

LUMEN JA KOSTEUDEN SISÄÄNPÄÄSYN JA SUODATTIMEN KASTUMISEN ESTÄMINEN

Tutkimustulos

Jeven

Top ventilation for top chefs

3.6 Lumen ja kosteuden sisään pääsyn ja suodattimen kastumisen estäminen

Konseptin sisältö

Tämä korjauskonsepti käsittelee ilmanvaihtojärjestelmiin ulkoilman sisäännoton kautta tulevan kosteuden aiheuttamia ongelmia ja niiden ratkaisukeinoja. **Kosteus voi päästä ilmanvaihtojärjestelmään ulkoilman sisäännoton kautta sumuna, vetenä tai lumenä.** Kosteuden pääsyä järjestelmään rajoitetaan erityyppisillä hallintakeinoilla, joiden toiminta perustuu mekaaniseen hiukkaserotukseen tai lumen kohdalla sen sulattamiseen. Sadeveden sisään pääsy on helpommin hallittavissa myrskysäleiköillä kuin lumen tai sumun. Suomen ilmastoa vastaavissa olosuhteissa kosteuden hallinnan huomioiminen jo ilmanvaihtojärjestelmien suunnitteluvaiheessa on välttämätöntä, jotta yleiset lumiongelmat saadaan hallintaan.

Tässä konseptissa kuvataan lumen sisään pääsyyn ja suodattimien kastumiseen liittyvien ongelmien havainnointia ja ratkaisuja, joilla ongelmien syntyä voidaan estää ja haittoja rajoittaa.

Lumen ja kosteuden aiheuttamat ongelmat ja haitat

Tuloilmasuodatinten tehtävänä on poistaa ulkoilman hiukkasmaisia epäpuhtauksia kuten maaperästä peräisin olevia epäorgaanisia ja luontoperäisiä orgaanisia hiukkasia mm. siitepölyä, kasvien osia, hyönteisiä ja mikrobeja. Suodatus vähentää ulkoilman hiukkasmaisten epäpuhtauksien kulkeutumista sisätiloihin, vähentää kanaviston likaantumista ja mikrobikasvuriskiä ilmanvaihtojärjestelmässä. Tuloilmasuodattimelle kertyy runsaasti

ulkoilmassa esiintyviä mikrobeja ja varsinkin kesäaikaan suodattimille kertyneiden mikrobien määrät kohoavat. Normaaliosuhteissa ilmanvaihtosuodattimet ovat kuitenkin kuivia ja niiden läpi kulkeva ilmavirtaus niin suuri, ettei merkittävälle mikrobikasvulle ole edellytyksiä, koska keskimääräinen sieni–itiöiden elinkykyisyys suodattimella vaihtelee muutamista tunneista pariin päivään. Kestomuo-toisten, lepotilassa olevien sieni–itiöiden tai itiömäisten bakteerien voidaankin katsoa olevan kuivalle suodattimelle yhtä harmittomia kuin muut kiinteät hiukkaset. Elinkykyisille mikrobeille on kuitenkin ominaista, että olosuhteiden muuttuessa kasvulle edulliseksi ne aktivoituvat ja alkavat kasvattaa rihmastoja ja tuottaa itiöitä. Ulkoilman korkeassa kosteudessa, seisokin aikana tai esimerkiksi lumen tai sadeveden kastellessa suodattimet ja ilmanvaihtokoneen pysähtyttyä mikrobit alkavat kasvaa ja ne saattavat läpäistä suodattimen. Tällöin mikrobit voivat vapautua tuloilmaan ja levitä kanavistoon sekä huonetiloihin. Mikrobikasvu on mahdollista myös suodattimen jälkeen ilmanvaihtokanavistossa, jos sinne pääsee kosteutta.

Ulkoilmasäleikön kautta tuleva kosteus on merkittävä ja vaikeasti todennettavissa oleva sisäilmaongelmia aiheuttava tekijä, jota ei havaita mittauksissa, koska veden pääsy järjestelmään tapahtuu satunnaisesti sääoloista riippuen. Vesi– ja lumisateen pääsyn estämiseen ilmanvaihtojärjestelmän raitisilmakammioon tulisi kiinnittää huomiota, koska lumen joutuminen ilmanvaihtojärjestelmiin on aiheuttanut ongelmia useissa ilmanvaihtojärjestelmissä.

Lumen kerääntyessä toistuvasti kammi-oon voi lumen pinta ylettyä sulkupeltien ja suodattimien tasolle ja pahimmillaan tukkia sulkupellit ja suodattimet (Kuva 1). Tällä tavoin lumesta sulanutta vettä voi joutua suodattimille ja muualle ilmanvaihtojärjestelmään. **Lumen tunkeutuminen ilmanvaihtojärjestelmän sisälle on todennäköisintä, jos virtausnopeus ulkoilmasäleiköllä on liian suuri tai raitisilmakammio on pieni tai puuttuu kokonaan** (Halonen ym., 2000).



Kuva 1. Lumesta tukkeutunut pussihienosuodatin.

Frydenlundin ym. (2002) tekemässä tutkimuksessa ulkoilman sisäännoton ollessa kuiva mikrobiologisia ongelmia ei havaittu. Ilmanvaihtojärjestelmien ulkoilman sisäännotossa havaittujen kosteusvaurioiden ja mikrobiologisten ongelmien välillä havaittiin olevan yhteys. Kuitenkaan kaikki pahoistakin kosteusvaurioista kärsineet ilmanvaihtojärjestelmät eivät olleet mikrobiologisessa mielessä ongelmallisia kohteita. Ulkoilman sisäännoton hygieniatason ja ilmanvaihtojärjestelmän mikrobiologisen tason vertailussa havaittiin uusien (alle 5 vuotta) järjestelmien olevan sekä hygieni- että mikrobiologiselta tasoltaan parempia kuin vanhemmat (6–10 vuotta ja yli 10 vuotta) järjestelmät. Ulkoilman sisäännoton hygienian ja mikrobiologisten ongelmien välillä ei havaittu kovin selkeää yhteyttä. Myös ulkoilman sisäännotossa käytettyjen pintamateriaalien ominaisuuksien ja mikrobiologisten ongelmien välinen yhteys oli melko alhainen.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauteen liittyvien ongelmien lisäksi tuloilmasuodattimille kerääntyvä lumi voi alentaa merkittävästi tai jopa pysäyttää tuloilmavirtauksen. Tuloilmavirtauksen alentuessa rakennuksen painesuhteet muuttuvat ratkaisevasti ja tästä voi aiheutua sisäilmaongelmia. Joissakin tilanteissa suodattimille kertyvä lumi nostaa suodattimien painehäviötä joskus jopa niin suureksi, että suodattimet vaurioituvat mekaanisesti. Jos suodattimet repeytyvät, ilmavirran nopeudet järjestelmässä kasvavat paine-eron nopeasti alentuessa. Tällöin raitisilmakammioon ja suodattimelle kertynyt pöly voi siirtyä kanavistoon ja liata järjestelmän.

Ongelmien yleisyys

Tuloilmajärjestelmien kosteusongelmat ovat yleisiä, mutta niiden määrää on tutkittu ja dokumentoitu melko vähän. Norjalaisen tutkimuksen (Lysne ym., 1999) 31:ssä tutkitusta tuloilmakoneesta 15:ssä (50 %) oli vesivahinkoja ja kosteusongelmia. Toisessa norjalaisessa tutkimuksessa (Frydenlund ym., 2002) kolmestakymmenestä tutkitusta ilmanvaihtojärjestelmästä 24 (80 %) arvioitiin hygieniatason perusteella mahdolliseksi riskikohteeksi. Mikrobiologisten analyysien perusteella riskikohteiksi arvioitiin 12 (40 %) ilmanvaihtojärjestelmää, joista yhdeksän (30 %) todettiin olevan erityisen kontaminoituneita.

MIV-hankkeessa tehtiin kyselytutkimus neljään kohteeseen, joissa oli yhteensä noin 270 ilmanvaihtokonetta. Kohteessa 1 lumiongelmissa kärsivien koneiden osuus oli alle 7 % ja lumiongelmat keskittyivät kymmenelle ilmanvaihtokoneelle, joista puolet kärsi lumiongelmissa toistuvasti 3–5 kertaa vuodessa. Kohteessa 2 lumiongelmissa kärsi noin 10 % ilmanvaihtokoneista. Kohteessa 3 lumiongelmissa oli noin 8 % koneista. Neljännessä kohteessa 42 %

ilmanvaihtokoneista kärsi vuosittain lumiongelmista. Kyselytutkimuksen perusteella keskimäärin 10 % tutkituista ilmanvaihtokoneista kärsi lumiongelmista. Lumiongelmista johtuviin huoltotoimenpiteisiin kuuluva vuosittainen työaika vaihteli kohteissa 4–20 tuntia/ilmanvaihtokone.

Yleisimmät ongelmatyypit

Lumen ja sadeveden tunkeutuminen ilmanvaihtojärjestelmän raitisilmakammioon on todennäköisintä kohteissa, joissa ulkoilman sisäännotonopeus (otsapintanopeus ulkoilmasäleikön etupinnalla) on koko säleikön pinnalla tai säleikön jossakin osassa korkea ja ulkoilman sisäänotto on sijoitettu lumen kertymistä tai vallitsevia tuuliolosuhteita ajatellen väärin. Tuloilman suodattimien kastumisen kannalta erityisen ongelmallisia ovat kohteet, joissa lumi tai sadevesi ensinnäkin pääsee tunkeutumaan ulkoilmasäleikön läpi raitisilmakammioon ja raitisilmakammion pienen koon, korkean ilman virtausnopeuden tai tuloilmakanavan huonon sijoituksen takia kosteus pääsee kulkeutumaan suodattimelle saakka.

Ongelmien havainnointi

Pahimmat lumiongelmat havaitaan suodattimien tai ulkoilmapeltien tukkeutuksessa kokonaan tai osittain lumella, koska suodattimen merkittävästä paine-eron kasvusta seuraa vikailmoitus ilmanvaihtojärjestelmää huoltavalle henkilöstölle. Jos kohteessa ei ole paine-eron mittaukseen perustuvaa hälytysjärjestelmää, suodattimien tukkeutumista voi olla vaikea havaita ja tällaisissa kohteissa ulkoilman sisäännotot tulisi tarkistaa jokaisen lumisadejakson jälkeen.

Lumen tai sadeveden kulkeutuessa vähäisemmässä määrin raitisilmakammioon tai suodattimelle paine-eron mittaukseen perustuva hälytysjärjestelmä ei toimi ja

suodattimille voi kertyä merkittäviä määriä kosteutta lumen tai veden muodossa. Ongelmalliset ulkoilman sisäännotot onkin tarkastettava heti lumisateiden jälkeen. Myös sade- tai kosteusantureita voidaan käyttää sadeveden tai lumen havainnointikeinona arvioitaessa kosteuden kulkeutumista raitisilmakammioon tai suodattimille. Tällaisten anturitekniikoiden käyttö ei kuitenkaan ole yleistä Suomessa. Sen sijaan Norjassa sadeantureita on käytetty varsinkin sulattavien ulkoilmasäleikköjen tarpeenmukaisessa ohjauksessa.

Ongelmien korjausvaihtoehdot

Raitisilmakammion suojaaminen lumen kulkeutumiselta

Ulkoilmasäleiköt tulee sijoittaa siten, että niihin virtaava ilma on mahdollisimman puhdasta. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota siihen, ettei liikenteen pakokaasuja pääse kulkeutumaan tuloilman mukana sisäilmaan. Yleensä on perusteltua sijoittaa ulkoilma-aukko rakennuksen sisäpuolelle ja ylös mahdollisimman kauas liikennöidyistä väylistä. Sijoitukseen vaikuttavat oleellisesti myös rakennuksen ja mahdollisten naapurirakennusten pysäköinti- ja lastauspaikat sekä muut ilman laatua pilaavat toiminnot. Koska ilman pölypitoisuus on suurimmillaan maan pinnalla, tulisi ulkoilmasäleikkö sijoittaa yli 5 metrin korkeuteen maanpinnasta (Seppänen ym., 2004). Myös rakennuksista johdettavan jäteilman sekoittuminen tuloilman joukkoon tulee ehkäistä. Jäteilman joutuminen tuloilman joukkoon ehkäistään parhaiten sijoittamalla jäteilmapoistot mahdollisimman kauas ulkoilman sisäänotoista. Jäteilmaluokkien 1–3 jäteilmapoiston ja ulkoilma-aukon etäisyydeksi suositellaan vähintään 10 metriä. Luokkien 4 ja 5 jäteilmapoistot tulee sijoittaa mahdollisimman kauas ulkoilma-aukoista, koska esimerkiksi keittiöstä johdettavat epäpuhtaudet leviävät

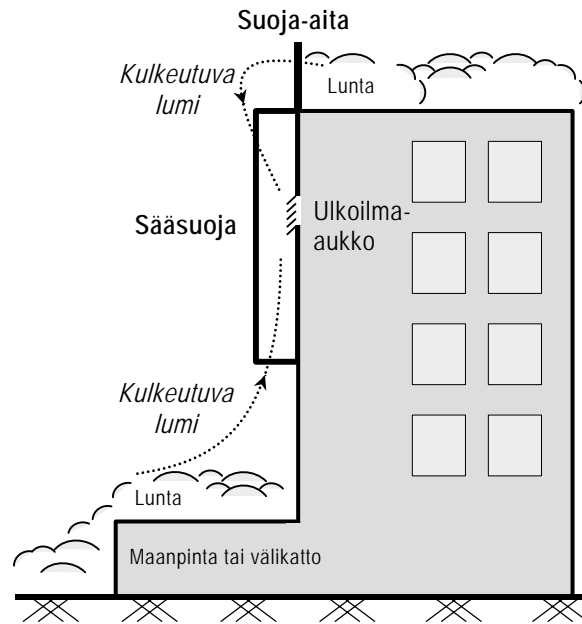
erittäin kauas. Tarkemmat ohjeet ulkoilman sisäänottojen sijoituksesta jäteilma-poistoihin nähden on kuvattu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D2 (Ympäristöministeriö, 2002).

Satava lumi voi kulkeutua ilmanvaihtojärjestelmän sisään ilmanvaihtokoneen aiheuttaman ilmapirran mukana, koska lumi on tyypillisesti hyvin kevyttä ja sen putoamisnopeus on alhainen 0,2–1,0 m/s (Nakaya, 1954). Satavan lumen kulkeutumisesta ilmanvaihtojärjestelmän sisälle voidaan ehkäistä erityyppisillä suojausratkaisuilla tai ulkoilma-aukossa olevaa otsapintanopeutta pienentämällä.

Myös ulkoilma-aukon alapuolella olevalta välikatolta tai ulkoilma-aukon yläpuoliselta katolta peräisin oleva lumi voi aiheuttaa kosteusongelmia, kun tuuli irrottaa lumen kattopinnoilta. Maanpinnalta tai välikatolta kulkeutuvan lumen siirtymistä ulkoilma-aukkoon voidaan ehkäistä sijoittamalla ulkoilma-aukko riittävän ylös tasopinnoista. Yläpuolelta kulkeutuvan lumen kulkeutuminen säleikköön voidaan puolestaan estää sijoittamalla ulkoilma-aukko riittävän alas kattopinnasta. Toinen vaihtoehto on asentaa tasakattoisen rakennuksen katon reunalle lumen liikkumista estävä aita (Kuva 2). Tällaista ei kuitenkaan ole sovellettu eikä tutkittu tässä käyttötarkoituksessa. Lumen siirtymistä yläpuolella olevalta katolta säleikkön sisälle voidaan estää myös rakentamalla ulkoilmasäleikön ympärille suoja, joka on avoin ainoastaan suojan alaosasta (Kuva 2). Suojan mitoituksessa tulee huomioida se, ettei suoja kurista ilmapirtausreittiä. Kuvassa 3 on tällainen ulkoilman sisäänottoratkaisu eräässä esimerkkikohteessa. Kyseisessä kohteessa ulkoilma johdettiin metallisen lattiasäleikön kautta.

Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden kannalta on tärkeää, että painesuhteet pysyvät mahdollisimman muuttumattomina.

Tämän takia ulkoilmasäleikkö tulee sijoittaa siten, että tuulen vaikutukset ovat mahdollisimman vähäisiä. Tuulen vaikutusta ja sen nopeutta on usein vaikea ennustaa, koska siihen vaikuttaa ulkoilmasäleikön ympäristö kuten viereiset rakennukset ja kasvillisuus. Staattisen paineen kannalta vältettäviä ulkoilmasäleikköjen sijoituspaikkoja (Seppänen ym., 2004) ovat rakennusten sisäkulmat.



Kuva 2. Lumen kulkeutuminen maan pinnalta tai katolta ulkoilma-aukkoon sekä lumen kulkeutumista estävä sääsuoja ja lumen kulkeutumista estävä suoja-aita.



Kuva 3. Lumen ja muiden epäpuhtauksien kulkeutumista estäviä sääsuoja esimerkkikohteessa.

Tuulen vaikutusta lumesta johtuviin ilmanvaihtojärjestelmien käyttöhäiriöihin ja hygieniaongelmiin ei ole tutkittu, mutta sen vaikutus lumen aiheuttamiin ongel-

miin lienee merkittävä. Tuulen vaikutuksen eliminoimiseksi ulkoilma-aukon paras sijoituspaikka on rakennuksen sisäpiha, jossa tuulen nopeus ei yleensä ole niin suuri kuin esimerkiksi rakennuksen julkisivun puolella. Myös vallitseva tuulen suunta kannattaa ottaa huomioon ulkoilma-aukon sijoittamisessa ja näin ollen ulkoilma-aukkoa ei kannata sijoittaa ulkoseinälle, johon tuuli tyypillisesti puhaltaa. Yleisimmin tuuli puhaltaa Suomessa etelästä, lounaasta ja kaakosta (Drebs ym., 2002), mutta tuulen suunta vaihtelee hyvin paljon esimerkiksi maaston muodoista johtuen. Keskimäärin Suomessa tuulen nopeus 2,0–6,7 m/s (vuosikeskiarvot 1971–2000) on melko alhainen, mutta vaihtelee hyvin paljon paikallisesti ja eri vuoden aikoina. Tyypillisiin ilmanvaihtojärjestelmien ulkoilman sisäänotoissa käytettäviin otsapintanopeuksiin (1,0 m/s) verrattuna tuulen virtausnopeus on merkittävästi suurempi.

Lumi- ja sadevesisuojausten rakennerratkaisilla voidaan tuulen aiheuttamaa lumen kulkeutumista ilmanvaihtojärjestelmän sisälle vähentää. Tuulen aiheuttamaa lumen tunkeutumista ilmanvaihtojärjestelmiin voidaan vähentää myös käyttämällä ulkoilma-aukkojen edessä tuulisuojia (esimerkiksi kuvat 2 ja 4), jotka estävät tuulta puhaltamasta suoraan ulkoilma-aukkoon. Tuulisuojia suunniteltaessa tulee huomioida myös ei vaakasuorassa puhaltavat virtaukset ja mitoittaa suoja merkittävästi ulkoilma-aukkoa suuremmaksi. Esimerkkikohteessa (Kuva 4) oleva suoja ei suojaakaan ulkoilma-aukkoa riittävän tehokkaasti, vaan tuuli pääsee puhaltamaan ulkoilma-aukkoon esteettä suojan sivuilla olevista raoista. Tuulisuojien käytön vaikutusta lumiongelmiin vähentämisessä ei ole tutkittu, mutta kentältä saatujen kokemusten perusteella ne ovat osoittautuneet hyödyllisiksi. Myös puustoa, muuta kasvillisuutta ja maaston muotoja voidaan hyödyntää tuu-

len vaikutuksen minimoimiseen. Ikivihreät havupuut soveltuvat lehtipuita paremmin tuulisuojaukseen, koska ne suojaavat myös talvella. Ympäristön aiheuttamaa tuulen paineen alentamisen vaikutusta ilmanvaihtojärjestelmien toimivuuteen ei ole tutkittu. Tuulen suojauksessa ja lumen kulkeutumisen estossa (Jones ja Friday, 1914) on käytetty myös keinotekoisia rakennelmia (aitoja ym.), mutta niitä ei ole tiettävästi sovellettu ilmanvaihtojärjestelmien suojauksessa.



Kuva 4. Ulkoilman sisäänottojen eteen asennetut tuulisuojat esimerkikohteessa.

Ohjeita ulkoilma-aukkojen sijoitukselle, muotoilulle ja otsapintanopeudelle

- Ulkoilman sisäänottojen tulee sijaita mahdollisimman korkealla maan tai katon pinnasta.
- Ulkoilman sisäänotossa käytetään mieluiten rakennuksen seinälle asennettua ilmanottoa.
- Katolle asennettävien ulkoilman sisäänottojen käyttö on suotavaa vain laiteratkaisilla, joilla lumen tunkeutuminen ilmanvaihtojärjestelmän sisälle voidaan estää. Silloinkin tulee huomioida se, ettei lumi peitä tai tuki ilman sisäänottoaukkoja.
- Ulkoilma-aukkojen sijoituksessa kannattaa huomioida myös lumen kinostuminen. Ulkoilma-aukkoja ei kannata sijoittaa rakennuksen suojanpuolella liian alas, koska lumen kinostuminen on tällaisissa kohdissa runsasta.

- Kinostumisen takia ilman sisäänotto-aukkoja ei myöskään kannata sijoittaa lähelle monimutkaisia kattorakenteita.
- Ilman sisäänotossa hyväksi ratkaisuksi on todettu ”arktinen-T”-ratkaisu (Armstrong, 1993), jossa ilma otetaan kahden ulkoilma-aukon kautta ja johdetaan pystysuoraan kokoojakanaavaan, jossa osa lumesta painovoiman vaikutuksesta tippuu alas kammion pohjalle. Kokoojakanavan yläpuolelle asennetaan lumisäleikkö, joka estää lumen pääsyä syvemmälle ilmanvaihtojärjestelmään.
- Ilman sisäänotossa tulee käyttää vähintään reikäkooltaan 19 mm lintuverkkoja, koska pienemmällä reikäkoollla verkko jäätyy. Myös harva lintuverkko voi pahimmissa olosuhteissa jäätyä ja tämän takia lintusuojat tulee sijoittaa niin, että ne ovat tarvittaessa puhdistettavissa jäädystä ja mahdollisesta muusta liasta (Armstrong, 1993).
- Lumen sisäänpääsyn estämiseksi ulkoilma-aukossa käytettävän otsapintanopeuden tulee olla alle 1 m/s.
- Lumisuojien valmistajat ilmoittavat tuotteilleen maksimiotsapintanopeudet tai painehäviöt, joilla tuotteiden lumenesto on tehokasta. Esimerkiksi Fläkt-Woodsin lumisuojuille LSJ ilmoittama maksimi otsapintanopeuden arvo on 0,7 m/s ja Lindabin lumisäleikköilleen ilmoittama arvo on 0,6 m/s. Jevenin Kompass-ilmakatokselle suosittelema maksimipainehäviö on 25 Pa, jota käytettäessä otsapintanopeus on valmistajan mukaan alle 0,7 m/s.

Lumen ja sadeveden sisäänpääsyn estämisessä käytettävät suojausratkaisut

Lumen ja sadeveden tunkeutumisen estoon on markkinoilla hyvin runsaasti suojausmenetelmiä, joista seuraavassa esitellään Suomessa eniten käytössä olevia ratkaisuja.

Ulkoilman sisäänoton suojausratkaisuille on olemassa standardoitu testausmenetelmä (CEN, 2001), jossa suojien tehokkuutta testataan laboratorio-olosuhteissa keinotekoisesti luodussa vesisateessa. Standardoidulla menetelmällä testattu ja hyvin vesisateen läpäisyä estävä laite estää todennäköisesti hyvin vesisateen läpäisyn myös käyttöolosuhteissa. Lumen ja sumumaisen veden erotuksesta menetelmällä ei kuitenkaan välttämättä saada kovin hyvää kuvaa. Hyväksi havaitut standardoidulla menetelmällä testatut tuotteet estävät kuitenkin lumen tunkeutumista todennäköisesti paremmin kuin huonoiksi vastaavassa testissä havaitut tuotteet. Lumen tunkeutumisen testaukseen ei ole testausmenetelmää.

- **Mekaaniset lumi- ja sadevesiloukut** perustuvat lumesta tai vedestä koostuvan hiukkaseen liikkeen hidastamiseen ja hiukkaseen erottamiseen ilmavirrasta. Myös ulkoilman virtausnopeutta säleikön otsapinnalla pyritään alentamaan säleikön pinta-alaa kasvattamalla. Mekaaniset lumisuojuat koostuvat tyypillisesti vaaka- tai pystysäleistä (etupinta ja sivupinnat) sekä ylä- ja alapohjasta. Säleet muodostavat tyypillisesti labyrinthimäisen ilman sisäänvirtaustien, jolla pyritään estämään veden tai lumen tunkeutuminen riippumatta tuulen puhallussuunnasta. Ilman sisäänotto on tyypillisesti laitteen etupinnalta ja sivupinnoilta. Mekaaniset lumiloukut valmistetaan kuumasinkitystä teräksestä tai muusta metallista esimerkiksi alumiinista. Mekaaniset lumiloukut rakennetaan suuriin kohteisiin yleensä moduuleista, koska niiden koko kasvaa muuten liian suureksi. Yritykset antavat laitteilleen suositusarvot (otsapintanopeus tai painehäviö), joilla lumen erotuskyky on tehokasta. Suositusarvon (esimerkiksi otsapintanopeus 0,7 m/s) ja koneen tilavuusvirtauksen (2,0 m³/s) avulla pys-

tytään arvioimaan riittävä otsapinta-ala (m^2), jolla otsapintanopeuden suositusarvo saavutetaan.

- **Sulattavat säleiköt** perustuvat lumihiutaleiden sulattamiseen vesipisaroiksi, jotka on huomattavasti helpompi erottaa ilmavirrasta. Lämmitysmenetelmiä on useita ja säleitä voidaan lämmittää esimerkiksi sähköllä tai säteilylämmittimillä. Sulattavien säleikköjen säleet ovat tyypillisesti huomattavasti yksinkertaisempia kuin mekaanisissa lumiloukuissa käytettävät säleet, jonka takia myös lumen ja sadeveden kulkureitti järjestelmään ei ole yhtä monimutkainen. Säleikköissä käytettävä lämmitysteho on tyypillisesti noin 2000 W/m^2 . Säleikköjen otsapinta- ja suodattimen nopeudet ovat tyypillisesti suurempia kuin mekaanisilla lumisuojuilla. Vesi ohjataan säleikön alla olevaan kaukaloon ja/tai viemärintiin.
- **Neulalämmönsiirrin** on epäsuoraan lämmön talteenottojärjestelmään suunniteltu lämmönsiirrin. Neulalämmönsiirrin ottaa poistoilman lämpöenergiaa talteen ja sitoo sen lämmönsiirtonesteeseen. Neste pumpataan liuospumpan avulla tulopuolen neulalämmönsiirtimeen, missä nesteen sisältämä lämpöenergia esilämmittää tuloilman ja sulattaa samalla ulkoilman mukana kulkeutuvan lumen. Sulanut vesi ohjataan viemärintiin. Neulalämmönsiirtimen käytön on havaittu vähentävän tuloilmasuodattimelle kertyvän lumen määrää ja suhteellisen kosteuden on havaittu olevan neulalämmönsiirtimellä varustetun järjestelmän hienosuodattimella alhainen (Halonen, 2002).
- **Karkeasuodatin** kerää ilmanvaihtojärjestelmän säleikön läpi päässeeseen lumen tehokkaasti. Lumen kertyminen hienosuodattimelle estyy, mutta kar-

keasuodattimet tukkeutuvat lumesta lumisade-episodin aikana (Halonen ym., 2000). Karkeasuodattimen täydellinen tukkeutuminen kasvattaa painehäviötä. Karkeasuodattimelta kuiva lumi voidaan poistaa melko helposti ja suodattimen käyttöä voidaan jatkaa, jos suodattimet eivät ole päässeet kastumaan. Esimerkkikohteessa (Kuva 5) karkeasuodattimen käyttöön perustuva lumisuojausratkaisu on osoittautunut toimivaksi ratkaisuksi lumiongelmien estossa.



Kuva 5. Karkeasuodattimen käyttöön perustuva lumisuojausratkaisu esimerkki kohteessa.

Lumisensoreita voidaan käyttää lumisateen havaitsemiseen. Lumisensorit voivat havaita lumen joko ilmasta tai pinnoilta.

Lumisensoreita käytetään esimerkiksi autojen tuulilasin pyyhkijöiden ohjauksessa ja ilmanvaihtojärjestelmissä lämmittävien säleikköjen ohjauksessa. Ohjaamalla säleikköjen lämmitystä voidaan säästää energiaa, koska lämmityksen ei tarvitse olla jatkuvasti toiminnassa. Lumisensorien käyttökokemuksista ei ole tietoa ja siihen liittyvä tutkimustarve on ilmeinen. Lumisensoreita voisi teoriassa käyttää myös esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden tehon ohjauksessa siten, että koneen tehoa lasketaan lumisateen ajaksi, jolloin virtausnopeus alenee. Eräessä MIV-hankkeen esimerkkikohteessa ilmanvaihtokoneiden käyttötehoa alennettiin käsioh-

jauksella lumisadejaksojen ajaksi puoleen ulkoilmasäleikön otsapintanopeuden alentamiseksi ja lumen tunkeutumisen vähentämiseksi.

Raitisilmakammioon tunkeutuvan kosteuden aiheuttamien ongelmien vähentäminen

Riittävän suuri raitisilmakammio estää lumen siirtymistä ilmanvaihtojärjestelmän muihin osiin, koska lumi ehtii laskeutua raitisilmakammion pohjalle. Raitisilmakammion koosta ei ole olemassa suosituksia, mutta kammion koon tulisi olla suhteessa järjestelmän ilmamääriin ja tilavuusvirtauksiin. Suurella tilavuusvirtauksella myös ilman virtausnopeus on suurempi ja lumen laskeutumisenopeus ilmavirrasta kammion pohjalle on hidasta. Tarvittaessa kammio voidaan varustaa väliseinillä, joilla ilman liikettä voidaan ohjata siten, että lumen ja veden erottuminen paranee. **Raitisilmakammion ja sen jälkeisen kanaviston suunnittelussa tulisi ottaa huomioon lumen kulkeutuminen siten, että raitisilmakammioista lähtevä kanaviston lähtö ja ulkoilmapelti sijoitetaan kammion yläosaan tai kattoon.** Näin lumen kulkeutuminen raitisilmakammion läpi kanavistoon ja tuloilmasuodattimille vaikeutuu eivätkä mahdolliset sulamisvedet pääse kulkeutumaan iv-järjestelmään. Ilmanvaihtojärjestelmät, joissa suodattimet sijaitsevat välittömästi (etäisyys alle 2 metriä) ulkoilmasäleikön jälkeen, kärsivät lumiongelmaista erityisen runsaasti. Raitisilmakammion lattia voidaan tarvittaessa varustaa lattialämmityksellä, joka sulattaa kammion pohjalle kertyneen lumen vedeksi. Sulamisvedet tulee johtaa raitisilmakammion lattiaan asennettuun viemäriin ja raitisilmakammion pohjan kaltevuus tulee suunnitella sellaiseksi, että kaikki sulamisvedet kerääntyvät viemäriin. Raitisilmakammion suurentaminen on korjauskohteissa usein vaikea ja kallis ratkaisu ja kammion suurentaminen

vaatii usein sen uudelleen sijoittamisen esimerkiksi rakennuksen katolle. Lumiongelman ratkaisukeinona raitisilmakammion suurentaminen on melko harvoin sopiva korjaustoimenpide. Raitisilmakammion koko tulee kuitenkin ottaa huomioon korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa, koska pieni kammion koko voi heikentää muuten toimivan ratkaisun toimintaa. Puhtaan ilmanvaihdon suunnitteluohjeessa (Ripatti ym., 2004) on annettu ohjeet raitisilmakammion suunnitteluun ja sijoitukseen.

Raitisilmakammion puhtaudesta on huolehdittava ja kammioista on poistettava kaikki sinne kuulumaton materiaali. Myös kammion katon, seinien ja varsinkin lattian pintamateriaalien valinnassa on huomioitava se, että materiaalit ovat hitaasti likaantuvia, helposti puhdistettavia ja vähän kosteutta imeviä. Likaisissa ja huokoisissa runsaasti kosteutta imevissä materiaaleissa mikrobikasvu on puhtaita kuivia materiaaleja todennäköisempää ja huonosti valitun raitisilmakammion pintamateriaalien (esimerkiksi bituliitti-levy) on kastuessaan havaittu olevan mikrobien kasvulle otollisia (Halonen ym., 1999). Frydenlundin ym. (2002) tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu selkeää yhteyttä raitisilmakammiossa käytettyjen materiaalien ja mikrobiongelmien välillä. Kosteusvaurioista mahdollisesti kärsivissä ilmanvaihtojärjestelmissä ilmanvaihtokoneiden rakennuksen ulkopuolelle aiheuttaman melun vaimennus tulisi tehdä järjestelmän kuivassa osassa eikä raitisilmakammiossa.

Liian lähellä ulkoilma-aukkoa asennetulle suodattimelle kerääntyy enemmän lunta kuin kauempana ulkoilma-aukosta ja raitisilmakammioista sijaitsevalle suodattimelle, koska lumi ehtii laskeutua kammion tai tuloilmakanavan pohjalle. Jos raitisilmakammion ja tuloilmasuodattimen välillä on pitkä tuloilmakanava, on huomioitava, ettei lumi kanavan pohjalla

sulaessaan aiheuta kosteusongelmia kanavan alapuolella oleviin rakenteisiin.

Jos kosteus tai lumi kastelee tuloilmasuodattimen, suodattimen kuivuminen hidastuu sen ollessa kiinni suodatinkammion pohjassa. Suodattimen sijoituksessa tämä tulee huomioida siten, että myös ilmanvaihdon pysähtyttyä suodattimen alareuna on irti kammion pohjasta.

Jatkuvalla käytöllä olleen ilmanvaihtojärjestelmän tuloilmasuodattimen mikrobipitoisuus on havaittu olevan alhaisempi kuin jaksoittain käynnissä olleen ilmanvaihtojärjestelmän suodattimen mikrobipitoisuus. Tutkimuksen perusteella ilmanvaihtojärjestelmän jatkuva käyttö on perusteltua, koska näin mikrobien elinolosuhteet tuloilmasuodattimella ovat huonommat (Kokotti ym., 2002).

Suosittelavat toimintatavat lumen tai kosteuden tunkeutuessa ilmanvaihtojärjestelmään

Lumen tai kosteuden tunkeutuessa tuloilmasuodattimille lumiset ja/tai kastuneet suodattimet poistetaan mahdollisimman pikaisesti ja kastuneiden suodattimien tilalle vaihdetaan uudet suodattimet. Raitisilmakammio ja muut kanavanosat puhdistetaan lumesta ja samalla varmistetaan, että vesi valuu viemäriin eikä ilmanvaihtojärjestelmän rakenteissa ole kosteutta. Ilmanvaihto tulee kytkeä pois päältä huoltotoimenpiteiden ajaksi.

Kastuneiden suodattimien kuivaamista ja uudelleen käyttöä ei suositella, koska kastuminen vaikuttaa suodatinten painehäviöihin, rakenteeseen ja erotusasteisiin (Kovanen ja Holmberg, 1999). Myös MIV-hankkeessa tehtyjen julkaisemattomien laboratoriokokeiden perusteella suodattimien uudelleen käyttö ei ole suositeltavaa, koska tutkimuksen mukaan

suodattimien kuivuminen hyvin ilmastoidussakin tilassa kestää useita vuoro-kausia ja suodattimista otetuista materiaalinäytteissä havaittiin mikrobikasvua (*Aspergillus fumigatus*) viikon kestäneen kuivatusjakson jälkeen. On huomioitavaa, ettei tässä tutkimuksessa ilmavirtaa pakotettu suodattimen läpi, joka olisi tehostanut suodattimien kuivumista merkittävästi.

Kosteuden tunkeutumisen ja siitä johtuvien ongelmien vähentämisen hyödyt

Kosteuden puute on tärkein mikrobikasvua rajoittava tekijä ilmanvaihtojärjestelmissä ja tutkimustulosten (Frydenlund ym., 2002) mukaan ulkoilman sisäänoton kosteusongelmat voivat vaikuttaa koko ilmanvaihtojärjestelmän mikrobipitoisuuksiin. Kosteuden pääsyn estäminen ilmanvaihtojärjestelmään ja tuloilmasuodattimille tai kosteuden mahdollisimman pikainen poistaminen on näin ollen tuloilman laadun kannalta merkittävää.

Ilmanvaihtojärjestelmien puhtauteen liittyvien ongelmien lisäksi tuloilmasuodattimille kerääntyvä lumi voi alentaa merkittävästi tai jopa pysäyttää tuloilmavirtauksen. Tuloilmavirtauksen alentuessa rakennuksen painesuhteet muuttuvat ratkaisevasti ja tästä voi aiheutua sisäilmaongelmia. Joissakin tilanteissa suodattimille kertyvä lumi nostaa suodattimien painehäviötä joskus jopa niin suureksi, että suodattimet vaurioituvat mekaanisesti. Jos suodattimet repeytyvät, suodatamattoman ilman määrä ja ilmavirran nopeudet järjestelmässä kasvavat paineeron nopeasti alentuessa. Tällöin raitisilmakammioon ja suodattimelle kertyneet epäpuhtaudet voivat siirtyä kanavistoon ja liata järjestelmän. Kasvaneen virtausnopeuden takia ilmanvaihtojärjestelmässä oleva lika voi siirtyä myös sisäilmaan.

Hyvin toteutettu ulkoilman sisäänoton kosteussuojaus vähentää myös ilmanvaihtojärjestelmien huoltokustannuksia, koska suodattimien vaihtoväli kasvaa ja kosteuden poistamiseen kuluva työaika lyhenee. Huoltokustannusten vähentyminen on kuitenkin niin vähäistä, ettei kosteussuojausta pystytä useinkaan perustelemaan pelkästään huoltokustannusten vähentymisellä.

Lähdekirjallisuutta

- Armstrong, R.S. (1993). HVAC design considerations for cold climates. *Ashrae journal* 35, no. 9, s: 22–28.
- CEN (2001). Ventilation for buildings – Terminals – Performance testing of louvers subjected to simulated rain. CEN-standardi EN 13030. Hyväksytty 2001.
- Drebs, A., Nordlund, A., Karlsson, P., Helminen, J. ja Rissanen, P. (2002). Tilastoja Suomen ilmastosta 1971–2000. Ilmastotilastoja Suomesta 2002:1.
- Frydenlund, F., Haugen, E.N., Ahlen, C., Bryn, I., Davidsen, H., Hanssen, S.O. ja Mogedal, G.T. (2002). Macro- and micro-evaluation of air intake – a demonstration of the need for more optimal tools. *Proceedings of the Indoor Air 2002*; Vol. 1. s: 362–367.
- Halonen, R. (2002). Tuloilmasuodattimen olosuhteiden vaikutus tuloilmajärjestelmän mikrobipitoisuuksiin. Pro gradu –tutkielma: Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitosten monistesarja 13:2002.
- Halonen, R., Keskikuru, T., Pasanen, T. ja Kokotti, H. (2000). Hallitsemattoman kosteuden torjuntatoimenpiteet tuloilmajärjestelmässä. Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitosten monistesarja 6:2000.
- Halonen, R., Reiman, M., Seuri, M., Lehtinen, L., Keskikuru, T. ja Kokotti, H. (1999). Transport of microbes via supply ventilation ducts. *Proceedings of the Indoor Air 99*; Vol. 2. s: 214–219.
- Jones, D.D. ja Friday, W.H. (1914). Wind and snow control around the farm. (www-lähde: <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/NCR/NCR-191.html>).
- Kokotti, H., Kujanpää, L., Halonen, R., Keskikuru, T. ja Reiman, M. (2002). Operation time of the ventilation system as a cause of microbial contamination of the infiltration filter. *Proceedings of the Indoor Air 2002*; Vol. 1. s: 350–355.
- Kovanen, K. ja Holmberg, R. (1999). Kastumisen vaikutus ilmansuodattimien suoritusarvoihin. Kirjassa: Sisäilmastoseminaari 1999. s: 221–224.
- Lysne, H.N., Ahlen, C., Stang, J., Kristiansen, O., Haugen, E., Frydenlund, F. ja Hanssen, S.O. (1999). Hygienic conditions in Ventilation Systems and the Possible Impact on Indoor Air Microbial Flora. *Proceedings of the Indoor Air 99*; Vol 2. s: 220–224.
- Nakaya (1954). Snow crystals, Natural and Artificial.
- Ripatti, H., Pentikäinen, J., Saaristo, P., Vasara, J., Liljeström, K., (2002). Puhtaan ilmanvaihtojärjestelmän suunnitteluohje. Sisäilmayhdistys julkaisu 16.
- Seppänen, O., Hausen, A., Hyvärinen, K. ym. (2004). Ilmastoinnin suunnittelu. Julkaisija: Suomen LVI-liitto.
- Suomen ympäristöministeriö (2002). Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D2: Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen ympäristöministeriön määräykset ja ohjeet 2003.