
TERVEYSHAITAN ETSINTÄ

Terveyshaitan etsintä pientalossa

Pasi Kanerva

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Pasi Kanerva	
Työn nimi Terveyshaitan etsintä pientalossa	
Päiväys 2.4.2011	Sivumäärä/Liitteet 55/47
Ohjaaja(t) Päätoiminen tuntiopettaja, insinööri Antti Kolari	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yksityishenkilöt Minna ja Pekka	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä raportissa tutkittiin Vantaalle vuonna 1999 valmistunutta pientaloa. Talo on talotehtaan toimituksessa pystytetty niin sanotusti vesikattovalmiiksi. Asukkaat Minna ja Pekka ovat rakennuttaneet talon ja asuneet siinä sen valmistumisesta lähtien. Perheelle on sittemmin tullut terveysongelmia. Myöhemmin on herännyt epäily, että jokin, mahdollisesti talon vika, aiheuttaisi terveysongelmat. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia taloa eri menetelmillä mahdollisen vian löytämiseksi. Tarkoituksena oli analysoida aiemmin tehtyjä tutkimuksia, sekä määrittellä, mitä uusia tutkimuksia tehdään. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää tai sulkea pois sellainen talossa oleva mahdollinen vika, joka aiheuttaisi ongelmat.</p> <p>Tutkimusohjelma sisälsi lähtötietojen hankinnan, kohteen rakenteiden ja käyttötapojen selvitykset, vaurioriskiarvioinnin ja mittausohjelman. Mittausohjelma laaditaan lähtötietojen ja riskiarvion perusteella siten, että riittävällä varmuudella voitaisiin todeta vaurioiden syyt ja laajuus. Tutkimusohjelman laatimisessa noudatettiin Ympäristöministeriön ympäristöoppaan 28 periaatteita.</p> <p>Rakennuksen vikojen syy-yhteys terveysongelmiin on vaikeata todistaa aukottomasti. Vaikka kaikki löytyneet viat korjattaisiin, ei terveysongelma välttämättä katoa. Todellinen vika on voinut jäädä havaitsematta ja se aiheuttaa myöhemminkin ongelmia. Toisaalta, kuten tässä tapauksessa, löydettiin vikoja ja laboratoriossa todistettuja mikrobikasvustoja sellaisista paikoista, joissa niitä ei normaalisti pitäisi olla. Voidaan olettaa että löydetyt vauriot eivät voi olla vaikuttamatta rakennuksen terveellisyyteen.</p> <p>Asukkaiden terveydentilan tehostettu seuraaminen vastaisuudessaakin on tärkeää. Vain siten voidaan saada lisätietoja korjauksen vaikutuksista asukkaiden terveydentilaan. Tutkimuksen johtopäätöksenä esiteltiin tarpeelliseksi katsotut rakennuksen korjaus- ja muutostyöt.</p>	
Avainsanat terveyshaitta, sisäilma, home, kosteusvahinko, rakennuksenilmantiiviys	
julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Mr. Pasi Kanerva			
Title of Thesis Ill-Health Troubleshooting in a Family house			
Date	April 2, 2011	Pages/Appendices	55/47
Supervisor(s) Lecturer, Engineer Mr. Antti Kolari			
Project/Partners Private persons			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final project was to examine an eleven year old town house. The family living in the house suffered from health problems and it was suspected that the house itself could be the reason for these problems. The purpose was to find possible fault or failure in the house and to find, or to rule out any possible defects which could possibly be the reason for health problems mentioned earlier.</p> <p>The building plans, structures and the use of the house were studied taking into consideration earlier examination and risk assessment. This way the cause and the extent of the possible fault can be determined with sufficient certainty. It is difficult to prove a link between defects and health problems in this study. Furthermore, health problems may continue if the real problem has not been detected.</p> <p>As a result of this project some defects were discovered and it can be assumed that the discovered defects did affect the health of the residents. It is important to continue monitoring the house and the health of its residents. This is the only way to get information about the possible effects of the corrections. As a conclusion, certain reparation work was suggested.</p>			
Keywords indoor air, microbe, moisture damage, air tightness			
public			

ALKUSANAT

Aloitin insinööriopintoni 38 vuoden ikäisenä. Ensimmäisenä päivänäni Kuopiossa, nuorempi poikani oli 20 päivän ikäinen. Opinnot ovat vieneet neljänä kuluneena vuotena kaiken vapaa-aikani. Ystävien, saati sukulaisten luona ei ole tullut käytyä. Haluan kiittää opiskeluajastani ensisijaisesti perhettäni, avovaimoani Minnaa ja poikiani. Opintoihin käytetty aika on ollut pois ajasta, joka olisi kuulunut heille.

Kiitän Savonia ammattikorkeakoulun opettajia laadukkaaksi pitämästäni opetuksesta. Opettajien, varsinkin opinnäytetyön ohjaajani insinööri Antti Kolarin kannustava ja joustava asenne aikuisopiskelijoita kohtaan, ovat nähdäkseni edellytys oppilaan selviytyä työn ja perheen ohella käytävästä insinöörin koulutuksesta.

Haluan kiittää yksityishenkilöitä Minnaa ja Pekkaa, jotka luottivat ja uskoivat kykyyni ja taitooni arvioida heidän kodin kuntoa ja antoivat minun määrittellä korjaustoimenpiteitä joita sille piti tehdä.

Kiitän Risto Nikulaista ja Mika Karttusta teknisestä asiantuntija-avusta, jota olen heiltä saanut tämän raportin kohteena olevan rakennuksen tutkimisessa ja sisäilmaan liittyvien ongelmien ymmärtämisessä.

Eryteisesti haluan kiittää opettajaani insinööri Kimmo Anttosta. Hänen osoittama kannustus ja henkinen tuki, tekivät opinnäytetyöni tekemisestä helpompaa.

Pornaisissa 8.4.2011



Pasi Kanerva

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Elinympäristön merkitys ihmiselle	8
1.2	Tutkimuksen tarkoitus ja tehtävät	8
2	TERVEYSHAITAN ETSINTÄ - TUTKIMUSOHJELMA	10
2.1	Tutkimusohjelman laatiminen ja olennaisimmat käsitteet	10
2.2	Tutkimuksen lähtötiedot	12
2.2.1	Tunnettu äkillinen kosteusrasitus tai kosteus- tai homevaurio	13
2.2.2	Homehaittaan viittaava oireilu	14
2.2.3	Rakennuksen kuntotutkimus	14
2.2.4	Myrkyllisyystutkimus	15
2.2.5	Homekoiratutkimus	16
2.2.6	Asukkaiden haastattelu	17
2.2.7	Rakentajien ja suunnittelijoiden haastattelu	18
2.2.8	Rakenneratkaisut	19
2.2.9	Riskirakenteet tutkittavassa talossa	19
2.2.10	Rakennuspaikan maasto ja muu ympäristö	21
2.2.11	Rakennuspaikan puusto	22
2.3	Rakennuksen vikojen riskiarvio	22
2.3.1	Riskiarvio rakennuksesta asiakirjojen avulla	22
2.3.2	Riskiarvio rakennuksesta aistinvaraisten tarkastusten avulla	23
3	RAKENNUKSEN TUTKIMINEN	25
3.1	Silmämääräinen tutkimus	25
3.2	Kosteuden esiintyminen rakenteissa	33
3.3	Ilmanvaihdon toimivuus	33
3.4	Rakenneavaukset	35
3.5	Mikrobitutkimukset	42
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
4.1	Rakennuksen merkittävimmät puutteet ja virheet	46
4.2	Sisäilman saastumisen mekanismi	47
5	KORJausehdotus	48
6	POHDINTA	50
6.1	Tutkimuksen tulokset	50
6.2	Rakennusselostukset ja -suunnitelmat tulevaisuudessa	51
6.3	Tämän työn arviointi	52
	LÄHTEET	53

LIITTEET

- Liite 1 Alakerran pohjapiirustus ilmanvaihtokanavineen
- Liite 2 Yläkerran pohjapiirustus ilmanvaihtokanavineen
- Liite 3 Rakennuksen pystyleikkaus A-A
- Liite 4 Rakennedetalji SPR-A17
- Liite 5 Myrkyllisyystutkimus 22.1.2010, Inspector Sec Oy
- Liite 6 Myrkyllisyystutkimus 25.2.2010, Inspector Sec Oy
- Liite 7 Testausseloste 4.3.2010, Metropolilab
- Liite 8 Asiantuntijalausunto 8.4.2010, Raksystems Insinööritoimisto Oy
- Liite 9 Homekoiraraportti 19.4.2010, Heomekoira Team Oy
- Liite 10 Ilmamäärämittaus 26.5.2010, Suomen Talokeskus Oy
- Liite 11 Tutkimusseloste 20.7.2010, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
- Liite 12 Talotehtaan reklamaatiokatselmus 2.9.2010
- Liite 13 Lausunto rakenteen kosteusteknisestä toimivuudesta 1.12.2004, VTT

1 JOHDANTO

Yksityishenkilöillä, Minna ja Pekka, on Vantaalla vuonna 1999 valmistunut talotehtaan valmistama pientalo. Talo on koottu pienelementeistä ja se on talotehtaan toimituksessa pystytetty niin sanotusti vesikattovalmiiksi. (Liite 12) Sisävalmistusvaiheet ovat kuuluneet tilaajalle. Sisätyöt on tehnyt loppuun eri urakoitsijat ja tilaaja itse.

Tämän tutkimustyön tilanneet yksityishenkilöt, Minna ja Pekka, ovat rakennuttaneet talon ja asuneet siinä sen valmistumisesta lähtien. Perheelle on sittemmin tullut terveysongelmia. Terveysongelmien syitä on tutkittu lääketieteellisin keinoin. Myöhemmin on herännyt epäily, että jokin mahdollisesti talon vika aiheuttaisi terveysongelmat.

1.1 Elinympäristön merkitys ihmiselle

Ihminen viettää omassa kodissaan noin puolet kaikesta ajastaan. Yksi kolmannes menee nukkumiseen, yksi kolmannes työssäkäyntiin ja yksi kolmannes siirtymisiin, ostoksiin, ruuanlaittoon, seurusteluun ja muuhun oheistoimintaan. Ihminen on aina ympäristönsä suorassa vaikutuksessa. Epäedulliset elinolot aiheuttavat terveyshaittoja. Sillä millaisessa ympäristössä elämme, on merkitystä.

1.2 Tutkimuksen tarkoitus ja tehtävät

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia taloa eri menetelmillä mahdollisen terveyshaittoja aiheuttavan vian tai vikojen löytämiseksi. Kun tätä työtä aloitettiin, oli rakennusta jo tutkittu. Tarkoituksena on analysoida aiemmin tehtyjä tutkimuksia, sekä määrittellä mitä uusia tutkimuksia tehdään. Tutkimuksen tavoitteena on löytää tai sulkea pois sellainen mahdollinen vika talossa, joka aiheuttaisi ongelmat.

Tutkimuksen johtopäätöksenä on tavoite esitellä rakennuksen mahdollisesti vaatimat korjaus- ja muutostyöt, joilla varmistetaan terveellinen asuminen tässä nimenomaisessa talossa. Työn tuloksia ja laadittavaa raporttia voidaan käyttää apuna muiden vastaavien rakennusten terveydellisyden arvioinnissa. Työn tuloksista voidaan saada myös tietoa erilaisten rakenne- ja materiaaliratkaisujen käyttäytymisestä tämän ajan rakentamisessa.

Työ on tarkoitus tehdä siten, että perehdytään tämän nimenomaisen talon eri rakeneosien valmistustapaan ja siihen miten ne eroavat suunnitellusta. Rakennuksen toteutuksen yksityiskohtia verrataan, siihen mitä yhtäläisyyksiä niissä on aiemmin kirjallisuudessa dokumentoitujen, terveysongelmia aiheuttavien rakenneratkaisuiden kanssa.

Tärkeimmät tutkimukset, joita tulee tehtäväksi, ovat ilmanvaihdon toimivuuden ja rakennuksen ilmatiiveyden toteaminen erilaisilla mittauksilla, sekä mahdollisten haitallisten mikrobikasvustojen todentaminen materiaalinäytteistä laboratoriotutkimuksin. Materiaalitutkimukset tehdään erilaisin rakenneavauksin.

2 TERVEYSHAITAN ETSINTÄ - TUTKIMUSOHJELMA

2.1 Tutkimusohjelman laatiminen ja olennaisimmat käsitteet

Tutkimusohjelman laatimisessa noudatetaan Ympäristöministeriön ympäristöoppaan 28, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus periaatteita.

Tutkimusohjelma sisältää lähtötietojen hankinnan, kohteen rakenteiden ja käyttötapojen selvitykset, vaurioriskiarvioinnin ja mittausohjelman. Mittausohjelma laaditaan lähtötietojen ja riskiarvion perusteella siten, että riittävällä varmuudella voidaan todeta vaurioiden syyt ja laajuus. Tutkimus ajoitetaan siten, että osa tutkimuksesta tehdään korjaussuunnittelun ja korjaustyöhön liittyvän purkutyön yhteydessä. Tämä on perusteltua muun muassa silloin kun vaurion syyn selvittäminen edellyttää rakenteiden laajamittaista avaamista. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 10.)

Terveyshaitta

Terveydensuojelulain (L763/94) 1§:ssä terveyshaitalla tarkoitetaan esimerkiksi asuinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuva sairautta tai sairauden oiretta. Lain tarkoittamana terveyshaittana pidetään myös altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireen ilmeneminen on mahdollista. (Asumisterveysopas 2009, 10.)

Rakennuksen terveysongelmista puhuttaessa puhutaan yleensä vain sisäilma ongelmista. Terveydensuojelulain 26§ mukaan asunnon ja muun sisätilan sisäilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa oleskeleville terveyshaittaa. Muidenkin kuin pelkästään sisäilman arvioidaan siis vaikuttavan asunnossa oleilevien terveyteen. (Asumisterveysopas 2009, 9.)

Kosteus- ja homevaurioista johtuvat rakennusten sisäilmaongelmat aiheuttavat merkittäviä terveydellisiä haittoja ja suuria kansantaloudellisia kustannuksia. Ongelma koskee kaikkia rakennustyyppisiä ja suurta osaa rakennuskantaa. Kosteus- ja homeongelmien väheneminen vähentää samassa suhteessa niiden sosiaali- ja terveyssektorille aiheuttamia kustannuksia. Näiden ongelmien sosiaali- ja terveyssektorille aiheuttamat suorat vuosittaiset kulut ovat arvioiden mukaan yli 200 miljoonaa euroa. Huonon sisäilmaston aiheuttamiksi kustannuksiksi koko yhteiskunnassa on arvioitu n. 3 miljardia euroa vuodessa. (Valtioneuvoston periaatepäätös toimenpiteistä rakennusten kosteusvaurioiden ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseksi 12.5.2010.)

Rakennusten terveellisyys on merkittävä taloudellinen asia kansantaloudessa. Panostamalla rakennusten korjaamiseen, sekä terveellisempien rakennusten suunnitteluun ja rakentamiseen voidaan saavuttaa huomattavia taloudellisia säästöjä

Terveellinen sisäilmasto edellyttää viihtyisiä huonelämpötiloja ja ääniolosuhteita. Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja. Sisäilman kosteus ei myöskään saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita, mikrobin tai pieneliöiden kasvua tai muuta terveydellistä haittaa. (Ympäristöministeriö. 28.7.2008.)

Epäselviä terveysoireita tutkittaessa tutkitaan usein myös esimerkiksi lasten kouluoloja. Tässä työssä ei arvioida mitään lääketieteellisiä, eikä rakennuksesta johtumattomia terveyshaittoja. Työn nimien mukaisesti keskitytään rakennuksen mahdollisen vaikutuksen löytämiseen.

Rakennuksen käyttäjille terveyshaittoja voi tulla muustakin kuin rakennuksen suoranaista vioista. Esimerkiksi läheisen liikenteen melu, ilmansaasteet tai muut rakennuksesta riippumattomat tekijät voivat aiheuttaa ihmisille terveyshaittoja. Tässä raportissa keskitytään vain itse rakennuksen tekniseen tutkimiseen.

Rakentamismääräykset

Maankäyttö- ja rakennuslakia (L32/1999) täydentävässä rakentamismääräyskokoelmassa on rakentamista koskevia sitovia määräyksiä, jotka ovat velvoittavia sekä ohjeita, jotka eivät ole velvoittavia. Rakentamismääräyskokoelman määräyksiä sovelletaan rakennuksen muutos- ja korjaustöissä soveltuvin osin sen mukaan kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen aiottu käyttötapa vaativat. Asumisterveysohje ja rakentamismääräyskokoelman määräykset eivät ole ristiriidassa keskenään. Rakennus, joka täyttää rakentamismääräyskokoelman vaatimukset, on yleensä aina myös terveydensuojelulain terveydelliset vaatimukset täyttävä. (Asumisterveysopas 2009, 10.)

Rakennusten kosteudenhallinnan ymmärtäminen kehittyi jatkuvasti. Pyykinpesun ja peseytymistilojen tuominen asuinrakennuksen sisään on lisännyt rakennusten kosteuskuormaa huomattavasti. Kehitys on tapahtunut 1900 luvun jälkipuolella. Vielä sotien jälkeen oli normaalia, että peseytymistilat sijaitsivat erillisessä rakennuksessa. Ihmisten vaatimustaso mukavuudessa on tuonut rakennuksiin muitakin merkittäviä muutoksia. Vaatimukset sisäilman laadulle tiukkenevat koko ajan. Samaan aikaan

vaatimukset energiankulutuksesta ja lämpöenergian kierrättämisestä rakennuksen lämmittämiseen ovat kiristyneet. Energiankulutuksen vaatimukset ovat tuoneet rakennuksiin koneellisesti hallitun ilmanvaihdon.

Olennaisimmat käsitteet

Diffuusio

Kosteuden siirtyminen diffuusiolla perustuu ilmassa olevien vesimolekyylien keskinäisiin törmäyksiin, jonka vaikutuksesta vesihöyryn pitoisuuserot, osapaineet pyrkivät tasaantumaan. Kosteus siirtyy suuremmasta vesihöyryn osapaineesta tai vesihöyryn pitoisuudesta pienempään päin. Sisäilman vesihöyryn osapaine on yleensä suurempi kuin ulkoilman vesihöyryn osapaine, joten diffuusio siirtää sisäilman kosteutta sisältä ulos. Talvella diffuusion merkitys on suurempi kuin kesällä, koska sisä- ja ulkoilman välinen vesihöyryn osapaine-ero on suurempi. Kesällä kosteus siirtyy diffuusiolla ulkoa rakenteen sisälle sekä höyrynsulullisessa että höyrynsuluttomassa seinässä. Kesällä seinärakenteiden kosteusteknisen käyttäytymisen välillä ei ole yhtä paljoa eroa kuin talvella. Talvella vesihöyry siirtyy ulospäin. Höyrynsulullisessa seinässä sisään ja ulos siirtyvän kosteuden määrä on suurin piirtein tasapainossa, kun taas höyrynsuluttomassa seinässä sisältä ulos siirtyvä kosteus on moninkertainen ulkoa sisälle siirtyvään kosteuteen verrattuna. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 55.)

Kosteuskonvektio

Kosteuskonvektiolla tarkoitetaan kosteuden siirtymistä ilmavirran mukana. Kosteuskonvektion aiheuttamaa kosteusvaurioriskiä arvioidaan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden avulla. Kosteuskonvektiolla on rakennetta kuivattava vaikutus, kun ilmassa on kyllästysvajautta tai ilma lämpenee virratessaan rakenteen läpi. Kosteusvaurion kannalta kosteuskonvektio muuttuu kriittiseksi ja rakenne kastuu, kun ilma jäähtyy virratessaan rakenteen läpi. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 56.)

2.2 Tutkimuksen lähtötiedot

Lähtötietoja ovat kaikki ne tiedot, jotka ovat minkä tahansa vaurion syyn ja laajuuden arvioinnin ja selvittämisen kannalta oleellisia. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 13). Lähtötietoja ovat ainakin kohteen asiakirjat, suunnitelmat, asukaskyselyt, sekä rakentajien- ja suunnittelijoiden haastattelut. Lähtötietoja ovat myös ennen tätä tutkimusta tehdyt muut tutkimukset tai näytteenotot.

Rakennuksen kuvaus

Talo on puolitoistakerroksinen ja siinä on alapohjana maanvarainen betonilaatta jossa sijaitsee lattialämmitysputkisto. Betonilaatan päällä, pintamateriaalina on lautaparketti. Ulkoseinät ovat puisia pienenlementtejä jotka on toteutettu uumapilareilla. Pilarin uuma on kovalevyistä. Ulkoverhouksena on maalattu puolipaneeli, joka on asennettu pystyyn (liite 12). Väliseinät ovat puurunkoiset ja kipsilevy-pintaiset ja niiden pintamateriaalina on maali. Saunaosaston väliseinät ovat muurattua Kahi-tiiltä. Kodinhoitohuoneessa muurattu seinä on maalattu ja suihkuhuoneessa laatoitettu. Kodinhoitohuoneen lattia on laatoitettu ja tiedon mukaan siinä ei ole vesieristettä. Suihkuhuoneen ulkoseinän vastainen seinä on muurattu Kahi-tiilestä. Suihkuhuoneen katto on paneloitu. Sauna on paneloitu seiniltä ja katosta. Suihkuhuoneessa ja saunassa on yhtenäinen lattialaatoitus. Talon välipohja on uumapalkista ja alakerran katto on kuviointua lastulevyrunkoista paneelia. Yläkerran lattia on 28 mm paksua lautaparkettia, joka on kiinnitetty uumapalkkien päälle ristiin asennettuun koolaukseen mihin on edelleen asennettu lattialämmitysputkiston lämmönsiirtolevyt. Yläkerran seinät on maalattua kipsilevyä. Katon ja seinän välissä on puolitoistakerroksiselle talolle tyypilliset, vinot osuudet jotka on katon tapaan samanlaisesta lastulevyrunkoisesta paneelistä kuin alakerrassa.

Rakennuksen yhteydessä on erillinen tekninen tila, jonne on erillinen käynti ulkoa. Teknisessä tilassa on talon lämmönjakokeskus. Talo on kytketty kaukolämpöverkkoon. Teknisessä tilassa on lisäksi vesimittari ja koko rakennuksen ilmanvaihtokone. Teknisellä tilalla ei ole ollut omaa ilmanvaihtoa.

2.2.1 Tunnettu äkillinen kosteusrasitus tai kosteus- tai homevaurio

Tunnettu äkillinen kosteusrasitus voi olla esimerkiksi putkivuoto, tulva tai sammutusvesi. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997. 15.) Tässä kohteessa ei ollut tunnettuja kosteusrasituksia. Tiedossa ei ollut myöskään sisätiloja koskevaa kosteus- tai homevaurioita. Tiedossa on että vesikatteen virheellinen toteutus on aiheuttanut näkyviä vaurioita räystäslaudoissa.

2.2.2 Homehaittaan viittaava oireilu

Rakennuksessa ei välttämättä esiinny näkyvää vikaa vaikka se aiheuttaisikin terveysongelmia. Rakennuksen terveellisyyden tutkimisen aloittaminen voi olla tarpeen silloin kun rakennuksen käyttäjillä on sellaisia oireita, jotka saattavat olla peräisin esimerkiksi rakennuksessa olevasta mikrobivauriosta.

Altistuksesta johtuvia yleisimpiä terveyshaittoja ovat silmien ja hengitysteiden ärsytysoireet, yleisoireet ja infektiosairauksien lisääntyminen. Harvinaisempia terveyshaittoja ovat allergiasairaudet, soluvälitteinen yliherkkyys, alveoliitti ja ODTS-oireyhtymä (organic dust toxic syndrome) eli homepölykeuhko. Oireille tyypillistä on, että ne lieventyvät muualla oltaessa. (THL 2008.)

Rakennuksen aiheuttamat oireet ihmisissä voivat olla erittäin moninaisia. Oireita ei välttämättä osata heti yhdistää rakennuksen sisäilman tai ihmisen muun ympäristön aiheuttamiin ongelmiin.

Sienten ja niiden toksiinien infektiosairastavuutta lisäävät ominaisuudet tunnetaan puutteellisesti. Monet tekijät kuten itiöt, pölypunkit ja homeiden aineenvaihduntatuotteet vaikuttavat samansuuntaisesti hengitysteiden limakalvoihin aiheuttaen limakalvojen ärsytystä ja turvotusta, solutasen tulehdusreaktioita sekä limanerityksen lisääntymistä, jossa tautia aiheuttavat bakteerit ja virukset pääsevät lisääntymään. Todennäköisesti sairauden puhkeaminen on seurausta useamman tekijän yhteisvaikutuksesta. (THL 2008.)

Perheen jäsenillä oli havaittu oireita, muun muassa väsymystä. Oireiden oli havaittu lievenevän muualla ollessa. Rakennusta ryhdyttiin tutkimaan nimenomaan homehaittaan viittaavan oireilun takia.

2.2.3 Rakennuksen kuntotutkimus

Rakennukseen oli tehty kuntotutkimus 9.3.2011. Tutkimuksen tarkoituksena oli ollut tarkastaa huoneisto kosteudentunnistimella ja aistinvaraisesti, kosteusvaurioihin ja sisäilman laatuun vaikuttavien tekijöiden osalta, sekä selvittää parketin alapuolisen askeläänieristeen kunto materiaalin mikrobinäytteellä. Tutkimuksen oli tehnyt ja siitä on antanut asiantuntijalausannon Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy Antti Heimlander, insinööri.

Tutkimuksessa ei löytynyt haitallista kosteutta, eikä mikrobikasvustoa. Tutkimuksen yhteydessä otetut näytteet on analysoinut Espoolainen Ositum Oy, analyysivastaus 853710 (liite 8.)

Rakennuksen ensimmäisen kerroksen oli havaittu merkkisavulla tarkasteltuna olevan ulkoilmaan nähden alipaineinen ja toisen kerroksen oli havaittu olevan ulkoilmaan nähden ylipaineinen. Suosituksena oli rakennuksen paine-erojen tarkempaa mittaamista paine-eromittauksin. (Liite 8.)

Alapohjan läpivientien tiivistyksissä oli havaittu puutteita vaatehuoneessa ja teknisessä tilassa. Alapohjan epätiivien läpivientien kautta voi sisäilmaan päästä epäpuhtauksia esimerkiksi alapohjan alapuolisista täytöistä. Suosituksena oli läpivientien tiivistämistä ilmatiiviiksi. (Liite 8.)

2.2.4 Myrkyllisyystutkimus

Talon omistajat ovat teettäneet asunnon sisätiloista myrkyllisyystutkimuksia. Myrkyllisyystutkimuksissa on selvitetty analysoimalla huoneistosta kerättyjä pölynäytteitä. Myrkyllisyystutkimuksen tarkoituksena on todentaa mikrobiperäisten solutoksisten kemiallisten yhdisteiden läsnäolo. Näytteet on analysoinut Inspector Sec Oy. (Liite 6.)

Toksisuusrajat (Liite 6)

Näytteen myrkyllisyyttä arvioidaan myrkyllisyysmittauksen avulla. Mittaus on solutoksikologinen koe, joka perustuu EC_{50} -arvon määrittämiseen. EC_{50} (*half maximal effective concentration*) tarkoittaa pölystä uutetun liuoksen pitoisuutta, joka vaurioittaa puolta altistetuista nisäkässoluista. Lausunnossa ilmoitetaan, mihin pitoisuushaarukkaan tulos osui. Tulokinnassa on otettava huomioon, että mitä vähemmän uutetta ($\mu\text{g/ml}$) tarvitaan solujen vaurioittamiseen, sitä myrkyllisemmästä näytteestä on kysymys.

Myrkyllisyystutkimuksen näytteet (liite 6)

Näytteitä on otettu ensimmäisen kerran 12.1.2010. Näytteet oli kerätty keittiöstä kylmälaitteen jäädytyskennolta ja kaapiston päältä; olohuoneesta sähkölaitteen tuuletusritilältä ja takan päältä; makuuhuoneesta 1 kaapiston päältä; sähkölaitteen tuule-

tusritilältä ja kattovalaisimen päältä; makuuhuoneesta 2 kaapiston päältä ja sähkölaitteen tuuletusritilältä; muista huoneista kaapiston päältä ja sähkölaitteen tuuletusritilältä.

Näytteen toksisuus EC₅₀-testissä (3 vrk) osui välille 25 - 12,5 µg/ml. Tulosten mukaan sisäilma on tai on ollut solumyrkyllistä.

Toinen näytteenotto on tehty 5.2.2010 ja siinä on otettu näytteitä seuraavasti: Näyte 1 on otettu makuuhuoneen 1 hyllyjen- ja ovilistojen päältä, sekä lipaston ja yöpöytien pinnalta. Näyte 2 on otettu makuuhuoneesta 2 kaapin päältä, sekä hyllyköstä ja pöydältä. Näyte 3 on otettu makuuhuoneesta 3 kaapin päältä sekä hyllyköstä ja pöydältä. Näyte 4 oli materiaalinäyte (lasivillaa), joka on kerätty välikatolta.

Näytteen 1-3 toksisuus EC₅₀-testissä (3 vrk) osui välille 25 - 12,5 µg/ml. Tulosten mukaan sisäilma on tai on ollut solumyrkyllistä. Terveysoireita aiheuttavan altistumisen mahdollisuutta ei voida sulkea pois oleskellessa näissä tiloissa pitkäaikaisesti. Näyte 4 toksisuus osui välille 50 - 25 µg/ml

Näytteistä tehtyjen tutkimuksen perusteella Salin Risto (liite 6), oli siis todennut rakennuksen sisäilman olevan tai olleen solumyrkyllistä.

2.2.5 Homekoiratutkimus

Rakennuksen on tutkinut myös niin sanottu homekoira. Koulutettu koira tutkii hajuaistinsa avulla, onko rakennuksessa ei-toivottuja hajuja, eli mikrobien aineenvaihduntatuotteita. Koira on koulutettu näyttämään ohjaajalleen kohdat, joissa hajuja esiintyy. Koiran ohjaaja tekee löydöistä muistiinpanoja ja laatii niiden pohjalta raportin.

Koiran ilmoittamat paikat perustuvat koiran tutkimushetkellä vainuamiin, ihmisille haitallisten homeiden / sädesienen ilmaan vapauttamiin, toksiineihin ja/tai aineenvaihduntakaasuihin. Koirat ilmoittavat paikan, mistä hajut tulevat huoneilmaan. Koirat eivät pysty ilmoittamaan homeen tarkkaa alkuperää, ei sen laajuutta eikä vakavuutta. Koirien näyttämät kasvustot voivat olla kosteita tai täysin kuivia. (Liite 9.)

Koiran merkitsemät kohdat viittasivat välipohjaan yläkerran WC:n alapuolella, ulkoseinän alajuoksuun saunaosaston kohdalla, sekä hormin läpivientiin yläpohjassa.

2.2.6 Asukkaiden haastattelu

Asukkaiden ja huoltohenkilökunnan haastattelu, on tärkeä tiedonlähde, kun muodostetaan yleiskuva rakennuksen mahdollisista ongelmista ja vaurioista.

Ennen riskiarviota kootaan asukkaiden, käyttäjien ja huoltohenkilökunnan tiedot rakennuksen kosteus- ja homevaurioihin viittaavista ongelmista. Tietojen avulla muodostetaan yleiskuva rakennuksen ongelmista ja vaurioista. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 13.)

Tässä kohteessa ei ole muita haastateltavia kuin talossa asuva perhe. Perhe on rakennuttanut talon ja osallistunut myös itse sen rakentamiseen. Perhe on asunut talossa ja huoltanut sitä sen valmistumisesta lähtien. Asukashaastattelussa ei tullut esille tapahtuneita vesivahinkoja. Myöskään poikkeuksellisten sääolosuhteiden ei ole havaittu aiheuttavan mitään poikkeavaa. Tiilikaton oli havaittu rakennetun virheellisesti jatkettun kattolapteen ja varsinaisen räystään liitoksessa. Varsinaiselta katolta pääsee valumaan vettä jatkettun räystään sisään yhtä kattotiilen aaltoprofiilin pohjaa pitkin.

Käyttötottumusten voitiin arvioida haastattelun perusteella olleen normaaleita. Tiloja siivottiin säännöllisesti. Siivouksessa oli käytetty usein myös ammoniakkipohjaisia desinfiioivia pesuaineita. Kodinhoituhuoneessa on käytössä kuivauskaappi. Kuivauskaappia on käytetty päivittäin. Kuivauskaapin poistoilma on johdettu kaapiston yläpuolelle rakennettuun koteloon, jonka sisällä on yksi poistoilmaventtiili. Kotelossa on ilmareikiä kodinhoituhuoneen ilmatilaan.

Rakennuksen huoltotoimenpiteiden arvioidaan olleen haastattelun perusteella tavanomaisia. Rakennuksen teknisten järjestelmien toimivuutta on tarkkailtu säännöllisesti. Ilmanvaihtokanavat oli nuohottu kertaalleen. Sadevesijärjestelmän toimintaa on tarkkailtu. Yläpohjan ja vesikaton välisen kylmän tilan ilmasto oli asukkaiden mukaan tarkkailtu käymällä ylätilassa. Teknisessä tilassa on normaali lattiakaivo. Lattiakaivon hajulukon oli havaittu talvella 2010 kuivuneen. Kuivuneesta kaivosta on voinut päästä viemärikaasuja tekniseen tilaan. Alkuperäisessä toteutuksessa tekniseen tilaan ei ole tehty ilmanvaihtoa. Tekniseen tilaan on rakennettu vasta myöhemmin painovoimainen ilmanvaihto.

Parvekkeen alakattoon oli myöhemmin tehty kulkuaukko, rakennuksen ylätilaan pääsemiseksi. Aukkoa ei alun pitäen ollut suunnitelmissa. Kulkuaukon rakentamisen yhteydessä päätyseinään oli tehty suurempi tuuletusaukko, johon oli asennettu verkko estämään jrsijöiden sisäänpääsy. Rakennuksessa oli tehty oravahavaintoja ennen kuin pihamaan puustoa karsittiin. Oravat olivat tehneet yläpohjaan pesän, päämaakuuhuoneen yläpuolelle, lähelle savupiippua. Pesä oli aiheuttanut hajuhaittoja. Pesä oli poistettu alakatta alakatto purkamalla. Samalla oli vaihdettu tuhoutuneita lämpöeristeitä.

Varsinaisia peruskorjauksia ei ollut tehty. Yläkertaan johtavan portaan tilaan oli asennettu lämpöpumppu. Lämpöpumpun lauhdutin sijaitsee ulkoseinässä portaan kohdalla, lähellä ulkoverhouksen alareunaa. Laitteen putkistot ja sähköjohdot on viety seinän läpi tehdystä reiästä. Lämpöpumppu on myös jäähdyttävä. Pumppua on käytetty kesäisin rakennuksen jäähdyttämiseen. Pumpun kondenssivesiputkissa ei ole havaittu vuotoja.

Tilojen jäähdyttäminen ei yleensä aiheuta olennaista riskiä kosteusvirran siirtymiselle ulommista osista sisälle päin. (Hyvärinen & Ojanen 2008.)

Yhdellä perheen jäsenistä oli ollut epäselviä terveysongelmia. Asiaa oli tutkittu laajasti terveydenhuollon keinoin. Toisella lapsista oli sittemmin havaittu epätavallista väsymistä. Asiassa oli selvitetty lasten kehittymiseen liittyviä henkisiä asioita muun muassa kouluoloja. Näiden oireiden selvittämisen osana oli alun pitäen ryhdytty tutkimaan rakennuksen mahdollisia vikoja.

2.2.7 Rakentajien ja suunnittelijoiden haastattelu

Tutkittavana oleva rakennuksessa on kaksi kerroksinen ja puurunkoinen. Rakennuksen runko sisä- ja ulkoverhouksineen, sekä vesikatto on talotehtaan toimitusta. Rakennus on rakennettu loppuun niin sanottuna projektinjohtona. Rakennuttajaperhe on käyttänyt sisä- ja viimeistelytyöissä eri urakoitsijoita ja tehnyt myös joitakin töitä itse.

Perhe oli ollut räystäissä havaituista lahoamisongelmista yhteydessä talotehtaaseen. Talotehdas ei halunnut ottaa asiaan kantaa ja perusteli suhtautumista sillä, että talo oli rakennettu yli 10 vuotta sitten. Märkätilojen alakattojen avaamisen jälkeen talotehdas lähetti 2.9.2010 paikalle asiantuntijoita tutkimaan taloa ja sen rakenteiden toimivuutta. Talotehdas antoi katselmuksesta kirjallisen raportin 6.9.2010 (liite 12).

2.2.8 Rakenneratkaisut

Rakennuksen rakenneratkaisut perustuvat lähtökohtaisesti talotehtaan tyyppiratkaisuihin. Ratkaisuissa ei ole talotehtaan mukaan havaittu valmistumisen jälkeen järjestelmällisiä virheitä.

Yleisimmät kosteuden lähteet jaetaan rakennuksen sisä- ja ulkopuolisiin lähteisiin. Sisäpuolisia lähteitä ovat esimerkiksi ihmiset, kasvit, sekä käyttövesi kuten ruuanlaitto ja peseytyminen. Ulkopuolisia lähteitä ovat esimerkiksi sade, ulkoilman kosteus, pintavedet, sekä maakosteus. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 48.)

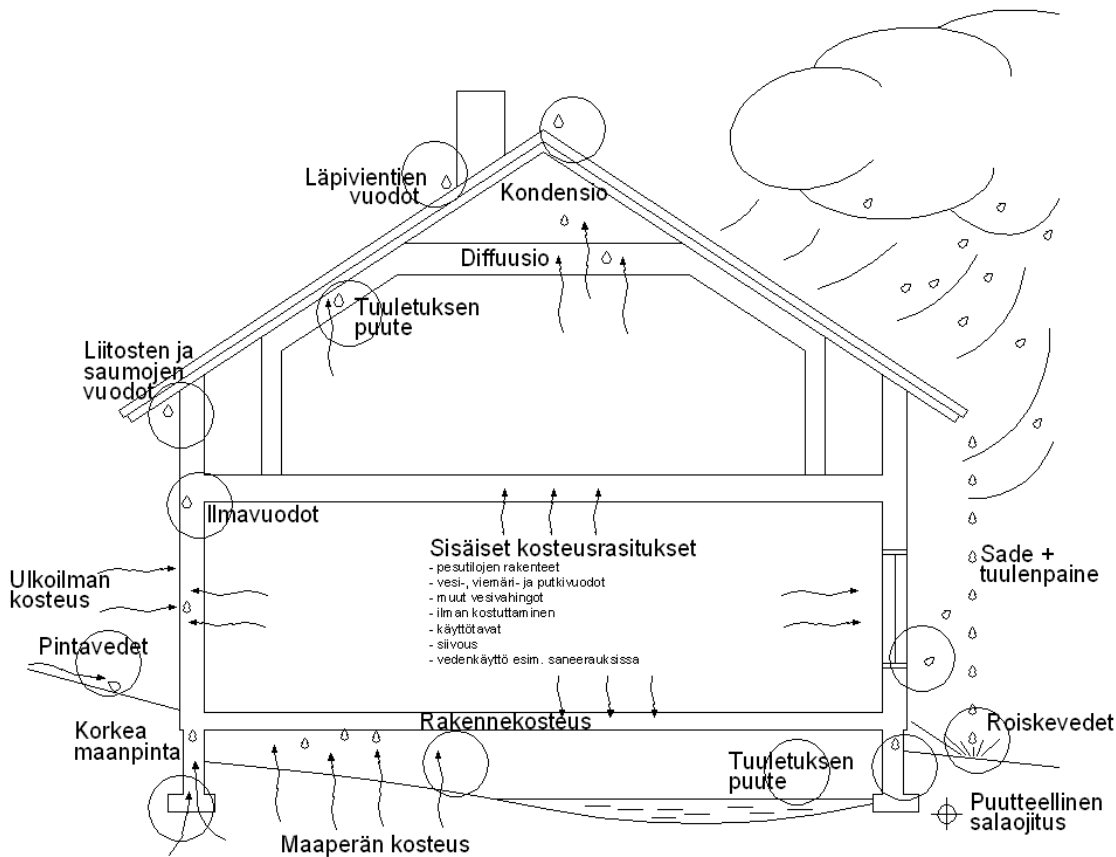
Tutkittava rakennus on perustettu salaojitetun sepelitäyteen päälle. Sokkeli on muurattu kevytsoraharkosta ja sen täyttö on kokonaan pestystä sepelistä. Sepelin päälle on valettu betonilaatta, jonka alla on lämpöeristeenä EPS ja päällä lautaparketti. Ulkoseinät ovat talotehtaan järjestelmätuote. Seinät on koottu kerroksen korkuisesta ja sisäverhouslevyn levyisistä, valmiiksi tehtaalla kootuista elementeistä. Yläkerta on tehty kehäristikkorakenteella eli rakennus on niin sanottu puolitoistakerroksinen. Väli-pohja on tehty uumapalkeilla. Yläkertaan johtavan portaan ja yläkerran WC tilojen, sekä yläkerran vinojen kattojen kohdalla sisärakenteet ulottuvat lähelle betonikattotiilistä tehdyn vesikaton aluskatetta. Katon harjalla on läpivienti tulisijan hormille, poistoilmahormeille, sekä antennille. Katolla on sisääntulon yläpuolella kattolyhty, joka ei kuitenkaan ole oikea ikkuna.

2.2.9 Riskirakenteet tutkittavassa talossa

Rakeneratkaisujen perusteella arvioitiin tämän rakennuksen riskirakenteet.

Rakennuksessa on maanvarainen laatta. Maakosteus muodostaa riskin, jos sala-ojasepelin paksuus tai laatu alapohjassa ei ole riittävä. Perusmaasta ja esimerkiksi pohjavedestä mahdollisesti rakennuksen alle kulkeutuva vesi muodostaa riskin jos rakennuksen salaojitus on puutteellinen tai ei toimi.

Mahdollinen riittämätön sepelin tiivistys voi myös aiheuttaa painumia laatasta. Painuminen on riski lattialämmityspotkistolle (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 97). Betonilaattaan valetut viemäri- ja käyttövesiputket saattavat olla vuotaessaan riski. Salaojan riittämätön toiminta voi olla riski alapohjan kosteustekniselle toimivuudelle.



KUVA 1. Yleisimmät kosteusrasitukset (mukaillen Torikka, Hyypöläinen, Mattila & Lindberg 1999)

Lautaparketin alapuolisella askeläänieristeellä on suuri vesihöyrynvastus. Eristeen alapintaan voi muodostua mikrobikasvustoa silloin, kun alapohjan ja betonilaatan kosteus ylittää suunnitellun. Kosteus ei pääse haihtumaan askeläänieristeen vesihöyrynvastustuskyvyn takia.

Seinäelementteihin on tehtaalla asennettu jokaiseen oma höyrynsulkumuovi. Höyrynsulkujen liittäminen toisiinsa on tehty rakennustyömaalla rakennuksen kokoamisvaiheessa. Puutteet yhtenäistämässä voivat aiheuttaa ongelmia ilmatiiveydessä. Epäyhtenäisestä höyrynsulusta diffuusion avulla rakenteisiin pääsevä sisäilman kosteus voi aiheuttaa riskin mikrobikasvustolle. Kaikki riittämättömästi tiivistetyt läpiviennit höyrynsulussa aiheuttavat saman riskin. Hormin läpivienti yläpohjassa on riski ilmavuodolle. Höyrynsulun tiivistäminen hormiin niin että liitos kestää vuosikymmeniä on usein osoittautunut haasteelliseksi.

Puutteet rakennuksen ilmansulussa aiheuttavat riskin myös ilmavuotojen mukanaan kuljettaman kosteuden pääsemiseksi rakenteisiin. Rakennuksen ilmanvaihto säädetään normaalisti alipaineiseksi. Rakennuksen ali- tai ylipaine suhteessa ulkoilmaan

aiheuttaa ilman liikkumista ulkoa sisään tai sisältä ulos rakenteiden läpi silloin kun rakennuksen kuoren ilmatiiveydessä on puutteita.

Alakerran ja yläkerran höyrynsulkujen liitos välipohjassa on riski ilmantiiveydelle. Jokainen kehäristikko, sekä välipohjapalkki lävistää höyrynsulun. Nämä lukemattomat liitokset ovat riski ilmavuodoille. Ylätilan puutteellinen tuuletus on riski. (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 69.) Umpinaiisiin räystäisiin kerääntyvät roskat ja lehdet saattavat haitata ilman vaihtumista ylätilassa. Ylä- ja alakerran välisen porrashuoneen ja yläkerran WC-tilan yläpuolinen lämmöneriste ulottuu lähelle vesikatteen aluskatetta. Lämmöneristeen ja aluskatteen välisen tilan riittämätön tuuletus aiheuttaa riskirakenteen.

Vesi- ja aluskatteen läpivientien puutteellinen tiivistys aiheuttaa vuotovesiriskin. Tiilikaton ominaisuutena on ajoittain voimakas ilmankosteuden kondensoituminen. Kondenssivedet voivat valua riittämättömästi tiivistetyistä tai väärin rakennetuista aluskatteen läpivienneistä eristetilaan aiheuttaen riskin mikrobikasvustolle. Ilmavuodoista ja ulkoisista kosteuslähteistä ylätilaan päässyt kosteus ei pääse haihtumaan jos tuuletus on riittämätön.

Keväisin ja syksyisin ulkoilman lämpötila vaihtelee suuresti päivän ja yön välillä. Päivällä ylätilan ilma lämpiää. Lämmennyt ilma imee kosteutta kaikista kosteuslähteistä itseensä. Kosteaa ja lämmin ilma ei pääse poistumaan jos ylätilan tuuletus on huono. Lämminneen ilman tilalle tulisi viileämpää ilmaa jos tuuletus toimisi. Yöllä lämmin ja kostea ilma viilenee ja ilmassa oleva kosteus tiivistyy. Tiivistynyt kosteus aiheuttaa riskin mikrobikasvustolle.

2.2.10 Rakennuspaikan maasto ja muu ympäristö

Alue, jolla rakennus sijaitsee, on verrattain tiiviisti rakennettu. Talo on sijoitettu rinteen lähelle tietä. Maasto on ollut alun pitäen voimakkaasti viettävä. Rakennuksen paikka on tasattu ja tontti on käytännössä tasamaalla. Tontti on tuuliolosuhteiltaan tyyni. Ympäröivän maaston korkeusero ja muut rakennukset, sekä puusto suojaavat tonttia tuulelta.

Maanpinnan kallistukset talon vierustalla ovat hyvät lukuun ottamatta nousevan rinteiden puolta. Nousevan rinteiden puolella maa on talon vierustalla tasainen ja on riski että sade- ja sulamisvedet valuvat taloon päin.

2.2.11 Rakennuspaikan puusto

Rakennuspaikalla on muutamia isoja puita. Koska rakennuspaikka on hyvin pieni, ovat puutkin luonnollisesti lähellä taloa. Tontilla on ollut aiemmin useampia puita. Omistajien kertoman mukaan osa puista on ollut niin lähellä taloa, että ne ovat otta-
neet kiinni rakenteisiin. Puita on sittemmin poistettu ja olemassa olevia puita karsittu. Puiden poisto on tehty tontin valoisuuden parantamiseksi. Puut olivat varjostaneet omistajien mukaan pihaa niin, että piha ei ollut tahtonut kuivua vaan pysyi talven ja sateiden jälkeen pitkään kosteana. Puiden poistamisen jälkeen piha on ollut asuk-
kaiden mukaan kuivempi.

Puiden juuristo aiheuttaa riskin salaojitukselle. Juuret voivat tukkia salaojat ja tunkeu-
tua talon alle. Jos puu myöhemmin kaadetaan, saattavat maatuvat juuret aiheuttaa kohon-
neen mikrobiriskin silloin kun alapohjan ilmatiiveys on puutteellinen.

2.3 Rakennuksen vikojen riskiarvio

Riskiarviolla selvitetään ne rakenteet, joihin kuntotutkimuksessa on kiinnitettävä eri-
tyistä huomiota, jotta turhilta mittauksilta ja tutkimuksilta vältytään. Riskiarviolla selvi-
tetään rakenteiden todennäköiset vaurioitumisriskit ja vaurioiden syyt. (Kosteus- ja
homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus 1997, 14.)

2.3.1 Riskiarvio rakennuksesta asiakirjojen avulla

Rakennuksesta on olemassa pääosin arkkitehti-, rakenne- ja LVI-piirustukset. Ra-
kennus on kokeneen talotehtaan kokonaan suunnittelema. Talotehdas on suunnitellut
ja tehnyt toimintansa aikana tuhansia pientaloja ja satoja samantyyppisiäkin taloja,
kuin tämä.

Talotehdas toimittaa elementit kokonaan valmiiksi koottuna höyrynsulkumuovi- ja
sisäverhouslevyineen. Rakenteen kosteustekninen toimivuus pitää tarkastaa sellai-
sissa tiloissa joihin tulee asentaa erillinen höyrynsulku. Tällaisia tiloja on esimerkiksi
vedeneristetyt tilat ja sauna johon asennetaan alumiinipaperi. Jos tehdasasennettua
höyrynsulkumuovia ei ole poistettu näiden tilojen osalta, on vaarana muodostua kah-
den päällekkäisen höyrynsulun seurauksena tila, joka ei pääse tuulettumaan sinne
mahdollisesti pääsevistä kosteudesta.

Talotehtaan suunnitelmien mukaan yläkerta ja alakerta on tarkoitettu tehtäväksi kumpikin omana kosteusteknisenä osastona. Taustalla on talotehtaan käyttämä rakenneratkaisu, jossa höyrynsulkumuovi on asennettu lämmitettyjen kerrosten väliseen välipohjaan siten, että höyrynsulku on erillinen alakerroksessa ja yläkerroksessa. Tavanomaisesta käytännöstä poiketen höyrynsulkumuovi ei asenneta välipohjarakenteen kohdalla seinä- ja välipohjaliitoksen läpi, vaan se seuraa molemmin puolin rakenteen pintakerrosta. VTT:n lausunnossa 1.12.2004 on liitteenä rakennekuva välipohjasta, jossa asennustapa on esitetty. (Häkkä-Rönholm & Ojanen 2004.)

Merkittävin riski välipohjarakenteen kosteuskuormituksesta aiheutuu vuotoilmavirran mukana sisäilmasta rakenteeseen kulkeutuvasta kosteudesta (Häkkä-Rönholm & Ojanen 2004).

Pienehköt puutteet rakenteiden höyrynsulun tiiveydessä eivät yleensä johda merkittäviin diffuusiona tapahtuvan kosteusvirran kasvuun. Sen sijaan ilma- vuodot voivat kuljettaa mukanaan huomattavasti enemmän kosteutta, joka sisäpuolisen ylipaineen vallitessa voi kulkeutua rakenteiden kautta ulospäin ja osa kosteudesta voi tällöin jäädä rakenteisiin hygroskooppisesti materiaalikerrokseen sitoutumalla tai kondensoitumalla viileisiin rakenteisiin. (Häkkä-Rönholm & Ojanen 2004.)

2.3.2 Riskiarvio rakennuksesta aistinvaraisten tarkastusten avulla

Aistinvarainen havainnointi on arvioinnin tärkeä osa yhdessä teknisten rakennetietojen ja asukkaan kanssa käytävän keskustelun ohella. Esimerkiksi muutokset rakenteiden pinnalla ja haju ovat hyviä kosteustilanteen indikaattoreita. (Asumisterveysopas 2009, 48.)

Aistinvaraisessa tarkastelussa rakennuksesta ei ole löytynyt huomautettavaa. Mitään tavanomaisesta poikkeavaa ei asuintiloissa havaittu. Mitään poikkeavaa tai kosteusvaurioon viittaavaa hajua ei havaittu.

Hajuja on arvioitu myös aiemmin tehdyissä katselmuksissa ja tutkimuksissa. Mitään poikkeavaa tai kosteusvaurioon viittaavaa hajua ei havaittu (liite 8).

Liimaamalla asennettujen muovimattojen tiedetään päästävän orgaanisia yhdisteitä (ns. VOC -yhdisteet, volatile organic compounds = haihtuvat orgaaniset yhdisteet), silloin kun matto on asennettu märän betonin päälle tai betoni on myöhemmin kastunut. Tässä talossa ei ole muovimattoja eikä muita sellaisia rakenteita joissa olisi tunnettu VOC -yhdisteiden riski.

Tekninen tila on asunnosta erillinen tila. Asukkaat ovat havainneet teknisessä tilassa ajoittain viemärin hajua. Asukkaat ovat päätelleet hajun tulleen käyttämättömyyttään kuivuneesta lattiakaivosta. Teknisen tilan kuivunut lattiakaivo, on riski viemärikaasujen pääsemiselle asuintiloihin. Asuintilat on alipaineistettu koneellisella ilmanvaihdolla. Teknisessä tilassa ei ole ollut omaa ilmanvaihtoa. Viemärikaasut ovat yleisesti tunnettu terveysriski. Lattiakaivon vesilukon toiminta on varmistettava säännöllisesti.

Rakennuspaikan maasto on suojainen. Tuulen vaikutuksesta tapahtuva rakenteiden tuulettuminen on vähäistä. Aiemmin rakennuksen lähellä olleiden puiden vaikutusta voidaan vain arvailla. Puiden voidaan arvioida haitanneen erityisesti tuulen vaikutuksesta tapahtuvaa ylätilan tuulettumista.

3 RAKENNUKSEN TUTKIMINEN

3.1 Silmämääräinen tutkimus

Silmämääräinen tutkiminen tehtiin 24.5.2010. Tutkimuksessa tutkittiin kaikki ne rakenteet ja rakennusosat, sekä tekniset laitteet joihin voitiin päästä näkemään rikkomatta rakenteita. Silmämääräisessä tutkimisessa havaittiin seuraavia puutteita tai vikoja:

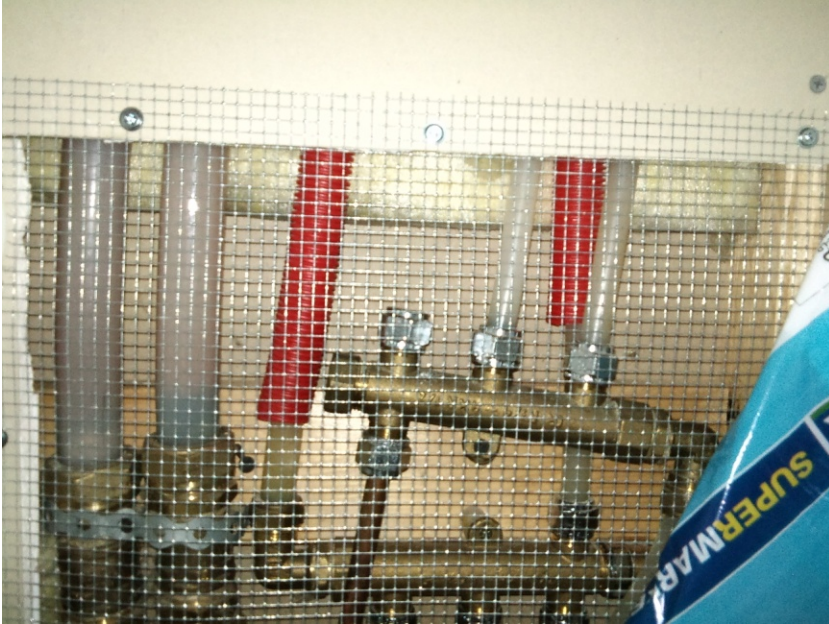


KUVA 2. Pääsisäänkäynti. Valokuva Pasi Kanerva 2010

Rakennuksen molemmille pitkille sivuille on rakennettu jatkettu räystäs (kuva 2). Kattotiilien latominen katolle ja jatketun räystään päätypellin yläpään sovittaminen ylemmään kattotiileen on tehty virheellisesti. Varsinaiselta katolta pääsee valumaan vettä suoraan jatketun räystään sisään. Pellitys pitää korjata niin, että pellin yläpää menee seuraavana yläpuolelle olevan kattotiilirivin alle. Räystään sisään valunut vesi on lahoittanut räystään. Räystäslaudoit on purettava niin, että räystään runkorakenteen kunto voidaan todeta.

Pääsisäänkäynnin kohdalla, vesikatolle oli rakennettu kattolyhty (kuva 2). Kattolyhty oli rakennettu vain koristeeksi, eikä sillä ollut mitään toiminnallista tehtävää. Kattolyhtydyn kattotaitteiden havaittiin keränneen roskaa ja ne olivat sammaloituneet. On mahdollista että taitteiden pellitykset eivät olleet enää vesitiiviitä sammaloitumisen takia. Kattolyhtydyn ylin kohta on ulkoseinän linjalle. Mahdollinen vesivuoto aiheuttaa riskin

seinärakenteen kastumiselle. Taitteet tulisi puhdistaa vuosittain, kertyneestä roskasta säännöllisesti. Aluskatteen toimivuus kattolyhdyn kohdalla pitää tarkastaa rakennevauksin.



KUVA 3. Keittiön käyttöveden jakotukit seinärakenteessa

Valokuva Pasi Kanerva 2010

Keittiössä, liedon takana on kylmän- ja lämpimän käyttöveden jakotukki, joka palvelee keittiötä. Asennukset on tehty seinän sisään. Liedon takana, seinässä on huoltoaukko, jonka suojana on teräsverkko (kuva 3). Suoraan sisäilmaan yhteydessä olevat mineraalivillat pitää suojata. Hengitysilman villapöly saattaa aiheuttaa terveyshaittoja.

Käyttöveden jakotukkeja ja muita laitteita ei ole koteloitu, eikä niiden mahdollisille kondenssi- tai vuotovesille ole rakennettu suoja-allasta. Laitteista mahdollisesti tuleva vuotovesi tai laitteiden pintaan kondensoituva vesi valuisi suoraan seinän sisään alapuolella oleviin villoihin. Koteloon tulisi rakentaa pohja, joka johtaa mahdolliset vuotovedet näkyville.



KUVA 4. Lämpimän käyttöveden kierron jakotukki saunassa
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Saunan paneloinnin alla on saunaosaston lämpimän käyttöveden jakotukki. Jakotukista lähtee vesiputket laitteille, sekä paluuputki tekniseen tilaan, jossa on kierto-vesipumppu. Jakotukkia ei ole koteloitu vesitiiviillä kotelolla muista rakenteista (kuva 4). Vesiputkien suojaputkien päät ovat alempana kuin vastaavat toiset päät käyttölaitteissa. Esimerkiksi suihkusekoittajan hanakulmarasia on noin metrin korkeammalla kuin jakotukin päässä olevat suojaputket. Mahdollinen vuotovesi valuisi tähän koteloon ja vesieristeen sisäpuolelle, suoraan alapohjaan. Vesivuotoa ei pystyisi havaitsemaan koteloa avaamatta. Kotelo pitää muuttaa niin, että mahdollinen vuotovesi valuu saunan lattialle näkyviin. Kotelosta voitiin havaita, että saunan alumiinipaperi ei ollut yhtenäinen höyrynsulku. Saunan vesihöyrynpaine pääsee purkautumaan epätäydellisen höyrynsulun raoista rakennuksen muihin rakenteisiin.



KUVAT 5 ja 6. Kuivauskaapin poistoilmaputki johtaa rakenteeseen
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Kodinhoituhuoneessa on kuivauskaappi. Kuivauskaapin poistoilman putki on johdettu kaapin yläpuolelle rakennettuun, erilliseen koteloon (kuva 5). Koteloon on tehty ilma-reikiä (kuva 6). Kotelon sisällä on koneellisen ilmanvaihdon poistoilmaventtiili. Kuivauskaapin poistama ilma on erittäin lämmintä ja kosteaa. Kondensoitumisriski on olemassa jos ilma poistetaan mihin muualle tahansa kuin suoraan ulkoilmaan.



KUVA 7. Viemäroinnin alipaineventtiili yläkerran WC:stä
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Yläkerran WC:n viemäröinnin korvausilma on järjestetty alipaineventtiilillä. Venttiilin toimintaa ei pystytty täysin varmistamaan. Venttiilin toiminta pitää varmistaa säännöllisesti. Vuotava venttiili aiheuttaa riskin viemärikaasujen pääsemisestä huoneilmaan. Viemärin tuuletus olisi aina pyrittävä jatkamaan vesikatolle.

Rakennuksen ylätila



KUVA 8. Yläpohjan eristeet eivät ole kaikilta osin paikoillaan
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Yläpohjan lämmöneristeet eivät ole kaikilta osin paikoillaan (kuva 8). Paikoiltaan olevat villat ovat riski lämpövuodoille. Lämpövuodot ovat riski diffuusion vaikutuksesta ulosvuotavan ilmankosteuden tiivistymiselle suunnittelemattomaan kohtaan rakenteessa. Villojen asennus täytyy korjata.



KUVA 9. Aluskate on mikrobikasvuston peittämä

Valokuva Pasi Kanerva 2010

Ylätilassa havaittiin aluskatteen alapinnassa silminnähtävää mikrobikasvustoa (kuva 9). Kasvusto esiintyi tasaisesti koko aluskatteessa. Mikrobikasvuston syntymiseen vaikuttaneet syyt on selvitettävä.

Kattoristikkojen tuulisteet on kiinnitetty kattoristikoiden yläpaarteiden yläpintaan ennen aluskatteen asentamista. Aluskatteen päälle, kattoristikon kohdalle on asennettu rima, johon edelleen on asennettu tiilikatteen ruoteet. Tuuliste aiheuttaa aluskatteeseen padon, joka johtaa mahdolliset kondenssivedet kattoristikon kohdalle kiinnitettyyn rimaan. Kondenssivedet eivät pääse valumaan aluskatetta myöden vapaasti räystäälle. Valuva vesi jää tuulistein ja riman risteyskohtaan, kunnes pääsee kuivumaan. Rakenne on riski kattorakenteen lahovaurioitumiselle.



KUVAT 10, 11 ja 12. Hormin läpivienti aluskatteessa on puutteellinen
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Hormin läpivienti aluskatteesta on tehty puutteellisesti (kuva 12). Hormin pellityksen ja tiilikatteen kondenssi- ja vuotovedet pääsevät valumaan esteettä yläpohjan eristeisiin. Eristeisiin valuva vesi on riski mikrobikasvuston kasvamiselle yläpohjan eristeissä. Hormin läpivienti aluskatteesta on korjattava vesitiiviiksi.



KUVA 13. Lämpöeristeissä hormin ympärillä on valumajälkiä
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Yläpohjan eristeiden voitiin silmämääräisesti havaita kastuneen useasti. Lämpöeristeet olivat nyt kuivat. Eristeiden pinnalla näkyi runsaasti veden valumajälkiä (kuva 13). Hormin ja villojen välistä voitiin nähdä yläkerran alakatto ja sen yläpuolella oleva höyrinsulkumuovi. Höyrinsulkumuovin todettiin olevan puutteellisesti tiivistetty hormiin. Paikoin muovin ja hormin väli oli jopa yli 100 mm. Puutteellinen tiivistys, aiheuttaa diffuusion ja konvektion vaikutuksesta kulkeutuvalla ilmankosteudelle vapaan pääsyn yläpohjan eristeisiin. Ilmankosteus tiivistyy eristeisiin kylmemmän ulkoilman vaikutuksesta. Tiivistynyt kosteus on riski mikrobikasvustolle. Kaikki höyrinsulkumuovin läpiviennit on tarkastettava ilmapuotojen varalta. Puutteelliset läpiviennit on korjattava.



KUVA 14. Ylätilan tuuletusaukko on riittämätön
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Päätyseiniin on alun pitäen tehty ylätilan tuulettamiseksi yksi halkaisijaltaan 100 mm:n reikä molempiin päätykolmioihin. Reikä on noin metrin ylätilan ylintä kohtaa alempana. Reiän kohdalla ulkoseinässä on ritilä ja suojaverkko. Ritilän mallissa aukon vapaa pinta-ala on vain murto-osa reiän pinta-alasta. Jossain vaiheessa, parvekkeen alakaton yläpuolelle on tehty päätykolmioon kulkuluukku. Kulkuluukkuun on sittemmin tehty alkuperäisen tuuletusritilän tilalle noin 150 mm leveä ja korkea tuuletusaukko. Tuuletusaukkojen riittävyys on tarkastettava ja korjattava.



KUVA 15. Ilmanvaihtokanavien eristeissä on puutteita kylmässä ylätilassa. Valokuva Pasi Kanerva 2010

Ilmanvaihtokanavien lämpöeristeissä havaittiin puutteita (kuva 15). Eristeiden kiinnitys oli paikoin päässyt irtoamaan ja ilmanvaihtokanavia oli näkyvissä kylmässä ylätilassa. Eristämätön ilmanvaihtokanava on riski sisäilman kosteuden kondensoitumiselle putken sisäpintaan. Kondensoitunut vesi aiheuttaa riskin vaurioille kertyessään putkistoon. Vesi voi myös valua putkien liitoksista rakenteisiin.

3.2 Kosteuden esiintyminen rakenteissa

Rakennukselle oli tehty kosteusmittauksia 9.3.2010. Mittaukset oli tehty pintakosteusmittarilla rakenteita rikkomatta. Tutkimuksessa ei ollut havaittu normaalista poikkeavia kosteuksia (liite 8).

Kosteudet mitattiin uudelleen koko rakennuksesta 24.5.2010. Mittauksen teki RKM Kuivaustekniikka Oy:n Risto Nikulainen, päteväitynyt kosteudenmittaaja (PKM). Mittauksissa ei havaittu normaalista poikkeavia kosteuksia.

3.3 Ilmanvaihdon toimivuus

Asiantuntijalausunnossa 8.4.2011 Heimlander oli todennut, että asunnon painesuhteet eivät olleet suunnitelman mukaiset. Ilman oli kuitenkin todettu kulkevan jokaisesta venttiilistä suunniteltuun suuntaan. (Liite 8.)

Rakennuksen alakerroksen oli havaittu merkkisavulla tarkasteltuna olevan alipaineinen ulkoilmaan nähden ja yläkerroksen havaittiin olevan ylipaineinen ulkoilmaan nähden. Suosituksena oli rakennuksen paine-erojen tarkempaa mittaamista paine-eromittauksin.

Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa sekä mikrobin aiheuttamilta terveyshaitoilta (liite 8).

Ilmanvaihdon toimivuus tarkastettiin 26.5.2010. Ilmamäärät mitattiin paine-eromittauksella. Mittaukset teki Suomen Talokeskuksen Mika Karttunen, LVI-insinööri. Mittaukset osoittivat rakennuksen olevan huomattavasti alipaineinen. Tuloilmamäärä oli alle suunnitteluarvojen erityisesti alakerrassa ja poistoilmamäärät olivat yli suunnitteluarvojen erityisesti molemmissa vaatehuoneissa. Rakennuksen huomattava alipaine aiheuttaa riskin rakenteista ja ulkoilmasta kulkeutuville epäpuhtauksille, sekä ulkoilmankosteudelle. Ilmanvaihdon suunniteltu tulo- ja poistoilma oli 80l/s / 85l/s eli tulo- ja poistoilman suhteellinen ero on 5,9%. Mitattu tulo- ja poistoilma oli 71,9l/s / 94,2l/s eli 23,7 %. (Liite 10.)

Kaksikerroksisen talon ilmanvaihto suunnitellaan usein, niin että yläkerta on ylipaineinen ulkoilmaan nähden ja alakerta alipaineinen. Tämä johtuu siitä, että kosteat tilat sijoitetaan yleensä alakertaan ja suurin osa poistosta tapahtuu niiden kautta. Tällöin vastaavasti suurin osa tuloilmasta sijoitetaan yläkertaan, johon tyypillisesti, niin kuin tässäkin rakennuksessa, sijoitetaan makuuhuoneita.

Heimlanderin 9.3.2010 havaitsemaa yläkerran ylipainetta ulkoilmaan nähden ei pystytty todentamaan. Päinvastoin, ilmamäärien mittaus osoitti, että koneellisen ilmanvaihdon vaikutuksesta yläkerrasta, niin kuin koko rakennuksestakin, poistui ilmaa enemmän kuin mitä sinne tulee. Ilmanvaihtokoneen ilmamäärät yläkerrassa olivat tuloilman osalta yhteensä 30,4 l/s ja poistoilman osalta 32,6 l/s. On mahdollista, että tuuli tai jokin muu hetkellinen ilmiö on häirinnyt Heimlanderin savukokeita.

Tutkimusohjelmaa laadittaessa valittiin yhdeksi tehtäväksi kokeeksi rakennuksen ilmatiiveyden todentaminen ilmavuotomittauksella. Silmämääräisessä tarkastuksessa kuitenkin todettiin, että yläpohjan ilmansulkuna toimivan höyrynsulkumuovin läpiviennit on tehty puutteellisesti. Puutteellisten läpivientien tiivistysten arvioitiin vuotavan niin paljon ilmaa, että ilmavuotomittauksilla saatu tulos ei kertoisi rakenteiden toimi-

vuudesta mitään. Ilmavuotojen mittausta ei pidetty tarkoituksenmukaisena, ennen kuin kaikki läpiviennit on tarkastettu ja korjattu.

3.4 Rakenneavaukset

Rakennuksen asiakirjojen ja silmämääräisen tutkimisen tuloksista tehtiin johtopäätökset tarvittavista rakenneavauksista. Rakenneavaukset pyrittiin määrittelemään niin, että niistä saatava tieto varmistaisi tai pois sulkisi epäilyn mahdollisesta vauriosta tai sellaisesta rakennusvirheestä, joka voisi aiheuttaa vaurioita.

Kulkuaukon rakentaminen yläkerran sivukoteloihin

Sillä kohtaa, jossa välipohjan yläpuolella ei ole lämmitettyä yläkerta, jää kylmä ylätila. Pääsisäänkäynnin puoleiseen ylätilaan oli rakennettu kulkuaukko teknisen tilan kattoon. Toisella puolella taloa olevaan tilaan ei ollut kulkua. Tila jakautuu kahteen osaan yläkerran porrashuoneen ulottuessa lähelle vesikattoa. Räystäään alle, seinään tehtiin kaksi kulkuluukkuja, joista voitiin tarkastaa tilan olosuhteet.



KUVA 16. Aluskate sivukotelon puolella.

Valokuva Pasi Kanerva 2010

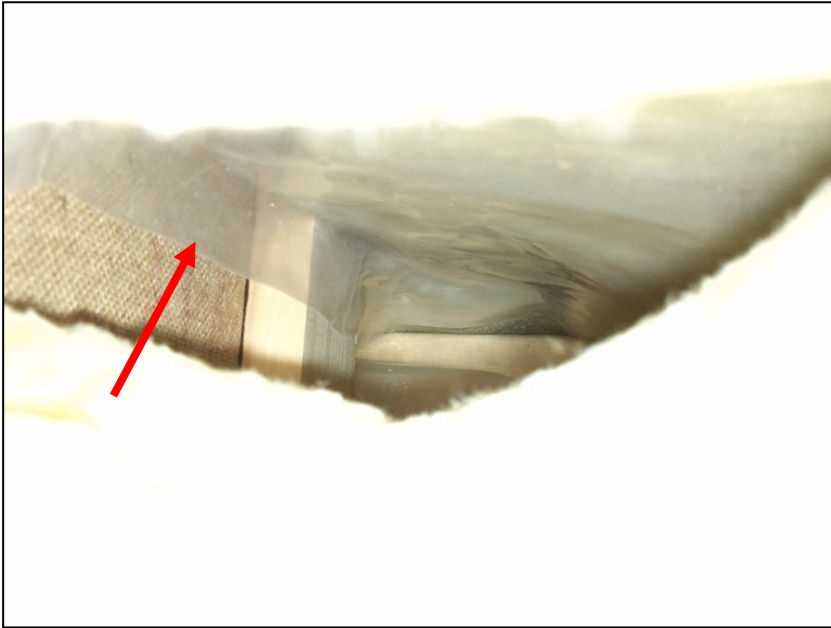
Yläkerran sivuilla olevien koteloiden osuudella aluskatteessa oli silmännähdn havaittavissa mikrobikasvustoa (kuva 16). Rakenteissa ei havaittu näkyvää kasvustoa. Kuvassa kuusitoista on myös näkyvissä tuuliside, joka estää kondenssiveden valumisen vapaasti aluskatteen päällä räystäälle.



KUVA 17. Välipohjan lämmöneristeet ovat värjäytyneet

Valokuva Pasi Kanerva 2010

Välipohjan eristeiden havaittiin olevan läpivärjäytyneitä ulkoilman epäpuhtauksista (kuva 17). Eristeiden voimakas värjäytyminen viittaa suureen ilmavuotoon ulkoa sisäänpäin.



KUVA 18. Välipohjapalkin ja höyrynsulkumuovin puutteellinen liitos. Valokuva Pasi Kanerva 2010

Kuvassa kahdeksantoista näkyy välipohjan ja yläkerran höyrynsulkumuovin liitos. Höyrynsulkua ei ole toteutettu niin kuin talotehtaan suunnitelmassa on tarkoitettu. Höyrynsulku on toteutettu välipohjan kohdalla asentamalla se välipohjarakenteen kohdalla seinä- ja välipohjaliitoksen läpi siten, että alakerran seinästä välipohjaan kääntyvä höyrynsulku kääntyy yläkerran seinän sisäpinnalle. Rakenneavauksesta voidaan havaita, että välipohjapalkin ja höyrynsulun tiivistys on puutteellinen (kuva 18).

Saunaosaston pintamateriaalien avaaminen

Saunan panelointia avattiin tarkoituksena tarkastaa alumiinipaperin asennus ja mahdollinen talotehtaan höyrynsulkumuovin asennus alumiinipaperin takana. Samoin avattiin pesuhuoneen alakattoa.



KUVA 19. Saunan alumiinipaperi on kiinnitetty puutteellisesti
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Lauteiden alta, saunan seinästä irrotettiin alimpia paneeleita. Alumiinipaperin asennus voitiin todeta kauttaaltaan puutteelliseksi (kuva 19). Alumiinipaperi ei ollut yhtenäinen, eivätkä sen reunat tiivistyneet mihinkään.



KUVA 20. Pesuhuoneen ja saunan välinen seinä avattuna
Valokuva Pasi Kanerva 2010

Kuvassa kaksikymmentä, saunan oven karmin ja seinäpaneloinnin väliset listat on irrotettu. Alumiinipaperin reunaa ei ole kiinnitetty mihinkään. Saunan kosteuspaine pääsee vapaasti Kahi-tiilestä muurattuun seinään, joka jatkuu ylöspäin välipohjan runkoon asti ja alaspäin betonilaattaan.



KUVA 21. Tarkastusaukosta nähdään höyrynsulkumuovi saunan ulkoseinässä. Valokuva Pasi Kanerva 2010

Saunan ulkoseinässä, lauteiden alla alumiinipaperi avattiin taustan tarkastamista varten. Alumiinipaperin takana oli kipsilevy. Kipsilevyyn poratusta tarkastusreiästä havaittiin, että kipsilevyn takana on talotehtaan alun perin asentama höyrynsulkumuovi (kuva 21). Kaksi päällekkäistä höyrynsulkua, alumiinipaperi ja muovikalvo muodostavat riskirakenteen. Kerrosten väliin päässyt kosteus ei pääse kuivumaan kumpaankaan suuntaan. Kosteus kipsilevyssä muodostaa suuren riskin mikrobikasvustolle.



KUVA 22. Suihkuhuoneen katon höyrynsulkumuovi on tiivistetty puutteellisesti. Valokuva Pasi Kanerva 2010

Pesuhuoneen paneelinen alakatto avattiin reunasta. Alakaton yläpuolella on höyrynsulkumuovi. Muovi ei liity tiiviisti seinärakenteeseen (kuva 22). Suihkutilan kosteuspaine pääsee tiivistämättömästä höyrynsulun liitoksesta välipohjaan ja kuiviin seinärakenteisiin. Kylpyhuoneen osalla on Kahi-tiililestä muurattu seinä, talotehtaan ulkoseinäelementin sisäpuolella. Muuratun seinän ja ulkoseinässä olevan höyrynsulun väliin on jätetty ilmarako. Ilmarako on hyvin tuulettuva ylöspäin. Ilmaraon alareunassa ei ole korvausilmareittejä.

Kotelo kodinhoitohuoneessa



KUVA 23. Kuivauskaapin yläpuolisen kotelon sisällä on näkyvää mikrobikasvustoa. Valokuva Pasi Kanerva 2010

Kuvassa 23 näkyy kodinhoituhuoneessa, kuivauskaapin päälle, rakennettu kotelo avattuna. Koteloon on johdettu kuivauskaapin poistoilma. Kuivauskaapin Husqvarna QW104D käyttöohjeen mukaan laitteen poistoilmamäärä on $45 \text{ m}^3/\text{h}$ eli $12,5 \text{ l/s}$. Kotelon sisällä on ilmanvaihtokoneeseen liitetty poistoventtiili. Venttiilistä mitattiin 16 l/s poistoilmamäärä ilmanvaihtokoneen nopeudella $3/4$. Laskennallinen poistoilma venttiilistä nopeudella $2/4$ on $13,2 \text{ l/s}$. (Liite 10.)

Kotelon sisäpinnoilla oli silminnähtävää mikrobikasvustoa (kuva 23). Kotelo on kiinni kodinhoituhuoneen ja saunan välisessä seinässä. Seinään on tehty reikä keskuspölynimurin putkelle ja saunan valaistuksen kaapeloinnille. Reikä on saunan katossa olevien lisälämmöneristeiden yläpuolella.

Putkistot välipohjassa

Yläkerran WC:n vesi- ja viemäriputket ovat välipohjassa, eteisen ja hallin kohdalla. Viemäriyhmä purkaa eteiseen koteloitua pystyputkea pitkin alas. Putkiliitokset tarkastettiin avaamalla eteisen ja hallin alakattoa. Lisäksi avattiin yläkerran vaatehuoneen lattiaa. Yläkerran lattiakaivon viemäriputken havaittiin vuotaneen aiemmin (kuva 24). Vuodon kohdalla villoissa oli runsasta mikrobikasvustoa. Vuoto oli kuitenkin ilmeisesti ollut niin vähäistä, että se oli kuivunut lämpöeristeisiin, leviämättä muihin rakenteisiin. Viemäriputkien kannakkeet olivat puutteelliset. Viemäriputkien liitokset

täytyy korjata ja saastuneet lämpöeristeet pitää uusia, sekä läheiset rakenteet pitää desinfioida.



KUVA 24. Viemäriputken vuotava liitos välipohjassa.

Kuva Valokuva Pasi Kanerva 2010

3.5 Mikrobitutkimukset

Mikrobitutkimuksia oli tehty jo aiemmin tammi ja helmikuussa 2010. Näytteitä oli otettu yläpohjan lämmöneristeestä. Näytteet oli tutkittu MetropoliLab:ssa Vantaalla. Näytteistä ei löytynyt sellaisia määriä tutkittuja mikrobeja, että ne olisivat osoittaneet näytteissä olevan kosteusvaurioon viittaavaa mikrobikasvustoa. (Liite 7.)

Rakenneaavausten yhteydessä 21.6.2010 otettiin lisää materiaalinäytteitä yläpohjasta ja saunaosaston seinärakenteista. Yläpohjan villaeristeistä otetuista näytteistä todettiin kohonneita mikrobipitoisuuksia. Mikrobikasvu rakennusmateriaalissa viittaa rakennuksessa olevaan kosteus ja homevaurioon. Muissa näytteissä mikrobipitoisuus oli alhainen. (Liite 11, taulukko 1.)

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sisäilma voi saastua monella eri tavalla. Kosteusvaurioiden aiheuttamat mikrobikasvustot ovat yksi merkittävimmistä tekijöistä. Aiemmin ja edelleenkin, tietyn ikäisissä taloissa formaldehydi on aiheuttanut ja aiheuttaa sisäilmaongelmia.

Rakennusaineista erittyy paljon myös muita orgaanisia yhdisteitä (ns. VOC -yhdisteet, volatile organic compounds = haihtuvat orgaaniset yhdisteet) kuin formaldehydiä, kuten alifaattisia ja aromaattisia hiilivetyjä, alkaaneja ja alkyylibentseenejä. Nämä ovat yleensä erilaisia liuottimia. (Seuri & Palomäki 2000.)

Monet rakennusmateriaalit päästävät ilmaan haitallisia yhdisteitä, jos niitä käytetään yhdessä sopimattomien muiden aineiden tai valmisteiden kanssa tai jos ne joutuvat tekemisiin kosteuden kanssa.

Voc-yhdisteiden päästölähteitä ovat etenkin rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä kalusteet, pesuaineet ja joissain tapauksissa mikrobikasvustot. Rakennusmateriaaleista erittyvät päästöt ovat peräisin mm. liuotin- ja raaka-ainejäämistä sekä valmistusprosessien reaktio- ja hajoamistuotteista. Esim. lastulevyn, valkuaisaineita sisältävien tasoiteaineiden, PVC-materiaalien ja vesiohenteisten maalien aiheuttamat päästöt kasvavat niiden kostuessa. Materiaalipäästöjä on paljon juuri valmistuneissa taloissa. Yleensä päästöt laskevat normaalitasolle n. puolessa vuodessa rakennuksen valmistumisen jälkeen. (Hengitysliitto 2010b.)

Jotta tämän rakennuksen ongelmien voitaisiin arvioida johtuvan haihtuvista orgaanisista yhdisteistä, olisi asukkaiden oireiden pitänyt alkaa nopeasti taloon muuton jälkeen. Oireiden olisi pitänyt ainakin teoriassa myös vähentyä rakennuksen materiaalien ikääntyessä. Oireet ovat ilmaantuneet kuitenkin vasta vuosien kuluessa.

Rakennuksen kosteus- ja homevaurion ja terveyshaittojen välisen yhteyden osoittaminen on vaikeaa, koska kaikkia altistukseen liittyviä oireita esiintyy jossain määrin myös muista syistä eikä hyviä testimenetelmiä ole käytettävissä (THL 2008).

Sisäilman ammoniakkin lähteitä ovat tavallisesti ihminen itse ja ihmisen toiminta rakennuksessa. Ihmisten ja kotieläinten eritteet, uloshengitysilma, tupakointi ja ammoniakkia sisältävien materiaalien ja puhdistusaineiden käyttö tuottavat ilmaan ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden ja terveyshaitan välinen yhteys on toistaiseksi vielä epäselvä. (Seuri & Palomäki 2000.)

Myrkyllisyystutkimus 22.1.2010 ja 25.2.2010, Inspector Sec Oy

Myrkyllisyystutkimusta on kehitelty jo vuosia. Tutkimus on kuitenkin edelleen tätä raporttia tehdessä perustutkimusvaiheessa. Vahvaa tieteellistä pohjaa toistaiseksi saaduilla tuloksilla ei siten vielä ole. Tutkimusmenetelmällä on myös epäilijänsä. Tästä syystä myrkyllisyystutkimuksiin pitää suhtautua varauksella. Nykyiset kaupalliset myrkyllisyystutkimukset varmasti kertovat jotakin tutkitusta sisäilmastosta. Se mitä myrkyllisyystutkimus osoittaa, selviää todennäköisesti tulevaisuudessa.

Tutkimusjohtaja Mirja Salkinoja-Salosen ryhmä Helsingin yliopistosta on kehittänyt kosteusvaurioiden tutkimiseen toksisuusmittausmenetelmän, jossa näytteet kerätään sisäilman aerosoleista eli ilman nestemäisistä ja kiinteistä hiukkasista. Salkinoja-Salosen äskettäin julkistetussa tutkimuksessa aineisto kerättiin rakennuksista, joissa epäiltiin kosteusvauriota työntekijöiden oireilun perusteella. – Lähes kaikista kohteista, joissa ihmiset oireilivat, löytyi toksisuutta. Monet kysymykset odottavat kuitenkin vielä vastauksiaan, tutkimusjohtaja Salkinoja-Salonen sanoo. (Hengitysliitto 2010a.)

Testausseloste 4.3.2010, Metropolilab

Asukkaan itse yläpohjan lämpöeristeestä 17.1.2010 ja 4.2.2010 ottamista näytteistä ei löytynyt viitteitä mikrobikasvustosta. Tämä viittaisi siihen, että lämmöneristeet eivät olisi saastuneet mikrobikasvustosta. Tutkimuksessa oli tutkittu mikrobien määrää, ei sitä mitä mikrobeja näytteet sisälsivät. Tästä syystä tutkimus ei ole vertailukelpoinen tarkempien tutkimusten kanssa.

Asiantuntijalausunto 8.4.2010, Raksystems Anticimex Insinööritoimisto Oy

Tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota betonilaatan läpivientien tiiveyteen. Läpivientienistä voi päästä huoneilmaan alapohjan maaperässä kasvavia mikrobeja.

Homekoiraraportti 19.4.2010, Homekoira Team Oy

Homekoirat ovat vähintään yhtä ristiriitainen tutkimusmenetelmä kuin myrkyllisyystutkimus. Suurin ongelma koiran näytöissä on se, että ne eivät osaa ilmaista muuta kuin hajun kohdan. Koirat eivät osaa yksilöidä mistä haju on peräisin tai kuinka laaja hajun lähde on. Haju voi esimerkiksi tulla maaperästä, ulkoa tai vaurioituneesta rakenteesta. Homekoiran näyttö on hyvä vihje silloin kun varsinaisesta vauriosta ja sen sijain-

nista ei ole mitään tietoa. Pelkästään homekoiran antama näyttö kosteusvaurion osoittamisessa ei kuitenkaan ole riittävä.

Ilmamäärämittaus 26.5.2010, Suomen Talokeskus Oy

Ilmamäärä mittaus osoitti, että ilmanvaihto on säädetty huomattavan alipaineiseksi. Ilmanvaihto on säädetty suunniteltuihin arvoihin. Liian alipaineiseen sisätilaan tulee väistämättä epäpuhtauksia rakenteiden läpi virtaavan ilman mukana.

Ilmanvaihdon toimivuuden tarkastaminen on tärkeää. Ilman tietoa ilmanvaihdon toiminnasta ei voi tehdä luotettavia johtopäätöksiä mahdollisista vioista tai vaurioista.

Tutkimusseloste 20.7.2010, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

Saunaosaston rakenneavauksista otetuista materiaalinäytteistä ei tutkimuksissa löytynyt kohonneita mikrobikasvustoja. Yläpohjan lämmöneristeistä löytyi kohonneita mikrobipitoisuuksia. Yläpohjan lämmöneristeistä otetusta näytteestä mitattiin korkeita arvoja erityisesti *Aureobasidium* nimisestä hiivasta ja ulkoilman yleisimmästä mikrobista, *Cladosporium* nimisestä homeesta. (Liite 11, taulukko 1.)

Aureobasidium hiiva viihtyy puumateriaaleissa ja sitä esiintyy yleensä pitkään jatku-neissa vauriorakenteissa, joissa puurakenteiden lahoaminen on edennyt jo pitkälle (Ympäristöministeriö. 26.1.2007). *Aureobasidium* hiiva pystyy kasvamaan myös ihmisessä, esimerkiksi päästessään hengitysteihin. Tällaisen tapaukset ovat onneksi harvinaisia ja niiden hoito on hyvin vaikeaa ja kallista. (Husman, Roto & Seuri 2002.)

Cladosporiumin on todettu mahdollisesti olevan toksineja tuottava mikrobi (Asumisterveysopas 2009) ja se on yksi maailman tärkeimmistä allergioita ja muita terveys-ongelmia aiheuttava sienilaji (Duodecim terveyskirjasto. 2010).

Talotehtaan reklamaatiokatselmus 2.9.2010

Talotehdas totesi reklamaatiokatselmuksessa, että kate ja otsalaudat on rakennettu virheellisesti. Virheellisestä asennuksesta on seurannut räystäiden lahoaminen. Edelleen on todettu, että hormin läpivienti ilmansulusta on tehty puutteellisesti. Ilmansulun toteutus ylä- ja alakerran välisessä välipohjassa on tehty suunnitelmista poiketen.

Ylä- ja alakerta on talotehtaan suunnitelmissa suunniteltu kosteusteknisesti omiksi tiloikseen. Välipohjaan on suunnitelmissa kuvattu asennettavaksi kaksi höyrynsulkumuovia päällekkäin. Yksi höyrynsulkumuovi on välipohjapalkin alapinnassa, sekä yksi höyrynsulkumuovi on välipohjapalkin yläpinnassa. Perinteisesti tätä on pidetty riskirakenteena. Talotehdas on hankkinut VTT:ltä lausunnon rakenteen toimivuudesta. Lausunnon on hankittu VTT:ltä vuonna 2004. Ennen lausuntoa on kyseisen ratkaisun mukaisia taloja tehty ilmeisesti satoja. Mikä on syy siihen, että talotehdas hankkii lausunnon vuosia rakenteen käyttöönoton jälkeen? Käytetty ratkaisu on varmasti herättänyt kysymyksiä jo aiemminkin. Tätä taloa ratkaisu ei kuitenkaan koske. Tämän talon höyrynsulku on tehty eri tavalla kuin ratkaisu, jota VTT:n lausunnossa tarkoitetaan.

4.1 Rakennuksen merkittävimmät puutteet ja virheet

Rakennuksen jatketut räystäät ovat lahonneet seurauksena katon virheellisestä asennuksesta. Rakennuksen vesikaton ja yläpohjan välinen ylätila tuulettuu pääosin näiden lahonneiden räystäiden kautta.

Ylätila on suunniteltu tuulettumaan päätykolmioihin tehtävistä tuuletusaukoista. Tuuletusaukot ovat erittäin niukat ja niiden arvioidaan olevan riittämättömät. Ylätilaan pääsevä ulkoilma lämpenee rakennuksen lämpövuotojen vaikutuksesta. Lämmetessä ilma imee itseensä kosteutta. Ilma pääsee kuitenkin vaihtumaan erittäin huonosti. Aluskate on laajalti näkyvässä mikrobikasvustossa. Kasvuston voidaan olettaa päästävän itiöitä ja aineenvaihduntatuotteita ylätilan ilmastoon.

Yläpohjan ilmansulkuna toimivan höyrynsulkumuovin todettiin olevan puutteellisesti asennettu. Varsinkin hormin liitos on käytännössä kokonaan tekemättä. Jokainen välipohjapalkki ja kattoristikon alapäärre lävistää höyrynsulkumuovin. Nämä liitokset ovat tiivistämättä. Kun ilmanvaihto on huomattavan alipaineinen, alipaine vetää runsaasti vuotoilmaa rakenteiden ja ylätilan kautta suoraan ulkoilmasta. Vuotoilman voidaan päätellä tulevan erityisesti puutteellisesti tiivistetyistä läpivienneistä.

Kodinhoitohuoneen kuivauskaapin poistoilma on johdettu siten, että se aiheuttaa välipohjan eristetilaan suuren kosteuskuorman. Kosteuskuorma purkautuu lämmöneristeiden läpi kuivempaan ylätilaan.

4.2 Sisäilman saastumisen mekanismi

Koska ylätila ei pääse tuulettumaan, muodostaa se hyvän kasvuympäristön mikrobeille. Se vähäinen korvausilma, joka ylätilaan pääsee, tulee lahonneiden räystäärakenteiden kautta. Korvausilman voidaan päätellä saastuvan lahonneista puurakenteista irtoavista mikrobeista.

Ylätilaan kohdistuu huomattava kosteuspaine kuivauskaapin poistoilmasta. Kosteusjäljet välipohjan lämmöneristeissä ja aluskatteen homekasvusto ovat osoitus tästä. Tämä ylimääräinen kosteus luo mikrobikasvustoille edullisen kasvuympäristön. Ylätilan ilmasto on näin saastunut mikrobeista.

Huoneistossa vallitsee suuri alipaine, jonka syynä on väärin säädetty ilmanvaihto. Alipaine vetää vuotoilmaa huoneistoon erityisesti ylätilaan johtavista hormin- ja välipohjan palkkien liitoksista. Vuotoilmaa tulee sisätiloihin, myös alapohjan betonilaatan reuna-alueilta ja putkistojen läpivienneistä. Vuotoilmana huoneistoon tulee, ylätilassa ja alapohjassa, mikrobeista saastunutta ilmaa.

5 KORJAUSEHDOTUS

Vaurioituneet räystäät pitää purkaa ja uusida. Purku on tehtävä riittävän laajalta, jotta kaikki vaurioitunut materiaali saadaan poistettua. Vesikatteen vedenohjaus on korjattava sellaiseksi, että vesi ei pääse valumaan rakenteisiin.

Yläpohjan eristeiden asennus on tarkastettava ja korjattava. Aluskatteen ja yläpohjan lämmöneristeiden kemiallisen puhdistamisen mahdollisuus on tutkittava ja tarvittaessa aluskate, sekä saastuneet eristeet poistetaan ja korvataan uusilla. Ennen uusien rakennusosien asentamista kaikki ylätilan rakenneosat puhdistetaan kemiallisesti. Kaikkien vaurioituneiden rakenneosien poistaminen ulotetaan 0,2-0,5 m:n etäisyydelle vaurioituneen kohdan ohi terveeseen materiaaliin (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus 1997, 62).

Aluskatteen läpiviennit on korjattava niin, että mahdollinen kondenssivesi tai katteen liitoksista vuotava vesi ei pääse valumaan aluskatteen alapuolelle. Kylmässä ylätilassa sijaitsevien ilmanvaihtokanavien lämpöeristys on tarkastettava ja korjattava. Ilmansulkuna toimivan höyrynsulkumuovin kaikki läpiviennit ja liitokset on korjattava ilmatiiviiksi. Ilmansulun läpivientien ja liitosten tiivistäminen on laaja ja vaativa työ. Työ on suunniteltava huolellisesti ja sen toteutusta on valvottava tarkasti. Ylätilan tuuletusta on parannettava. Päätykolmioihin on tehtävä mahdollisimman ylös uudet, vähintään 200mm leveät ja korkeat tuuletusaukot, rakentamismääräyskokoelman C2 suosituksen mukaisesti. Ilman vaihtuminen ylätilassa voidaan lisäksi varmistaa esimerkiksi koneellisesti.

Saunaosastolla on syytä tehdä laajempia rakenneavauksia, jotta voidaan varmistua siitä, mistä homekoiran antama merkki ulkoseinän alareunassa on peräisin. On mahdollista, että kevytsoraharkosta muuratun sokkelin ja betonilaatan liitoksesta vuotaa ilmaa alapohjasta. Suunnitelmien perusteella sokkelin ja laatan liitosta ei ole tehty ilmatiiviiksi. Mahdollista on myös, että vuotoilmaa tulee kevytsoraharkosta muuratun sokkelin ja ulkoseinän alaohjauspuun välistä ulkoa. Betonilaatan läpiviennit on tarkastettava ja korjattava ilmatiiviiksi. Lattialämmitysputkien läpivienneissä on todettu ilman liikettä. Viemärläpiviennit ovat pesuhuoneessa ja eteisessä. Myös näiden läpivientien tiiviys on tarkastettava.

Mahdollisuus yläkerran viemäriputken tuuletuksen jatkamiselle vesikatolle on selvitetävää. Välipohjan vuotava viemäriputki on korjattava. Saastuneet materiaalit poistetaan vuotoalueelta ja jäävät materiaalit on desinfioitava. Käyttö- ja lattialämmitysputkistojen jakotukeille on rakennettava valuma-altaat, jotka johtavat mahdollisen vuotoveden näkyville.

Kuivauskaapin poistoilma on johdettava siten, että ilman sisältämän kosteuden pääseminen rakenteisiin on estetty. Kuivauskaapin sisäilmaan poistama kosteusmäärä on suuri. Suositellaan sellaista kuivaajaa, joka tiivistää ilmankosteuden edelleen viemäritähtäväksi vedeksi. Kuivauskaapin yläpuolinen kotelo on purettava ja mikrobikasvustosta saastuneet rakenteet poistettava. Jäljelle jäävät rakenteet on desinfioitava.

Saunan ulkoseinässä on riskirakenne kahden päällekkäisen vesieristeen takia. Rakenne on ilmeisesti kuitenkin päässyt riittävästi kuivumaan sisäänpäin puutteellisesti asennetun alumiinipaperin liitoksista. Alumiinipaperin ja höyrynsulkumuovin välissä olevasta kipsilevystä ei tutkimuksissa löytynyt mikrobikasvustoja. Suositellaan rakenteen korjaamista rakentamismääräyskokoelman C2 mukaiseksi.

Korjausten jälkeen talon ilmanvaihtolaitteisto on nuohottava ja tarvittavilta osin desinfioitava. Lisäksi kaikki sisätilat desinfioidaan sopivalla kemikaalilla, ennen rakennuksen uudelleen käyttöönottoa.

6 POHDINTA

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia taloa eri menetelmillä mahdollisen vian löytämiseksi. Työ tehtiin Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus, ympäristöopas 28 periaatteiden mukaisesti. Opas on jo neljätoista vuotta vanha, eikä sen esimerkkitapaukset sovi 1990-luvulla ja sen jälkeen rakennettuihin taloihin. Kosteus- ja homevauriot kehittyvät vuosia ja siksi oppaassakin käsitellään 1940 - 1980-luvuilla rakennetuista taloista todettuja ongelmia. 1990-luvun rakennuksista oppaassa tunnustetaan vain ryömintätalallisten alapohjien ongelmat. Ympäristöopas 28 kuitenkin kuvaa erinomaisesti kuntotutkimuksen suunnittelun ja toteutuksen perusteita.

Terveydensuojelulain perusteella Sosiaali- ja terveysministeriö on laatinut Työsuojelulain (L763/94) 32§ nojalla asumisterveysohjeen. Ympäristö- ja Terveys-lehti on julkaissut asumisterveysohjeen soveltamisoppaaksi Asumisterveysopas kirjan. Asumisterveysopas ja Terveiden ja hyvinvointi laitoksen Internet -sivusto, ovat hyviä lähtökohtia tiedonhankinnalle terveyshaitan etsimisessä, sekä eri tutkimusmenetelmien määrittelemisessä.

6.1 Tutkimuksen tulokset

Tässä tutkimuksessa työ rajattiin sellaisiin tutkimuksiin, joita voitiin tehdä rakenteita vain vähän rikkomalla. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että rakenteiden laajempi avaaminen ja lisätutkimusten tekeminen on perusteltua. Esimerkiksi alapohjan ilmatiiveyttä reuna-alueilla pitää tutkia lisää.

Rakennuksesta ei tutkimuksissa löytynyt sellaista selvää kosteusvauriota tai muuta vikaa, jonka voisi varmuudella arvioida aiheuttaneen sellaisen vaurion, joka aiheuttaisi terveysongelmia. Terveyshaittaa aiheuttava mekanismi voi kuitenkin olla edellä kappaleessa 4.2. kuvatun mukainen.

Nykyään käytössä olevien rakenneratkaisujen ongelmista ei juuri ole kirjallisuutta. Kuten tässäkin tapauksessa, ilmavuotojen on todettu olevan merkittävä ongelma rakenteiden kosteusvaurioitumisessa.

Syy-yhteyden aukoton todistaminen on kuitenkin erittäin vaikeaa. Vaikka kaikki löytyneet viat korjattaisiin, ei terveysongelma välttämättä katoa. Todellinen vika on voinut jäädä havaitsematta ja se aiheuttaa myöhemminkin ongelmia. Yleisesti ottaen erityisen ongelmallista vianetsinnässä on epävarmuus siitä, onko vika ollenkaan talossa. Toisaalta, kuten tässä tapauksessa, löydettiin erilaisia rakennusvirheitä, sekä silmin havaittavia ja laboratoriossa todistettuja mikrobikasvustoja sellaisista paikoista, joissa niitä ei normaalisti pitäisi olla. Voidaan olettaa, että löydetyt vauriot eivät voi olla vaikuttamatta rakennuksen terveellisyyteen.

Korjausten tekeminen tässä kohteessa on tarpeellista ja niistä pitää laatia erilliset korjaussuunnitelmat. Korjaussuunnitelmien tekeminen ei kuulunut tämän työn tavoitteisiin. Korjaussuunnitelmien tekemiseen ja korjaustyön valvontaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Korjaamalla löydetyt puutteet, voidaan luotettavammin arvioida korjausten vaikutusta rakennuksen terveellisyyteen. Vaikka asukkaiden terveys ei kohenisikaan tai oireet eivät poistuisi, voidaan nyt löytyneet viat sulkea pois vain jos ne on korjattu.

Asukkaiden terveydentilan tehostettu seuraaminen vastaisuudessaakin on tärkeää. Vain siten voidaan saada lisätietoja korjauksen vaikutuksista asukkaiden terveydentilaan.

6.2 Rakennusselostukset ja -suunnitelmat tulevaisuudessa

Nykyään talotehtaalta saa talopakedin mukana hyvinkin yksityiskohtaiset suunnitelmat rakennuksen tekemiseksi. Talopaketteja myydään termeillä *vesikattovalmiiksi* tai *säältä suojaan*. Tällöin rakennuksen tulevaan toimivuuteen vaikuttavia rakennustöitä jää jonkun muun kuin talotehtaan tehtäväksi. Ammattirakentajat pystyvät tulkitsemaan talotehtaan suunnitelmia paremmin kuin maallikot. Suunnitelmien sisältö on voinut tulla erityisen tutuksi silloin, kun ammattirakentaja on tehnyt useampia saman talotehtaan suunnittelema rakennuksia. Entä kun maallikko itse rakentaa itselleen ja perheelleen talon. Pystyykö maallikko tulkitsemaan suunnitelmia riittävän tarkasti ja tekemään kaikki rakennustyöt niin, että niistä ei myöhemmin aiheudu ongelmia rakennuksen käytettävyydelle? Esimerkiksi ilmantiiveyden aikaansaaminen on erityistä huolellisuutta ja suunnitelmien lähtökohtien ymmärtämistä vaativa työvaihe. Vähintäänkin talotehtaat voisivat kehittää suunnitelma-asiakirjoja sellaisiksi, että myös maallikkorakentaja pystyisi helposti tekemään niiden pohjalta toimivan rakennuksen.

Nykyään vesi- ja viemäritöitä, sekä sähkötöitä, ei saa tehdä maallikko. Lainsäädännöllisesti rakennuksen rakentamisesta on vastuussa vastaava työnjohtaja. Vastaavan työnjohtajan pätevyysvaatimuksia onkin viime vuosina kiristetty tuntuvasti. Kestää varmasti kuitenkin vielä pitkään, ennen kuin vastaavat työnjohtajat ymmärtävät oikeasti vastuunsa rakentamisen laadusta, sekä velvollisuutensa valvoa rakennuksen kaikkien vaiheiden asianmukaista tekemistä. Vastaavan työnjohtajan vastuulla on, että rakennustöitä tekee sellainen henkilö, joka ymmärtää suunnitelmia, sekä tietää ja ymmärtää mitä kulloinkin kyseessä olevan rakennusvaiheen tekemisestä säädetään rakentamismääräyksissä ja miksi. Vastaava työnjohtaja on myös vastuussa siitä, että varsinaisen työn tekijä osaa tehdä työn sen vaatimalla tarkkuudella ja huolellisuudella.

6.3 Tämän työn arviointi

Työn arvioidaan onnistuneen hyvin. Asetettuun tavoitteeseen päästiin. Rakennuksesta löydettiin sellaisia vikoja ja vaurioita joiden voidaan arvioida vaikuttavan haitallisesti rakennuksen terveelliseen käyttöön. Työn avulla opittiin ymmärtämään, että rakennuksen terveystaitojen tutkiminen ei ole eksaktia tiedettä. Nykyisillä tutkimusmenetelmillä ei voi saavuttaa 100% varmuutta kaikkien vikojen löytymisestä. Aina jää myös, ainakin osittain, epäselväksi havaittujen vikojen tai vaurioiden todellinen merkitys ja vaikutus kulloinkin tutkittavana olevan kohteen asukkaisiin ja käyttäjiin. Tämä työ kehitti ymmärtämään eri lähteiden ja tutkimusmenetelmien kriittistä vertailua. Tutkimusmenetelmät kehittyvät koko ajan ja jo nyt on käytössä hyvin kehittyneitä menetelmiä, joiden tuloksia tosin ei pystytä vielä kiistatta arvioimaan tai vertailemaan.

LÄHTEET

Asumisterveysopas. 2009. 3. korjattu painos. Pori: Ympäristö ja terveys-lehti

Duodecim terveyskirjasto. 2010. *Allergiaa aiheuttavat sieni-itiöt*. Artikkelin tunnus: alg00322 (023.005). [verkkoartikkeli]. Kustannus Oy Duodecim. [viitattu 9.4.2011] saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=alg00322

Hengityслиitto. 2010a. *Sisäilman ongelmia tutkitaan: Toksiiniko syntipukki – millä mekanismilla*. [verkkoartikkeli]. Hengityслиitto Heli ry. [viitattu 2.4.2011]. Saatavissa: <http://www.heli.fi/default.asp?doclid=48114>

Hengityслиitto. 2010b. *VOC-päästöt*. [verkkoartikkeli]. Hengityслиitto Heli ry. [viitattu 2.4.2011]. saatavissa: <http://www.hengityслиitto.fi/Hengitysilma/Sisailma/Muita-sisailmaongelmia/VOC-paastot/>

Husman, T., Roto, P. & Seuri, M. 2002. *Sisäilma ja terveys – Tietoa rakentajille*. [verkkodokumentti] Kuopio: Kansanterveyslaitos. [viitattu 9.4.2011]. saatavilla: <http://www.ktl.fi/publications/2002/b14.pdf>

Hyvärinen, J. & Ojanen, T. 2008. *Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen*. [verkkodokumentti]. VTT. [viitattu 1.4.2011] <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96145>

Häkka-Rönholm, E. & Ojanen, T. 2004. *Lausunto rakenteen kosteusteknisestä toimivuudesta 1.12.2004*. Espoo: VTT

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997. Ympäristöopas 29. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997. Ympäristöopas 28. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Seuri, M. & Palomäki, E. 2000. *Haasteellinen sisäilma: Riskianalyysi sisäilmaongelmissa*. Tampere: Rakennustieto Oy

THL. 7.4.2008. *Terveyshaitat ja niiden tutkiminen*. [verkkojulkaisu]. Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos. [viitattu 2.4.2011]. Saatavissa: <http://www.ktl.fi/portal/2985>

Torikka, K., Hyypöläinen T., Mattila, J. & Lindberg, R. 1999. *Kosteusvauriokorjausten laadunvarmistus*. Tampereen teknillisen korkeakoulun talonrakennustekniikan julkaisu 99. Tampereen teknillinen korkeakoulu, HKR-Rakennuttaja, Ympäristöministeriö.

Valtioneuvoston periaatepäätös toimenpiteistä rakennusten kosteusvaurioiden ja niiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämiseksi 12.5.2010. [verkkodokumentti].

Valtion ympäristöhallinto. [viitattu 19.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=117868>

Ympäristöministeriö. 26.1.2007. *Homeet ja sienet*. [verkkoartikkeli]. Valtion Ympäristöhallinto. [viitattu 2.4.2011] saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=4133>

Ympäristöministeriö. 28.7.2008 *Rakennuksen terveellisyys*. [verkkoartikkeli]. Valtion ympäristöhallinto. [viitattu 13.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=20649>

www.savonia.fi

