovitteen tapauksessa sisäilman kosteuslisä on tammikuussa noin 3,8 g/m<sup>3</sup>. Vertailuksi todettakoon, että esimerkiksi asuintilojen sisäilman kosteuslisän arvoksi on useimmissa kirjallisuuslähteissä annettu 3-4 g/m<sup>3</sup>.

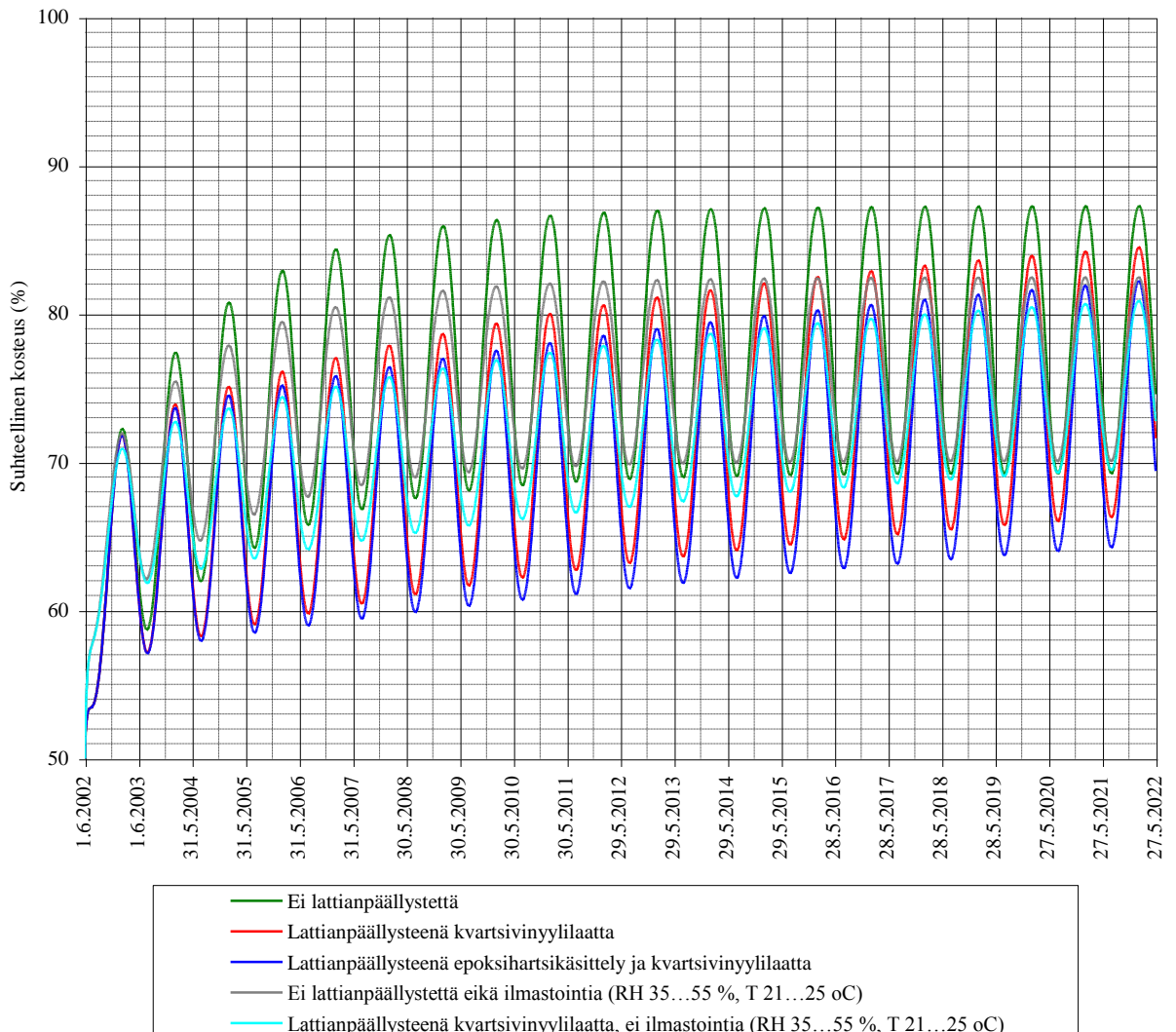
Laskentamalli sekä eri materiaalien lämpö- ja kosteustekniset laskenta-arvot on esitetty liitteissä 3 ja 4. Liitteessä 3 on esitetty myös osa vanhan kvartsivinyylilaatoilla päällystetyn alapohjarakenteen laskentatuloksista. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkinä WUFI-ohjelmalla laskettu alapohjarakenteen lämpötila- ja kosteusjakauma satunnaisesti valitulla ajanhetkellä.



Kuva 1. Ilman lattianpäällystettä olevan vanhan alapohjarakenteen lämpötila- ja kosteusjakauma sekä lämpö- ja kosteusvirtojen suunnat satunnaisesti valitulla ajanhetkellä 27.2.2014. Sisäilman lämpötila on 22,0 °C ja suhteellinen kosteus on 50 %.

### 5.3 Laskentatulokset ja tulosten tarkastelu

Laskentatulosten mukaan vanhan alapohjarakenteen kosteusolosuhteiden muutokset tapahtuvat erittäin hitaasti. Kuvassa 2 on esitetty lämmöneristeenä olevan turvetäytteen alapinnan huokosilman suhteellisen kosteuden 20 vuoden pituisella ajanjaksolla.



*Kuva 2. Alapohjarakenteen turvetäytteen alapinnan huokosilman suhteellinen kosteus 20 vuoden pituisella ajanjaksolla erilaisten lattianpäällystemateriaalien ja sisäilman olosuhteiden tapauksissa. Kvartsilvinyylilaatan vesihöyrynvastuksen on oletettu vastaavan 40 m:n paksuista ilmakerrosta ( $S_d=40$  m) ja epoksihartsikäsitellyn vesihöyrynvastukseksi on oletettu  $S_d=160$  m. Lähtötilanteessa 1.6.2002 rakenteen kosteuspitoisuus on oletettu tasan jakautuneeksi ( $RH=50$  %). Laskenta on tehty WUFI 3.3 Pro -ohjelmalla.*

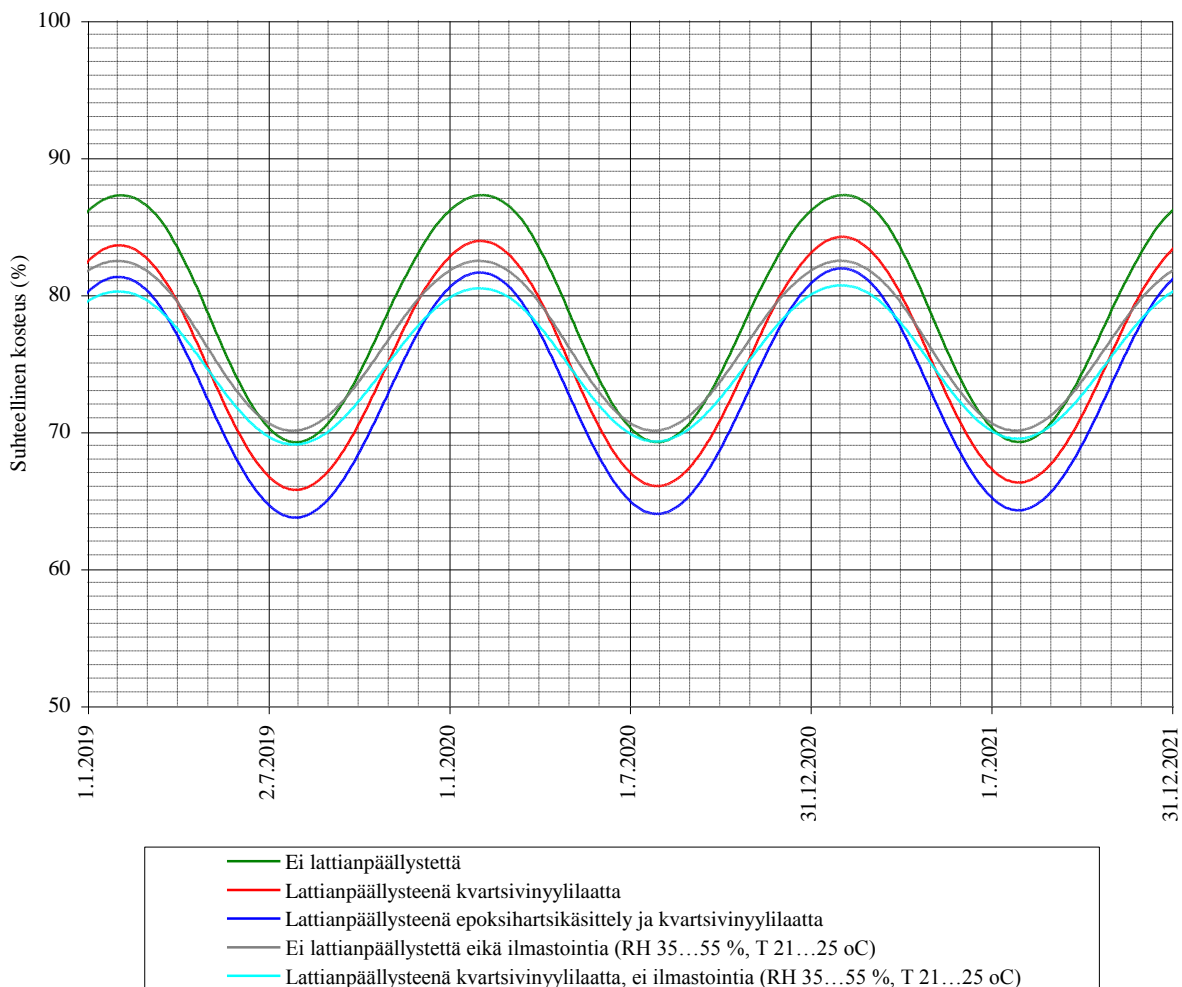
Kuvan 2 laskentaesimerkistä on nähtävissä, että alapohjarakenteen suuren kosteuskapasiteetin vuoksi turvekerroksen kosteuspitoisuuden vaihtelun tasaantuminen ympäristöään vastaaviin olosuhteisiin kestää useita vuosia. Ilman lattianpäällystettäkin rakenteen tasaantuminen kestää noin 10 vuotta ja erittäin tiiviin epoksihartsikäsitellyn sekä kvartsilvinyylilaatan tapauksessa suhteellisen kosteuden vuotuiset maksimiarvot kasvavat koko ajan 20 vuotta pitkän tarkasteluajanjakson loppuun asti.

Alapohjarakenteeseen kulkeutuva kosteus on pääosin peräisin rakennuksen sisäilmasta. Ryömintätilan ilman kosteuspitoisuudella ei ole turvekerroksen alapuolella olevasta vesihöyryti-



viistä bitumisivelystä johtuen juurikaan vaikutusta alapohjarakenteen kosteustekniseen käyttäytymiseen. Todellisen rakenteen tapauksessa alapohjarakenteen läpi tapahtuvilla ilmavuo-  
doilla ja samalla ryömintätilan kosteusolosuhteilla on todennäköisesti ainakin paikallista vai-  
kutusta turvetäytteen kosteuspuitoisuuteen.

Kaikissa laskentatapauksissa turvetäytteen alapinnan huokosilman suhteellisen kosteuden  
vuotuiset maksimiarvot ovat viimeistään tarkasteluajanjakson lopulla yli 80 %. Pinnan  
vesihöyrytiivyydellä on kuitenkin suuri vaikutus alapohja rakenteen olosuhteisiin. Vesihöyry-  
tiivillä lattianpäällysteillä suhteellinen kosteus on yli 80 % vuosittain noin 3 kuukautta lyhy-  
emmän ajan kuin ilman lattianpäällystettä (kuva 3).

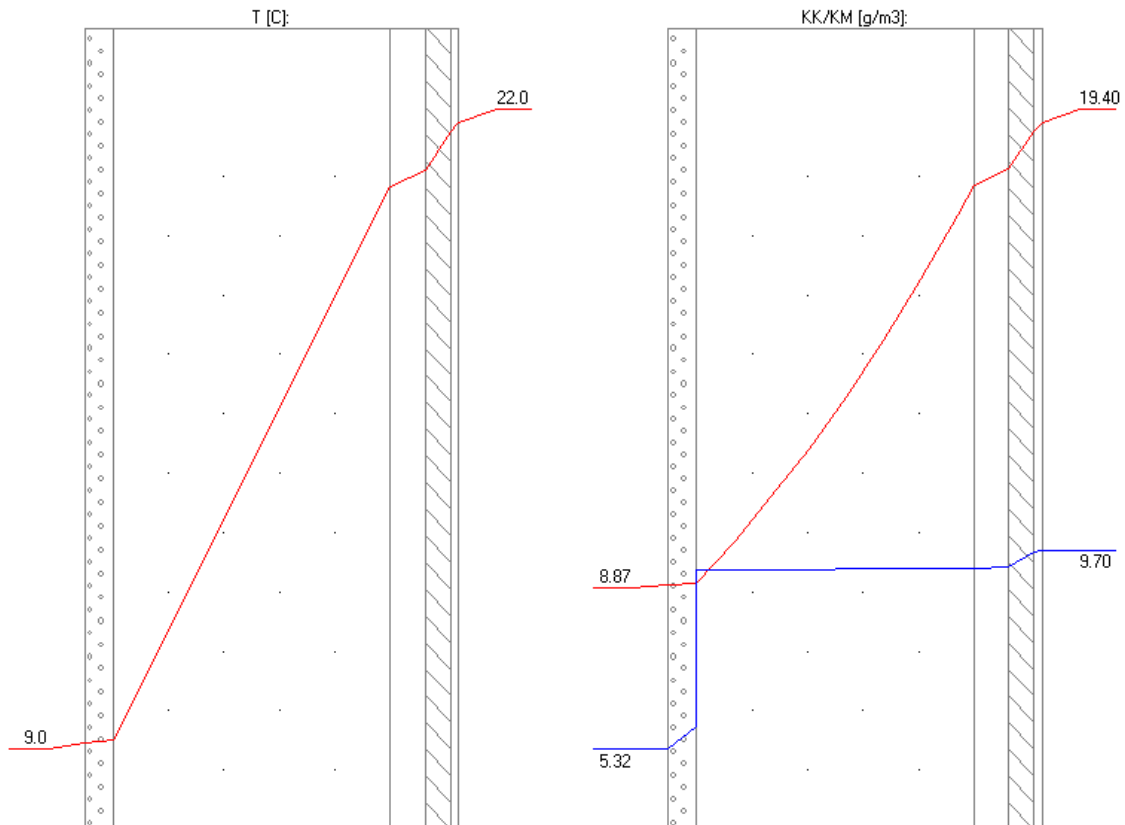


Kuva 3. Alapohjarakenteen turvetäytteen alapinnan huokosilman suhteellinen kosteus 3 vuoden pituisella ajanjaksolla tarkasteluajanjakson lopussa erilaisten lattianpäällystemateriaalien ja sisäilman olosuhteiden tapauksissa. Kvartsimuovilaatan vesihöyryvastuksen on oletettu vastaavan 40 m:n paksuista ilmakerrosta ( $S_d=40$  m) ja epoksimuovilaattien vesihöyryvastukseksi on oletettu  $S_d=160$  m. Laskenta on tehty WUFI 3.3 Pro -ohjelmalla.

Laskentatulosten mukaan ilmastoinnilla ja siihen liittyvällä sisäilman keinotekoisella kostu-  
tuksella on oletettua vähäisempi vaikutus alapohjarakenteen kosteustekniseen käyttäytymi-  
seen. Tämä on seurausta lähinnä ilmastoinnin kesäaikaisesta kuivattavasta vaikutuksesta. Ke-  
säaikaan turvetäytteen alapinnan huokosilman suhteellinen kosteus on ilmastoinnin tapauk-

nessa yleisesti noin 3...6 %-yksikköä alhaisempi verrattuna laskentatapauksiin, jotka kuvaavat rakennuksen nykyisiä sisäilman olosuhteita.

DOFLÄMPÖ-ohjelmalla tehtyjen jatkuvuustilaa kuvaavien laskelmien mukaan keinotekoisen kostutuksen tapauksessa ilman lattianpäällystettä olevan vanhan rakenteen turvekerroksen alaosaan tiivistyy kosteutta tammikuun aikana (kuva 4 ja liite 4).



Kuva 4. Ilman lattianpäällystettä olevan vanhan alapohjarakenteen lämpötila- ja kosteusjakauma tilanteessa, jolloin ryömintätilan ilman lämpötila on pitkäaikaisesti +9,0 °C. Sisäilman lämpötila on 22,0 °C ja suhteellinen kosteus on 50 %. Laskenta on tehty DOFLÄMPÖ 2.1 -ohjelmalla.

Kuvan 4 laskentatapaukseen liittyvä vesihöyryn tiivistymisriski voidaan estää käyttämällä lattianpäällysteenä esimerkiksi vesihöyrytiiviistä kvartsvinyylilaattaa (Sd=40 m), jolloin turvetäytteen alapinnan suhteellinen kosteus on korkeimmillaan noin 86 % (ks. liite 3).

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

### 6.1 Ryömintätila

Tutkimus tehtiin vuoden 2002 marraskuussa. Maapohjan kosteus oli pieni kuivan kesän ja kylmän, vähäsateisen syksyn seurauksena. Ilmatilan kosteusolosuhteet alustatilassa olivat tarkastusta tehtäessä hyvät. Mitatuissa olosuhteissa mikrobikasvu ei ole todennäköistä, mutta



maapohjalla havaittujen lammikoiden tuntumassa on otolliset olosuhteet mikrobikasvulle. Tähän viittaa myös ryömintätilassa havaittu selvä mikrobikasvulle tyypillinen maakellarimainen haju. Kosteampina aikoina ryömintätilan olosuhteet ovat todennäköisesti selvästi tarkastushetkeä huonommat.

Rakennuksen sijainnista johtuen ryömintätilaan tunkeutuvien pintavesien määrä on suhteellisen vähäinen. Tähän viittaa se, että ryömintätilassa ei havaittu veden valumisen aiheuttamia jälkiä. Maapohjasta ryömintätilaan haihtuu kosteutta. Tähän viittaa maapohjan pinnassa havaitut kapillaarisen kosteuden nousun mukanaan kuljettamien suolojen kertymät sekä ryömintätilan ilman ulkoilmaa selvästi korkeampi kosteuspitoisuus.

Ryömintätilan mikrobit eivät vaurioita ryömintätilan tiili, betoni ja teräsmateriaaleja. Ryömintätilassa kasvavista homesienistä ei ole haittaa rakennuksen käyttäjille, kun niiden itiöt ja aineenvaihduntayhdisteet eivät kulkeudu huonetilaan. Alapohjan alapinta koostuu erillisistä betonilaatoista, joiden pintaan on levitetty bitumia. Betonilaatastoa ei kuitenkaan tule olettaa täysin tiiviiksi. Tutkimuksissa todettiin alapohjan rakenteen epätiiviyiskohtien kautta virtaa ilmaa huonetiloihin. Ryömintätilasta huonetilaan kulkeutuvat itiöt ja mikrobien aineen vaihdunnan tuotteet voivat olla terveydelle haitallisia.

Alapohjan lämmöneristeinä on käytetty turvetta. Turve on soilta nostettua kuivatettua osittain lahonnutta kasvijätettä. Mittauksin ja rakenneavauksin todettiin, että alapohjan eriste oli tutkimusta tehtäessä kuivaa. On kuitenkin todennäköistä, että turpeessa on sen elinkaaren aikana ollut aktiivista mikrobikasvua ainakin ajoittain, jolloin siinä on myös mikrobien itiöitä. Kasvavia mikrobeja kuivassa turpeessa ei ole, joten siitä ei aistita mullalle tyypillistä mikrobien aineenvaihdunnan tuotteista aiheutuvaa hajua. Sen sijaan kuolleita tai lepotilassa olevia itiöitä turvetäytössä todennäköisesti on. Myös nämä itiöt voivat olla terveydelle haitallisia. Huonetilan ilmanlaadun kannalta on tärkeää, että huonetilaan virtaava korvausilma ei kulje alapohjan rakenteiden läpi.

Rakennuksessa todettiin ryömintätilan ilmanpaineen olevan huonetilojen ilmanpainetta suurempi. Lisäksi todettiin, että alapohjassa on epätiiviyttä läpivientejä. Helsingin taidemuseon konservointirakennuksessa työskentelevät eivät ole havainneet ryömintätilasta aiheutuneita hajuhaittoja, vaikka ryömintätilan ja huonetilan välisen ilmanpaine-eron vaikutuksesta huonetiloihin alapohjan epätiiviyiskohtien kautta kulkeutuu ryömintätilan ilman epäpuhtauksia. Tämä viittaa siihen, että rakennuksen huonetilojen ilman vaihtuvuus on hyvä. Rakennuksessa käytetään taideteosten konservoinnissa kemikaaleja, joista haihtuu erilaisia yhdisteitä huoneilmaan. Kemikaaleista huoneilmaan haihtuvien yhdisteiden haju peittää osittain ryömintätilasta kulkeutuvien yhdisteiden hajua.

Kuivan rakennuspaikan seurauksena ryömintätilan ilman maapohjan kosteustuotto ei nouse suureksi. Suosittelemme ryömintätilan ilmanvaihdon säilyttämistä ennallaan. Lisättäessä ryömintätilan tuuletusta muutetaan samalla ryömintätilan ilman ja erityisesti ryömintätilan rakenteiden paikallisia pintalämpötiloja. Tämä voi johtaa alapohjan rakenteen paikalliseen kastumiseen kosteuden tiivistymisen seurauksena.

Ryömintätilan ilman kosteuspuhtautta voidaan alentaa pienentämällä maapohjan kosteustuottoa. Ryömintätilan maapohjan kosteustuottoa voidaan pienentää muotoilemalla rakennuksen lounaispäädyn maan pinta siten, että pintavesiä ei valu sokkeliin päin. Kattovedet tulisi johtaa pois sokkelirakenteen vierestä.

Ryömintätilassa kosteustuottoa voidaan pienentää levittämällä hienojakoisen maapohja päälle salaojasepeli tai kevytsorakerros. Kerroksen paksuuden tulisi olla vähintään 150 mm ja rae-koon halkaisijaltaan 6-16 mm salaoja sepeliä käytettäessä. Ennen täyterroksen asentamista



on ryömintätilasta poistettava kaikki orgaaninen jäte. Hienojakoinen maa-aines ja uudet täytökerrokset tulee erottaa toisistaan suodatinkankaalla.

Ryömintätilasta ei saa olla ilmayhteyttä huonetiloihin. Ilmayhteys myös muihin käytössä oleviin kellaritiloihin on suositeltavaa katkaista rakentamalla kellari ja ryömintätilan välille kevyt kulkuaukolla varustettu väliseinä esimerkiksi kevytsoraharkoista. Tässä tapauksessa ryömintätilaan on järjestettävä toimiva ilmanvaihto.

## 6.2 Alapohja

Rakennuksen alapohjan läpivientien ja ulkoseinän ja lattian liittymän tiiviydessä havaittiin puutteita. Rakenteita peruskorjattaessa alapohjan rakenne on toteutettava niin, että alapohjan läpi kulkeutuvan ilmamäärä on mahdollisimman vähäinen.

Alapohjan läpiviennit ja lattian ja seinän välinen raja linja on tiivistettävä. Läpivientien tiivistystyö on toteutettava huonetilan puolelta, koska ilma virtaa paikoin alapohjan eristetilassa. Lisäksi ryömintätilan kautta ei ole pääsyä kaikkien huonetiloissa sijaitsevien alapohja läpivientien luokse. Yksittäisten läpivientien tiivistämisessä voidaan käyttää esimerkiksi polyuretaanivaahtoa tai polymeeripohjaista elastista massaa. Alapohja- ja seinärakenteen liitoskohdissa olevat ilmavuotokohdat voidaan tiivistää esimerkiksi elastisen saumamassan ja paisuvan tiivistysnauhan avulla.

Saatujen tietojen mukaan peruskorjauksen yhteydessä on tarkoitus uusia alapohjan kvartsivinyylilaatoitus. Kvartsivinyylilaatoitusta purettaessa on otettava huomioon, että sekä laatoitus ja sen kiinnitykseen käytetty bitumiliima saattavat sisältää asbestikuituja. Uuden lattiapinnoitteen alapuolisena levytyksenä on suositeltavaa käyttää pontattua levyä, jonka lämpö- ja kosteusmuodonmuutokset ovat pieniä (esim. Sasmox). Lattian pinnoitteena tulee käyttää materiaalia, jonka vesihöyryntiiviyys on suuri. Mahdollisia pinnoitteita ovat esimerkiksi kvartsivinyylilaatat sekä eräät muovimatot. Linoleummattoa ei tule asentaa levytyksen päälle. Mikäli halutaan käyttää linoleummattoa, on ponttilevytyksen pintaan levitettävä vesihöyrynvastukseltaan suuri epoksikerros.

## 6.3 Ilmanvaihto

Huoneilman olosuhteita hallitaan lämmitys-, jäähdytys-, kostutus- ja mahdollisesti kuivatusjärjestelmällä. Ilmanvaihdolla on oleellinen vaikutus myös sisäilmassa normaalisti esiintyvien mikrobin ja muiden epäpuhtauksien pitoisuuksiin. Helsingin taidemuseon konservointirakennukseen on suunniteltu laitteistoa, joka pitää huoneilman suhteellisen kosteuden  $50\pm 5\%$ :ssa ja lämpötilan  $22^{\circ}\text{C}$ :ssa. Konservointirakennuksen ilmanvaihtolaitteistoa suunniteltaessa on lämpötilan ja suhteellisen kosteuden lisäksi otettava huomioon työtiloissa käytettävistä kemikaaleista ja niiden käytöstä aiheutuvat emissiot. Ilmanvaihtoluvun on oltava työaikana tavanomaista suurempi. Kesällä huoneilmaa on kuivatettava ja talvella kostutettava. Lämpötilan säilyttämiseksi tiloja on kesällä jäähdytettävä ja talvella lämmitettävä.

Sisäilman hyvän laadun edellytyksenä on paine-eron oltava pieni ulko- ja sisäilman välillä, jolloin korvausilmaa virtaa rakenteiden epätiiviyiskohtien kautta mahdollisimman vähän. Paine-ero tulee olla pieni myös ryömintätilan ja huonetilan sekä ullakon ja huonetilan välillä. Huonetilan ilmanpaineen tulee olla kuitenkin pienempi kuin sitä rajoittavan vaipan ulkopuolella, koska muussa tapauksessa rakenteisiin voi tiivistyä kosteutta lämmityskauden aikana. Laskentatulosten mukaan ilmastoinnilla ja siihen liittyvällä sisäilman keinotekoisella kostutuksella on oletettua vähäisempi vaikutus alapohjarakenteen kosteustekniseen käyttäytymiseen. Tämä on seurausta lähinnä ilmastoinnin kesäaikaisesta kuivattavasta vaikutuksesta.



Laskennassa käytetty lähtötilanne vastaa alapohjan olosuhteita sen keskialueella. Reuna-alueella rakenteen lämpötila on lämmityskaudella keskialuetta kylmempi. Tämä lisää kosteusvaurioriskiä ja samalla tiiviysvaatimusta seinän ja lattian rajalinjalla. Alapohjan alapinnan betonilaatoituksen epätiiviyshkohdat lisäävät alapohjan lämmöneristeen kosteuskuormaa kesällä. Vaikutus on arviomme mukaan kuitenkin vain marginaalinen.

#### 6.4 Kellarin seinät

Kellaritilojen seinärakenteiden sisäpinnoilla havaitut pinnoitevauriot aiheutuvat pääosin maaperän kosteuden siirtymisestä seinärakenteisiin. Maapohjan huokosilman suhteellinen kosteus on yleensä lähellä 100 %. Laastit, tiili ja betoni ovat hygroskooppisia materiaaleja, jotka pyrkivät tasaantumaan samaan kosteuteen sitä ympäröivien olosuhteiden kanssa. Tämän seurauksena ryömintätilaa tai maata vastaan sijaitsevien tiili ja betonirakenteen huokosilman suhteellinen kosteus rakenteen sisällä on yleisesti 80-90%. Rakenteen lämmintä tilaa vasten sijaitsevalla pinnalla huokosilman suhteellinen kosteus on selvästi pienempi, jos sitä ei ole pinnoitettu huonosti vesihöyryä läpäisevällä pintakerroksella. Mikäli seinärakenteen pinta on pinnoitettu tiiviillä pinnoitteella voi seinärakenteen huokosilman suhteellinen kosteus olla lähellä 100 %.

Pinnoitemateriaalit vaurioituvat kosteuden aiheuttamien kemiallisten ja biologisten muutosten seurauksena, mutta myös nestemuodossa kulkeutuvan veden sisältämien suolojen kiteytyessä vesihöyryä läpäisevän pinnoitemateriaalin tartuntapinnalle. Kosteista pinnoitemateriaaleista voi lisäksi haihtua sisäilmaan erilaisia orgaanisia yhdisteitä, jotka voivat olla terveydelle haitallisia. Tiloissa, joissa oleskellaan vain satunnaisesti emissioiden merkitys on vähäinen. Kellarin seinäpinnoitteiden vauriot on yksinkertaisinta korjata poistamalla luonnonkivi ja tiilipinnoilta vanhat laasti- ja maalipinnoitteet. Kivipinnoille ei tarvitse uutta pinnoitetta asentaa.

Helsingissä 20.12.2002  
Insinööritoimisto Mikko Vahanen Oy

---

Ilkka Jerkku, DI

---

Jukka Huttunen, DI

#### LIITTEET

1. Valokuvaliite, 6 sivua
2. kerroksen pohjapiirustus, mittapisteiden sijainti
3. Wufi 3.3 Pro-ohjelman lähtöarvot
4. DOFLÄMPÖ 2.1-ohjelman lähtöarvot





*Kuva 1. Kellarin rapatun seinän vaurioita.*



*Kuva 2. Ryömintätilan maapohja on epätasainen. Ryömintätilassa on vähäinen määrä sinne kuulumatonta jätettä.*



*Kuva 3. Ryömintätilan maapohjanpintaa kertyneitä suoloja.*



*Kuva 4. Ryömintätilan kalliopainanteessa on vähäinen määrä vettä.*



*Kuva 5. Kellaritilaan virtasi korvausilmaa suuren venttiilin kautta. Ryömintätilassa tuuletusaukkoja ei havaittu.*



*Kuva 6. Kellaritilan poistoilma virtaa osittain avoimen hormin kautta katolle.*



*Kuva 7. Maan pinta rakennuksen lounaispäädyssä viettää rakennukseen päin. Maan pinta sijaitsee lattian yläpinnan tasossa.*



*Kuva 8. Kattovedet johdetaan sokkelirakenteen viereen.*



*Kuva 9. Alapohjan alapinta muodostuu erillisistä betonilaatoista. Laataston yläpintaan on tehty bitumisively.*



*Kuva 10. Alapohjan lastulevyn ja ponttilaudan välissä on tasoitekerros, jonka vuoksi puurakenteet ovat tummuneet.*



*Kuva 11. Alapohjan lämmöneristeenä on turvetta. Turpeen päälle on levitetty sementtijätettä ja hiekkaa. Puurakenteet olivat avauskohdassa hyvässä kunnossa*



*Kuva 12. Alapohjan betonilaatan päällä on paikoin bitumikermi ja paikoin bitumisively.*