

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuja artikkeleita](#)

Koulurakennusten sisäilmasto-ongelmien ja kosteusvaurioiden korjaamisen oppaat

Jarek Kurnitski
Tkt, Dosentti
TKK LVI-tekniikka

Teknillinen korkeakoulu, Hengitysliitto Heli ry ja Kuopion yliopisto ovat laajassa tutkimushankkeessa valmistelleet uuden kaksiosaisen oppaan koulurakennusten korjausratkaisuista. Oppaissa tarkastellaan 1950–1980 -luvulla rakennettujen koulujen tyypillisiä ratkaisuja, mutta soveltuvin osin ne ovat käytettävissä myös muille rakennuksille. Oppaan ensimmäinen osa [1] käsittelee korjausratkaisuja ja toinen osa [2] kuntotutkimuksia ja korjaushankkeen läpiviennin. Oppaat julkaistaan syksyllä 2008 Opetushallituksen julkaisuina.

Hankkeen työ on koskenut kolmea merkittävää osa-aluetta:

- Korjausprosessin ja kuntotutkimusten kehittäminen ja ohjeistaminen erityisesti tilaajia varten
- Ilmanvaihdon korjausratkaisut ja ilmanvaihdon oikea käyttö vanhoissa rakennuksissa
- Rakenteiden korjausratkaisut, jotka muodostavat suurimman osan ko. oppaista.

Kehitetty ohjeistus esittää ajan tasalla olevan tiedon toimivista korjausratkaisuista ja rakennusten kunnan tutkimisesta. Ohjeistuksessa on yritetty esittää yleisesti hyväksytyt, tarkoitukseen soveltuvat korjausratkaisut 1950-luvulla ja myöhemmin rakennettujen peruskoulurakennusten tyypillisiin ongelma-kohtiin rakenteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän osalta. Korjausratkaisut on annettu mm. vaurion laajuudesta ja vakavuudesta riippuen eritasoisina ja ne on jaettu kevyisiin, keskiraskaisiin ja raskaisiin korjauksiin. Raskailla korjauksilla ongelmat saadaan varmasti poistettua, mutta vaarana voi olla yli-
korjaaminen. Korjausratkaisujen lisäksi ohjeistettiin hyvän käytännön mukainen korjausprosessi. Sitä noudattamalla tilaajat (kaupungit ja kunnat) voivat suunnitella, toteuttaa ja valvoa hankkeensa oikealla tavalla. Tekijät uskovat, että ohjeita noudattamalla korjausten onnistumisen ja tarkoituksenmukaisuuden pitäisi olennaisesti parantua.

Sisäilmasto-ongelmat koulurakennuksissa

Suomessa on merkittävä koulurakennuskanta. Ajankohtaista on erityisesti 1960–1980 -luvun koulurakennusten korjaaminen. Suuressa osassa toisen maailmansodan jälkeen 1950–1980 -luvulla rakennetuissa koulurakennuksissa sisäilmaston laatu on huono ja niissä on koululaisten ja koulun henkilökunnan terveyttä haittaavia kosteudesta aiheutuneita homevaurioita. Kyse-lytutkimuksen perusteella arvioitiin v. 1996 noin neljäsosassa koulurakennuksia esiintyvän vakavia kosteusvaurioita [3]. Vielä yleisempiä ongelmia aiheuttivat veto (42 %) ja riittämätön ilmanvaihto (40 %). Vuoden 2007 tutkimuksen [4] mukaan riittämätön ilmanvaihto on koulujen johdon mielestä edelleen yleisin sisäympäristö-ongelma, josta valitti 41 % vastanneista. Toiseksi yleisin oli lämpötila (27 %), josta valitettiin enemmän kuin mm. tilojen ahtaudesta ja epäkäytännöllisyydestä. Kosteusvaurioista ja homeista valitettiin 2007 enää 6 %:ssa kouluista. Se osoittaa ainakin tilanteen rauhoittumista, mutta mahdollisesti myös korjausrakentamisen tuloksia.

Sisäilmasto-ongelmien korjausperiaatteet

Rakennusten sisäilmaongelmat ovat monimuotoisia ja niiden havainnointi mittauksin voi olla erittäin vaikeata. Ongelmaa vaikeuttaa se, että sisäilman laatua ei pystytty kaikilta osin mittaamaan ja homeiden terveysvaikutusmekanismeja tunnetaan hyvin vähän. On mielenkiintoista, että tieteellisesti on osoitettu parhaiten kosteusvaurioiden ja terveysvaikutusten välinen yhteys [5,6]. Homeiden terveysvaikutusta ei vielä pystytty erottelamaan kosteusvaurioiden terveysvaikutuksesta. Esimerkiksi homeen haju on tulkittavissa kosteusvaurion indikaattoriksi. Sisäilman mikrobipitoisuuksille on kuitenkin voitu antaa ohjearvot [7], jotka on saatu vertailemalla terveitä ja ”hometaloja”. Myös homeen kasvua

osataan jo melko hyvin mallintaa, mutta homeitiöiden ja homeen aineenvaihduntatuotteiden kulkeutumisesta rakenteiden läpi sisäilmaan ei kuitenkaan osata laskea. Tämän takia korjausratkaisuja ei pystytty ”mitoittamaan” niin, että jätettäisiin alle asumisterveysohjeen [7] sisäilman mikrobipitoisuuden ohjearvojen. Käytännön korjausrakentamisessa käytetäänkin tyypillisesti samoja korjausratkaisuja, riippumatta siitä, onko rakenteessa vähäinen tai voimakas mikrobikontaminaatio. Tästä johtuen kysymykseen, saako homehtunutta materiaalia jäädä rakenteisiin, voidaan vastata pääsääntöisesti kokemuseräisesti.

Yleinen käsitys on, ettei kevyissä rakenteissa yleensä ole syytä hyväksyä mikrobikasvustoa. Kivirakenteet pystytään luotettavammin tiivistämään, jolloin mikrobin kulkeutuminen rakenteiden läpi on paremmin hallittavissa. Ei ole kuitenkaan tutkittua tietoa miten korkeita mikrobipitoisuuksia voidaan jättää järkevällä riskillä rakenteisiin. Samalla on joitakin tutkimuksia, esimerkiksi homeitiöiden kulkeutuminen laboratoriomittaukset puurunkoisen levyrakenteen läpi [8], jotka antavat viitteitä oikeista korjausperiaatteista. Käytännössä kuitenkin erityisesti korjausrakentamisessa joudutaan vielä toimimaan pitkään kokemusperäisten, testattujen ratkaisujen varassa. On tiedettävä, mitkä ratkaisut ovat osoittautuneet käytännössä sisäilmaston ja terveysvaikutusten kannalta toimiviksi ja mitkä eivät.

Ulkoisista olosuhteista johtuen tietyissä paikoissa ei homeen kasvua voida välttää kosteusteknisellä suunnittelulla ja tavanomaisilla toimenpiteillä. Esimerkiksi maanvastaisten alapohjien täyttökerroksissa on tyypillistä voimakas bakteerikasvusto ja vähäinen homesienikasvusto [9]. Yleensä ne eivät aiheuta terveyshaittoja, mutta tietyissä olosuhteissa alapohjan liitosten läpi tulevat ilmavirtaukset tuovat mikrobikasvustojen epäpuhtaudet sisäilmaan ja aiheuttavat oireilua. Tällöin mikrobikasvustot on katsottava terveyshaitaksi. Vanhojen julkisivuelementtien ja tiilirakenteiden ulkoseinien mineraalivilllaeristeissä, rakennuksen ulkopinnalla ja ulkoseinän tuuletusraossa kasvaa myös usein mikrobeja. Nämä mikrobit voivat elää eristeissä vuosikausia aiheuttamatta haittaa tilojen käyttäjille. Jokin olosuhteissa tapahtunut muutos, esimerkiksi ilmanvaihdon lisääntynyt alipaineisuus, saattaa kuljettaa mikrobeja tai aineenvaihduntatuotteita sisäilmaan ja aiheuttaa oireilua. Silloin niistä tulee terveyshaitta. Tämä on otettava huomioon materiaalivalinnoissa ja rakenteiden ilmatiivyyden suunnittelussa, jotta vältetään vähäisen mikrobikasvun itiöiden ja aineenvaihduntatuotteiden siirtyminen sisätiloihin.

On viitteitä siitä [10], että alipaineistava ilmanvaihto voi vanhoissa rakennuksissa edesauttaa epäpuhtauksien, kuten rakenteissa tai

maaperässä olevien mikrobin leviämistä. Koska vanhoihin rakennuksiin jää helposti peruskorjauksen jälkeenkin erilaista kontaminaatiota, on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei ilmanvaihto missään tilanteessa edesauttaisi epäpuhtauksien leviämistä rakennukseen. Se on otettava huomioon painesuhteiden hallinnan avulla sekä ilmanvaihdon suunnittelussa että ilmanvaihdon käytössä ja käyntiajoissa.

On myös muistettava, että kosteus- ja homeongelmat eivät ole yleisimpiä koulurakennusten sisäilmasto-ongelmien syitä. Ne ovat vaikeimmissa tapauksissa toki olleet yksi olennainen syy. Mutta toisaalta niiden merkitys on joskus ylikorostunut, jonka takia rakennuksien rakenteita on myös ylikorjattu. Valitettavan usein todelliset ongelmien syyt, esimerkiksi toimimaton ilmanvaihtojärjestelmä seurannaisvaikutuksineen (painesuhteet, ilmavirtauksen suunnat) tai mineraalivilllakuidut, ovat jääneet korjaamatta. Käyttäjien oireet eivät sitten ole raskaidenkaan korjausten jälkeen poistuneet. Ne ovat osoitus sisäilmasto-ongelmien ratkaisemisen ja korjausratkaisujen ohjeistuksen suuresta tarpeesta.

Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnon tutkiminen ja korjaushankkeiden toteutus

Opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnon tutkimiseen ja korjaushankkeiden toteutukseen [2] ohjeistaa korjaushankkeiden suunnittelua ja läpivientiä. Se on kehitetty koulurakennusten sisäilmasto- ja kosteusvauriokorjauksiin, mutta sitä voidaan soveltuvin osin käyttää peruskorjaushankkeissa ja myös muiden rakennusten korjaushankkeissa. Opas on tarkoitettu kaupunkien ja kuntien tiloista ja korjaushankkeista vastaaville henkilöille ja kuntokartoitusten, -tarkastusten ja -tutkimusten suorittajille (kuntotutkijoille).

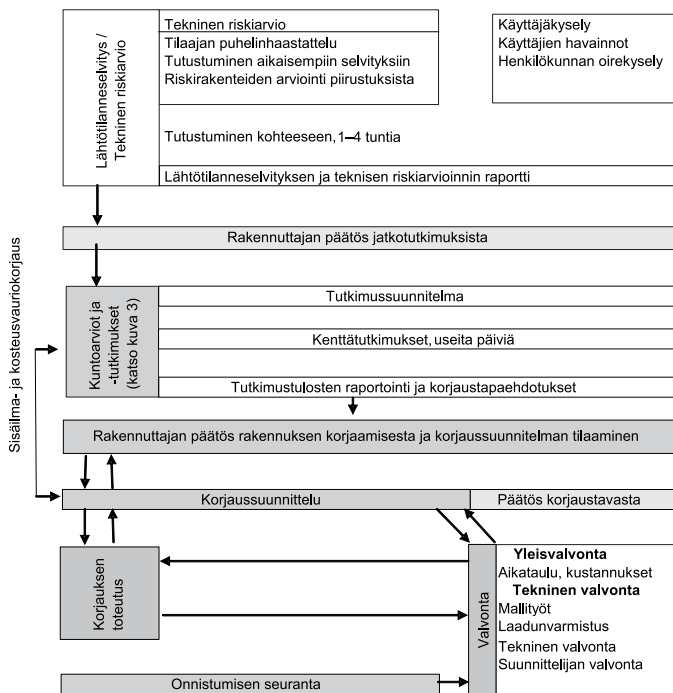
Oppaassa esitetään sisäilmasto- ja kosteusvauriokorjaushankkeen prosessin eteneminen, kuva 1. Rakennuksen kunnon tutkimisessa on tärkeää kokonaisvaltainen ja vaiheittain tarkentuva lähestymistapa, jolla varmistetaan, että kaikki olennaiset asiat tutkitaan. Kuntotutkimuksia ei voi heti tilata määrättyssä laajuudessa vaan niiden tarve on määritettävä lähtötilanneselvityksellä (tekninen riskiarvio), joka on lähinnä riskirakenteiden tunnistamista ja ilmanvaihtojärjestelmän teknisen tason tarkistamista piirustuksista. Lähtötilanneselvitys tilataan yritykseltä (kuntotutkijalta), jolla on valmiudet kosteusvaurioiden, ilmanvaihtojärjestelmän ja sisäilmaston tutkimiseen. Tämän työn laajuus on sinänsä pieni, mutta työn tulokset osoittavat

ne asiat, mitkä on tutkittava kartoitusten, tarkastusten ja kuntotutkimusten avulla.

Seuraava vaihe on kohteessa tarvittavien kartoitusten, tarkastusten ja kuntotutkimusten tilaaminen, mikä tehdään lähtötilanneselvityksen ja mahdollisen käyttäjäkyselyn tulosten mukaisesti. Ne tilataan tyypillisesti yhdessä paketissa, edellyttäen, että lähtötilanneselvitys kertoo riittävän yksityiskohtaisesti, mitkä asiat on tutkittava. Seuraavat kartoitukset ja tarkastukset tehdään ilman rakenneavauksia, mutta näissä käydään koulurakennus (tai sen tutkittava osa) systemaattisesti ja kattavasti läpi. Kartoitusten ja tarkastusten havainnoista nähdään mistä kohdista ja missä määrin kuntotutkimuksia tarvitaan. Kuntotutkimuksissa tehdään tyypillisesti rakenteiden avauksia, otetaan materiaalinäytteitä sekä tehdään porareikämittauksia, sisäilmaston tutkimuksia ja otetaan näytteitä. Toimeksiantoon sisällytetään yleensä tietty määrä kuntotutkimuksia, esimerkiksi 10 rakenneavausta ja vastaavat mittaukset ja analyysit. Jos ne eivät riitä, on työtä jatkettava. Korjaussuunnitelmat laaditaan em. tutkimusten tuloksena saatavien korjausehdotusten perusteella.

Korjaushankkeelle on eduksi palkata konsultti jo ennen hankkeen suunnitteluvaihetta. On tärkeää, että sama konsultti koordinoi kuntotutkimusta alusta loppuun, esittää korjaustapaehdotukset, tarkistaa korjaussuunnitelmat, järjestää korjausrakentamisen kilpailuttamisen ja valvoo työn toteutusta teknisen valvonnan osalta.

Esitettyä prosessia noudattamalla voidaan vähentää hankkeen toteutuksen aikaisia ”yllätyksiä” tai ainakin tiedetään, onko niitä tulossa vai ei. Toteutuksen aikana on tärkeää valvoa, että toteutus noudattaa yksityiskohtaisesti korjaussuunnitelmia ja -ohjeita. Useissa kohteissa korjaukset ovat epäonnistuneet, koska urakoitsija tai vastaava mestari on käyttänyt omia ratkaisujaan. Jos korjaustyön aikana havaitaan rakenteiden avausten yhteydessä uusia tai odotettua laajempia vaurioita, tulee varmistua siitä, että korjaussuunnitelmia täydennetään havaittujen vaurioiden osalta. Korjausten jälkeen tulee varmistua korjausten onnistumisesta. Vaikka valitukset loppuvat, on syytä tarkistaa tilanne esimerkiksi 6 kk kuluttua rakennuksen käyttöönotosta oikeuskyselyllä.



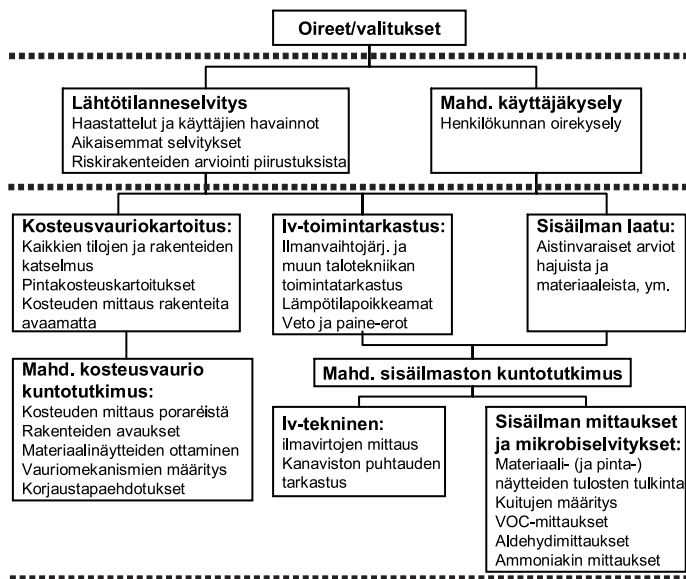
Kuva 1. Rakennuksen kunnan arvioinnin ja korjaamisen prosessi sisäilmasto- ja kosteusvauriokorjauksissa.

Oppaassa on yksityiskohtaisesti ohjeistettu, miten kuntoarviot ja -tutkimukset, korjausten suunnittelu, toteutus ja valvonta tehdään. Kuvassa 2 on esitetty yksi osa, kunnan arvioinnin ja tutkimisen vaiheet. Koska projektia aloitettaessa ei yleensä osata arvioida tarvittavia tutkimuksia eikä tutkimuksen kustannuksia, hanke toteutetaan yleensä kahdessa vaiheessa. Rakennuksen kunnan arviointi aloitetaan lähtötilanneselvityksellä (tekninen riskiarvio), kuva 2. Se tilataan rakennuksen kunnan arviointiin erikoistuneelta yritykseltä (kuntotutkija), jolla on riittävä rakennustekninen ja LVI-tekninen asiantuntemus. Tilaaaja toimittaa tarjouspyynnön liitteenä oleelliset rakenne- ja LVI-piirustukset sekä raportit aiemmin tehdystä selvityksestä. Kuntotutkija tekee lähtötilanneselvityksen haastattelujen, aikaisempien selvitysten, piirustusten ja lyhyen kohdekäynnin pohjalta. Kohteessa käydään läpi vain epäilynläiset tilat, mutta systemaattisia kartoituksia tai tarkastuksia ei tässä vaiheessa tehdä. Tämän työn laajuus voi olla esimerkiksi 20–30 tuntia.

Lähtötilanneselvityksessä tarkistetaan piirustusten ja aikaisempien selvitysten perusteella kohteen riskirakenteet ja ilmanvaihtojärjestelmän tekninen taso sisäilman laadun kannalta. On myös varmistettava, että piirustukset vastaavat todellisuutta. Eri aikakausina rakennetuissa rakennuksissa olevia riskiratkaisuja on esitetty varsinaisessa korjausratkaisujen oppaassa [1]. Asiantuntija löytää piirustusten ja kyseessä ole-

van aikakauden tyypillisten ratkaisujen perusteella kohteen riskirakenteet. Myös ilmanvaihtojärjestelmän tekninen taso nähdään piirustusten ja rakentamis- tai korjausajankohdan perusteella. Riskiratkaisujen selvittyä kyse on siitä, mitkä rakenteista ja järjestelmistä ovat johtaneet kosteusvaurioihin tai sisäilmaongelmiin ja mitkä ovat kyseessä olevassa kohteessa toimineet ongelmittia. Se tarkistetaan jatkossa kohteessa tehtävillä systemaattisilla kartoituksilla, tarkastuksilla ja kuntotutkimuksilla.

Lähtötilanneselvityksen havainnot raportoidaan. Raportin tärkein tulos on tutkimussuunnitelma kohteessa tarvittavista jatkotutkimuksista. Hyvä käytäntö on, että kuntotutkija arvioi jatkotutkimustoimenpiteiden laajuuden ja näistä aiheutuvat kustannukset lähtötilanneselvitysraportissa. Hinnoitellut jatkotutkimustoimenpiteet toimivat tarjouksena ja tilaaja päättää niiden pohjalta, mitä konsultilta tilataan. Tilaajan käytännöstä riippuen jatkotutkimukset voidaan tilata suoraan, jos tilaajalla on käytössä vuosisopimuskilpailutus (esim. kilpailutus 2 vuoden välein). Lähtötilanneselvitys antaa tarvittaessa myös mahdollisuuden kilpailuttaa jatkotutkimukset. Tilaaja voi tehdä tilauksen kiinteähintaisesta kuntotutkimustyöstä tai tuntityönä työmenekkiarvion kanssa. Tilausta ei tehdä yleensä piikki auki -periaatteella, koska koko tutkimuksen hinta voi olla melko suuri esimerkiksi 20 000–30 000 € kohteesta ja tehtävistä toimenpiteistä riippuen.



Jatkotutkimukset on syytä tilata yhtenä paketina, jolloin kuntotutkija käyttää tarvittaessa alihankintaa/palveluja (yleensä hän ei pysty itse tekemään kaikkea). Kuntotutkija on myös vastuussa siitä, että jatkotutkimusten tulokset analysoidaan kokonaisuuden kannalta kaikilta osin ja raportoidaan tilaajalle yhtenä raporttina. Raportin pitää sisältää selkeästi kaikkien jatkotutkimusten (rakenteet, ilmanvaihto, mikrobit, sisäilma) tulosten ja johtopäätösten pohjalta esitetyt yhteiset korjaus- ja mahdolliset muut toimenpide-ehdotukset.

Jatkotutkimusten suorittaminen, samoin korjausten suunnittelu, toteutus ja valvonta on kuvattu yksityiskohtaisesti oppaassa [2].

Ilmanvaihdon parannus- ja korjausratkaisut

Tässä osassa on kuvattu ilmanvaihdon suunnittelun ja käytön erityispiirteet korjausrakentamisessa ja vanhoissa rakennuksissa yleensä. Koska on viitteitä siitä, että ilmanvaihto voi vanhoissa rakennuksissa edesauttaa epäpuhtauksien, kuten rakenteissa tai maaperässä olevien mikrobin, leviämistä, on ilmanvaihto suunniteltava ja sitä on myös käytettävä jonkun verran eri tavalla kuin uusissa rakennuksissa tehdään. Esitetty ohjeistus painesuhteiden hallinnasta, ilmanvaihtojärjestelmän soveltamisesta rakennukseen sekä ilmanvaihdon käytöstä on laadittu erityisesti korjausrakentamista varten. Myös ilmanvaihdon mitoituspäätökset on ohjeistettu. Näissä vanhoissa rakennuksissa, joissa on erityisen ahtaat tilat ja ilmanvaihtojärjestelmän sijoittaminen rakennukseen vaikeata voidaan ilmanvaihto suunnitella ehdottomien vähimmäisvaatimusten pohjalta. Lopputuloksena saadaan kohtuullinen, muttei täysin uuden veroista vastaava sisäilmasto. Jos tilaa on riittävästi (kuten myös uusissa rakennuksissa), ilmanvaihtomitoituksessa voidaan käyttää enemmän varmuutta ja vastaavasti tiukempia sisäilmastotavoitteita. Mitoituspäätökset ja varsinaiset korjausratkaisut on kuvattu yksityiskohtaisesti oppaassa [1].

Koska vanhoihin rakennuksiin voi jäädä myös peruskorjauksen jälkeen erilaista kontaminaatiota, on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, ettei ilmanvaihto edesauta epäpuhtauksien leviämistä rakennukseen. Rakenteiden kunosta riippuen ilmanvaihto on ohjeistettu säädettäväksi joko täysin tasapainoiseksi tai hie-man ylipaineiseksi. Ylipainetta (tuloilmavirrat suurempia kuin poistoilmavirrat) voidaan käyttää vain kivirakenteisissa koulurakennuksissa, joiden rakenteiden ilmanpitävyys on varmistettu korjausten yhteydessä tehtävillä tiivistysmenpiteillä. Näillä edellytyksillä kokonaistuloilmavirta voidaan säätää 10–15 % suurem-

maksi kuin kokonaispoistoilmavirta. Ilmanvaihtokoneissa on lisäksi käytettävä tiheyskorjattua ilmavirtojen ohjausta, koska muuten lämpötilaeroista johtuen poistoilmavirta tulee suuremmaksi talviolosuhteissa. Pelkkä painesuhteiden hallinta ei yksin riitä epäpuhtauksien leviämisen estämiseen rakenteista oleskelutiloihin. Lisäksi edellytetään rakenteiden sisäpinnan lähes täydellistä tiiviyyttä.

Toinen vanhojen rakennusten erityispiirre on ilmanvaihdon jatkuva käyttötarve. Ilmanvaihtojärjestelmää ei voida käyttää kuten uusissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihtokoneet sammu-tetaan yöksi ja mm. WC-tilojen erillispoistot ovat jatkuvasti päällä. Erillispoistot alipaineis-tavat rakennuksen ja se voi johtaa siihen, että ra-kenteissa, ryömintätalissa tai maaperässä olevat epäpuhtaudet (mikrobit, bakteerit, hajut ym.) imetään rakennukseen ja pilataan sisäilman laa-tu. Se on vältettävissä suunnittelemalla ilman-vaihtojärjestelmä niin, että sitä voidaan käyttää 20–30 % osateholla (ilmanvaihdon tasapaino-tuksen pysyessä muuttumattomana) käyttöaika-jen ulkopuolella. Osatehokäyttö voidaan toteut-taa varustamalla varsinaisten ilmanvaihtokonei-den lisäksi erillispoistot taajuusmuuttajajauk-sella. Tällöin valvontajärjestelmän kautta voi-daan käyttää kaikkia rakennuksen tiloja osail-mavirralla, joten tilakohtaiset painesuhteet py-syvät samana kaikissa käyttötilanteissa.

Vaihtoehdoisesti voidaan luopua WC-tilojen erillispoistopuhaltimista ja liittää tilat erillis-kanavoinnilla yleispoistokoneeseen. Lämmön-talteenoton valinnassa on silloin otettava huo-mioon epäpuhtauksien siirtyminen poistoilmas-ta tuloilmaan. Turvallisinta on käyttää välillistä lämmöntalteenottojärjestelmää (esim. vesi/gly-kolipatteria). Jos ilmanvaihto sammutetaan yöksi, on ilmanvaihto käynnistettävä kaksi tun-tia (tavanomaisen yhden tunnin sijasta) ennen rakennuksen käytön alkamista. Ilmanvaihdon osatehokäyttö öisin ja viikonloppuisin on kui-tenkin suositeltavaa myös tässä vaihtoehdossa.

Rakenteiden korjausratkaisut

Vaikeinta sisäilmaongelmien korjaamisessa on korjauksen laajuuden ja korjaustavan määrittä-minen. Perusteellisesti korjatuissa kouluissa si-säilmaan liittyvät terveysoireet vähenevät mer-kittävästi, kun taas osittain korjatuissa kouluissa oireet helpottuvat vähemmän. Myös ilman mik-robipitoisuudet ja lajistot muuttuvat perusteelli-sesti korjatuissa kouluissa normaaleiksi [11]. Toisaalta käytännössä koulurakennuksissamme on paljon rakenteita, mm. talon keskellä olevia maanvastaaisia kellarinseinä, joita ei yksinker-taisesti pystytä korjaamaan nykyisin vaaditta-vaan tasoon niiden mahdollittaman sijainnin ta-kia. Ikävä tosiasia on, että jokaisen suomalaisen

vanhemman rakennuksen vaipassa on jossain paikassa mikrobeja: tuulensuojalevyjen ulkopinnoissa, lämmöneristevillojen ulkopinnoissa, vesikaton eristeiden ulkopinnoissa ja ainakin lattioiden alla olevassa täyttömaassa. Hometta löytyy aina, jos sitä kaivaa tarpeeksi syvältä. Korjaussuunnittelijan vaikea tehtävä on ymmärtää milloin ja missä mikrobikasvu aiheuttaa terveyshaittariskin ja millä edellytyksillä.

Mikrobien tuottamat itiöt ja rihmaston osat liikkuvat ilmapvirtausten mukana ja niiden tulo sisäilmaan voidaan teoriassa estää sulkemalla niiltä ilmareitti vaurioituneesta materiaalista sisäilmaan. Menetelmää kutsutaan tiivistämiseksi. Tiivistäminen soveltuu joihinkin rakenteisiin. Mikrobien aineenvaihduntatuotteet ovat kaasuja ja tulevat siksi pieninä määrinä myös useimpien rakennusmateriaalien läpi [12].

Mikäli rakenteeseen joudutaan jättämään mikrobivaurioitunutta materiaalia, on siis erittäin tärkeää, että rakenteen sisäpuolinen kerros on mahdollisimman kaasutiivistä; kaikki liitokset ja läpiviennit on erittäin hyvin tiivistetty ja sisätilan ilmanvaihto on määrällisesti suuri, mutta ei juurikaan alipaineinen. Monin paikoin, vähäisen kosteuskuorman tapauksissa, voitaisiin jopa soveltaa ilmanvaihdon pientä ylipaineistamista mikrobivaurion korjauksen yhteydessä. Rakenteen kaasutiiviyysvaatimus johtaa siihen, ettei myöskään vesihöyry pääse rakenteen läpi. Ylipaineistaminen vaatii kuitenkin tarkkaa suunnittelua.

Tässä oppaassa korjausvaihtoehdot on luokiteltu kolmeen tasoon A, B ja C vaurioiden ja korjausten laajuuden mukaan. A-tason ratkaisut ovat kevyitä, mutta kuitenkin soveltuviin tapauksiin pitkäikäisiksi eli pysyviksi korjauksiksi tarkoitettuja. B-tason korjaukset ovat keskiraskaita ja C-tason korjaukset raskaita korjauksia. C-tason ratkaisussa poistetaan vaurioitunut materiaali kokonaan ja periaatteessa C-taso vastaa myös uusien rakentamismääräysten vaatimuksia. A- ja B-tasojen ratkaisuissa rakenteeseen jää vaurioitunutta materiaalia, mutta materiaaliassa syntyvien päästöjen pääsy sisäilmaan on estetty. B-tasolla yleensä kahdella eri tavalla.

C-korjaustasossa rakenteen vaurioituneet osat poistetaan ja uusi korjattu rakenne täyttää vähintään nykyisten rakentamismääräysten tason kosteus- ja lämpöteknisiltä ominaisuuksiltaan. Korjauksen jälkeen rakennusosassa ei ole vaurioitunutta materiaalia eikä siitä voi tulla sisäilmaan päästöjä. C-tason ratkaisussa siis korjataan esimerkiksi homevaurioitunut rakenne uudenaikaiseksi, varmatoimiseksi rakenteeksi. Pääsääntöisesti on suositeltavaa käyttää C-tason korjausratkaisuja, kun

- korjataan kevyitä, esim. puu- ja levyrakenteita
- mikrovaurioituneet materiaalit on muuten helppo poistaa
- korjattavassa tilassa on jatkuvasti käyttäjiä

- halutaan saada rakenne uutta vastaavaksi.

A-korjaustasossa kaikkia rakenteen vaurioituneita osia ei poisteta, vaan osa vaurioituneesta materiaalista jää rakenteen sisään. Rakenne tiivistetään ilmatiiviiksi päästöjen minimoimiseksi. Korjauksen jälkeen rakenteen sisällä olevasta vaurioituneesta materiaalista ei saa tulla ilmavuotojen kautta päästöjä sisäilmaan. Tiivistyksen onnistuminen varmennetaan merkkiaine-analyysillä. Tiivistetyn rakenteen toimintaa pitää seurata säännöllisin väliajoin (noin 3–5 v.) uusittavalla merkkiaineanalyysillä. Pääsääntöisesti A-tason korjausratkaisuja on suositeltavaa käyttää, kun

- korjattavat materiaalit ovat itsessään tiiviitä tai ne on mahdollista tiivistää, esim. hyvälaatuinen betonirakenne
- rakenteita on mahdoton purkaa tai purkamisen johtaa käyttöhyötyyn nähden kohtuuttomiin kustannuksiin
- tila on toisarvoisessa käytössä.

B-korjaustaso eroaa A-tasosta siten, että tiivistyskorjauksen varmuutta on lisätty esimerkiksi alipaineistamalla vaurioitunut eristetila. Korjaus ei saa jäädä alipaineistuksen varaan, tiivistyskorjauksen pitää olla jo itsessään toimiva ja alipaineistus vain lisää varmuutta. Korjauksen jälkeen rakenteen sisällä olevasta vaurioituneesta materiaalista ei saa tulla ilmavuotojen kautta sisäilmaan päästöjä. Tiivistyksen onnistuminen varmennetaan merkkiaineanalyysillä ja alipaineistuksen onnistuminen paine-eromittauksella. Rakenteen toimintaa pitää seurata säännöllisin väliajoin (noin 3–5 v.) uusittavalla merkkiaineanalyysillä ja paine-eromittauksilla.

B- ja A-tason korjauksia voidaan soveltaa pääasiassa betonirakenteisiin, jotka ovat itsessään kohtalaisen tiiviitä. Myös tiilisissä rakenteissa voidaan joissain tapauksissa soveltaa tiivistyskorjauksia, jos muurattu rakenne päällystetään esimerkiksi tiiviillä laastikerroksella. Puu- ja levyrakenteita ei kannata korjata tiivistämällä niiden huonon perusilmatiiviyden tähden.

Vaikka tässä oppaassa on esitetty suuri määrä erilaisia korjausratkaisuja, on oikean korjausratkaisun valinta aina tapauskohtaista. Esitetty korjausratkaisu ovat myös enemmän tai vähemmän viitteellisiä ja ne on erityisesti tarkoitettu suunnittelijan opastamiseksi. Kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten kuntotutkimusta ja korjausta on käsitelty yleisemmin myös muiden rakennustyyppien osalta ympäristöoppaissa [13, 14]. Näiden vaihtoehtojen pohjalta suunnittelija voi valita tarkoituksenmukaisen korjaustavan ja laatia yksityiskohtaisen suunnitteluratkaisun ko. kohteeseen. Korjaustapaa valittaessa pitää arvioida kahta asiaa:

1. korjauksen vaikutusta rakenteen kosteus- ja lämpötekniiseen toimintaan ja kantavuuteen
2. korjauksen vaikutusta sisäilman epäpuhtauksiin ja sitä kautta käyttäjien terveyteen.

Pelkkä kosteustfysikaalisen käyttäytymisen parantaminen ei riitä, jos kuivassakin rakenteessa olevat mikrobit aiheuttavat edelleen oireita käyttäjille. Toisaalta pelkkä mikrobivaurioituneiden rakenteiden vaihtaminen ei riitä, jos olosuhteet rakenteessa jäävät sellaisiksi, että rakenne vaurioituu uudestaan. Usein joudutaan tekemään valinta, jossa rakenteeseen jää riskejä. Nämä riskit on tiedostettava ja tavalla tai toisella hallittava myös käytön aikana. Siksi myös tilan käyttäjien terveysoireita tulee seurata säännöllisesti korjauksen jälkeen.

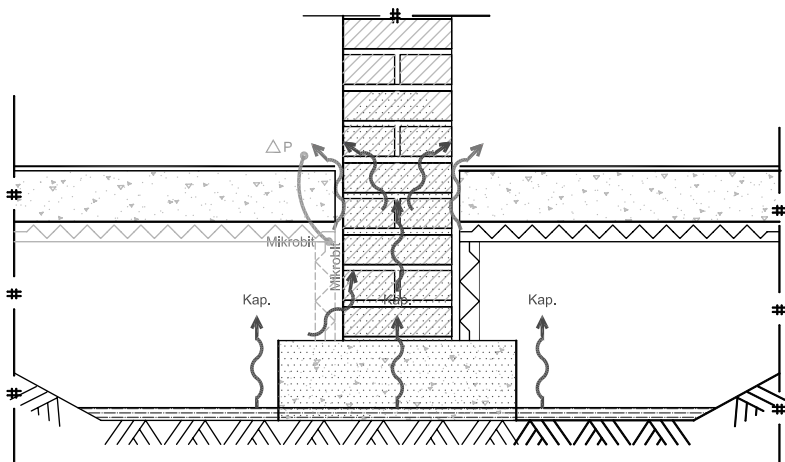
Ongelman aiheuttaja pitäisi aina selvittää ja mahdollisuuksien mukaan eliminoida. Aina ongelman poistaminen ei onnistu. Joskus on myös järkevää jättää mikrobivaurioitunut tila kokonaan pois käytöstä. Tällainen voi olla esimerkiksi kostea kellarin osa, jonka kosteusrasituksen pienentäminen ei onnistu. Tällöin on kuitenkin huolehdittava siitä, että vaurioituneesta tilasta ei kulkeudu epäpuhtauksia käytössä oleviin tiloihin. Se voidaan tehdä esimerkiksi desinfioimalla vaurioituneet pinnat, tiivistämällä vuotokohdat ja alipaineistamalla vaurioitunut tila suhteessa muihunkin rakennukseen omalla jatkuvatoimisella ilmanvaihtojärjestelmällä.

Esimerkki korjausratkaisujen oppaan rakenteesta

Oppaassa on käyty systemaattisesti läpi kaikki rakenteet perustuksista yläpohjiin. Jokaisen rakenteen yhteydessä on esitetty tyypillinen ongelman kuvaus ja vauriomekanismi. Esimerkiksi maata vasten perustetuille väliseinille on esitetty kuvan 3 mukainen vauriomekanismi.

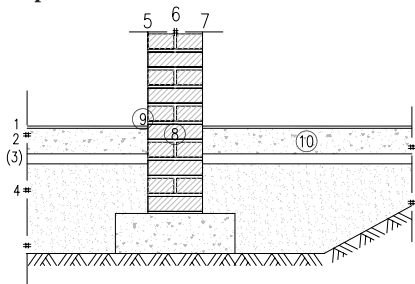
Kyseisessä tapauksessa on oletettu vapaan vedenpinnan korkeuden olevan anturan alapuolella (tai alapinnassa). Seinän ympärillä oleva sora on kapillaarisella alueella, jolloin kosteus kulkeutuu väliseinään kapillaarisesti sekä alakahta että sivulta. Ongelman aiheuttaa se että väliseinän perustukset ja maanalainen osa ovat kosketuksissa kapillaarista maata vasten. Antura saattaa jopa olla kuopassa, jolloin ympäriltä vesi valuu kuopan pohjalle. Kosteus nousee rakennetta pitkin kapillaarisesti. Tiiliseinässä vesi voi nousta kapillaarisesti jopa muutaman metrin korkeuteen, jos seinässä on tiivis pinnoitte. Betoniseinässä nousu on vain kymmeniä senttejä. Kosteus saattaa aiheuttaa seinään ja puisiin lattialistoihin mikrobikasvustoa. Huokoisessa tiiliseinässä kosteus ja mikrobikasvustot pääsevät helposti myös seinän sisäosiin, mikä tekee puhdistamisen ja hajunpoistamisen vaikeaksi. Myös seinän pintakäsittely voi vaurioitua, esimerkiksi maali tai rappaus hilseillä. Mikrobit ja niiden aineenvaihduntatuotteet aiheuttavat sisäilmaan päästyään terveyshaittojen lisäksi myös hajuhaittoja.

Kunkin ongelman osalta on esitetty useita eritasoisia vaihtoehtoja. Esimerkkinä käsiteltävän tiiliväliseinälle on annettu yksi A-tason (kevyt) ja kaksi B-tason (keskiraskas) korjausvaihtoehtoa. Tälle rakenteelle ei siis ole löytynyt C-tason (uuden veroista vastaava) korjausvaihtoehtoa. A-tason korjausvaihtoehto on esitetty kuvassa 4 ja B-tason korjausvaihtoehdot kuvissa 5 ja 6. Kunkin vaihtoehdon yhteydessä on käsitelty ko. ratkaisun soveltuvuus, tarvittavat toimenpiteet, riskit ja arvioitu käyttöikä.



Kuva 3. Maata vasten perustetun tiiliväliseinän periaatteellinen toimintakuvaus ja vauriomekanismit.

Alkuperäinen rakenne



Kellarin lattia

1. Lattiapinnoite
2. Betonilaatta
3. Mahdollinen eriste (polystyreeni tai mineraalivilla)
4. Hienoaineinen täyttösora/hiekka

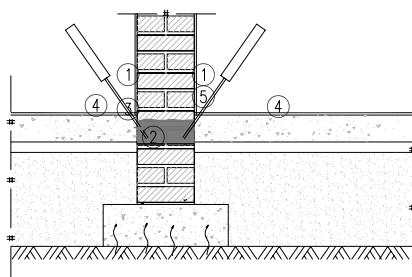
Seinärakenne

5. Seinäpinnoite (maali, rappaus)
6. Tiilimuuraus
7. Seinäpinnoite (maali, rappaus)

Vauriot

8. Kosteä seinä
9. Vaurioitunut sisäpinnoite (seinä)
10. Alapohjan vauriot ks. Maanvastaaiset laatat

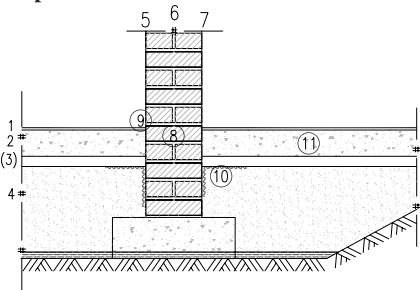
Korjattu rakenne



1. Puhdistettu vanha tiiliseinä
2. Seinän alaosaan injektoitu kapillaarikatko
3. Kaikki liitokset, raot ja läpiviennit tiivistetty
4. Lattiapinnoite: keraaminen laatta (vähintään seinän vierustalla)
5. Seinäpinnoite vedenkestävää ja vesihöyryä läpäisevää M1 luokan laastia (tarvittaessa suolankeräyslaastia)
6. Alapohjan korjaukset ks. Maanvastaaiset laatat

Kuva 4. A1 korjausvaihtoehto: tiiliseinän kapillaarikatkon tekeminen ja liitosten tiivistäminen.

Alkuperäinen rakenne



Kellarin lattia

1. Lattiapinnoite
2. Betonilaatta
3. Mahdollinen eriste (polystyreeni tai mineraalivilla)
4. Hienoaineinen täyttösora/hiekka

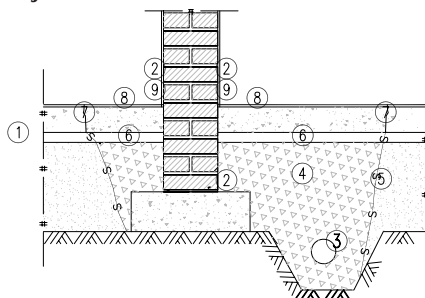
Seinärakenne

5. Seinäpinnoite (maali, rappaus)
6. Tiilimuuraus
7. Seinäpinnoite (maali, rappaus)

Vauriot

8. Kosteä seinä
9. Vaurioitunut pinnoite (seinä ja lattia)
10. Haiseva eriste tai orgaaninen materiaali
11. Alapohjan vauriot ja korjaukset ks. Maanvastaaiset laatat

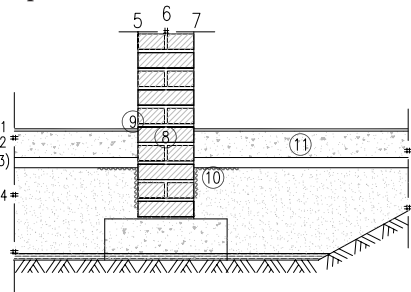
Korjattu rakenne



1. Betonilaatta purettu ja täyttö poistettu seinän vierustalta
2. Puhdistettu vanha tiiliseinä
3. Salaojitus
4. Sepeli 3–18 mm
5. Suodatinkangas
6. Uusi betonilaatta ja eriste
7. Kaikki liitokset, raot ja läpiviennit tiivistetty
8. Lattiapinnoite: keraaminen laatta (vähintään seinän vierustalla)
9. Seinäpinnoite vedenkestävää ja vesihöyryä läpäisevää M1 luokan laastia (tarvittaessa suolankeräyslaastia)

Kuva 5. B1 korjausvaihtoehto: tiiliseinän salaojitus ja liitosten tiivistäminen.

Alkuperäinen rakenne



Kellarin lattia

1. Lattianpinnoite
2. Betonilaatta
3. Mahdollinen eriste (polystyreeni tai mineraalivilla)
4. Hienoaineinen täyttösora/hiekka

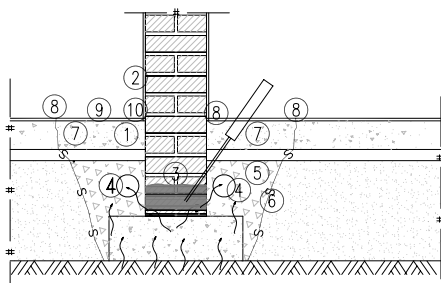
Seinä rakenne

5. Seinäpinnoite (maali, rappaus)
6. Tiilimuuraus
7. Seinäpinnoite (maali, rappaus)

Vauriot

8. Kosteaa seinä
9. Vaurioitunut sisäpinnoite (seinä ja lattia)
10. Haiseva eriste tai orgaaninen materiaali
11. Alapohjan vauriot ja korjaukset ks. Maanvastaist

Korjattu rakenne



1. Betonilaatta purettu ja täyttö poistettu seinän vierustalta
2. Puhdistettu vanha tiiliseinä
3. Kapillaarikatko seinän alaosaan ja anturan välissä
4. Alipaineistuksen putkitus
5. Sepeli 3–18 mm
6. Suodatinkangas
7. Uusi betonilaatta ja eriste
8. Kaikki liitokset, raot ja läpiviennit tiivistetty
9. Lattianpinnoite keraaminen laatta (vähintään seinän vierustalla)
10. Seinäpinnoite vedenkestävää ja vesihöyryä läpäisevää M1 luokan laastia (tarvittaessa suolankeräyslaastia)

Kuva 6. B2 korjausvaihtoehto: tiiliseinän sorastuksen alipaineistaminen ja liitosten tiivistäminen.

Korjausratkaisujen oppaassa on yhteensä noin 200 sivua ja yli 100 kuvaa.

Lähdeluettelo

1. Koulurakennusten sisäilmasto-ongelmien ja kosteusvaurioiden korjaaminen. Suunnittelijan opas. Oppaan lausuntoversio 2007, <http://hvac.tkk.fi/koulu/>
2. Opas sisäilmaongelmaisten koulurakennusten kunnon tutkimiseen ja korjaushankkeiden toteutukseen. Kiinteistönomistajan opas. Oppaan lausuntoversio 2007, <http://hvac.tkk.fi/koulu/>
3. Kurnitski J, Palonen J, Enberg S, Ruotsalainen R, Koulujen sisäilmasto – rehtori-kysely ja sisäilmastomittaukset. Teknillinen korkeakoulu, LVI-laboratorio, Raportti B 43, Espoo 1996.
4. Rimpelä M, Rigoff A-M, Kuusela J, Peltonen H (toim.), Hyvinvoinnin ja terveyden edistäminen peruskouluissa – perusraportti kyselystä 7.–9. vuosiluokkien kouluille, Opetushallitus ja Stakes, ISBN 978-952-13-3456-6, 2007
5. Bornehag et al. (2001) Dampness in Buildings and Health. Nordic Interdisciplinary Review of the Scientific Evidence on Associations between Exposure to "Dampness" in Buildings and Health Effects (NORDDAMP). Indoor Air 2001; 11 (2): 72–86.
6. Bornehag et al. (2004). Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998–2000) on 71 dampness and mite exposure in buildings and health effects. Indoor Air 2004; 14 (4): 243–257.
7. Sosiaali- ja terveysministeriö (2003). Asumisterveysohje. STM:n opas 1:2003.
8. Airaksinen M, Kurnitski J, Pasanen P, Seppänen O, Fungal spore transport through a building structure, Indoor Air, International Journal of Indoor Environment and Health, 2004, 14, 92–104.
9. Leivo V, Rantala J, 2006 a, Maanvastaisten rakenteiden mikrobiologinen toimivuus. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennetekniikan laitos. Tutkimusraportti 139
10. Backman, E., Hyvärinen, M., Lindberg, R., Reiman, M., Seuri, M. and Kokotti, H., (2000), "The effect of air leakage through

- the moisture damaged structures in a school building having mechanical exhaust ventilation”, Proceedings of Healthy Buildings, Vol. 3, pp. 141–145.
11. Meklin T, Microbial Exposure and Health in Schools – Effects of Moisture Damage and Renovation, 2002, National Public Health Institute.
 12. Ström J, Norbäck D, West J, Wessén B, Palmgren U, Microbial volatile organic compounds (MVOC): a causative agent to sick building problems, ASHRAE special publication, Building design, technology, and occupant well-being in temperate climates, Atlanta 1993
 13. Ympäristöopas 28, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö, Helsinki 1997
 14. Ympäristöopas 29, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus, Ympäristöministeriö, 1997

Vesivahinkojen ehkäiseminen rakentamisessa

Vesivahinkojen syitä ovat mm. suunnittelu-, asennus- ja materiaalivirheet sekä väärä käyttö. Oppaassa tarkastellaan tekstein ja esimerkkiäirroksin rakennuksen vesi- ja viemäri-laitteistojen kannalta riskialttiita kohtia. Tavoitteena on vält-tää vesivahinkoja ja minimoida vuodosta aiheutuvat kustan-nukset. Opas ei anna yksityiskohtaisia ohjeita, vaan suunnit-telijan on tapauskohtaisesti mietittävä sopivin ratkaisu.

2. painos

Ympäristöministeriö

(Ympäristöopas 111, rakentaminen)



Rakennustieto Oy, 2005
ISBN 951-682-690-3
34 s., hinta 22 €

Tee tilauksesi helposti
www.rakennustieto.fi
tai soita puh. 0207 476 401

RAKENNUSTIETO