

# Painesuhteet rakennuksessa hallintaan – olosuhteet kuntoon!

Sasu Karkiainen  
Henna Nurminen

Onko vetoa lattianrajassa ja putket jäässä?  
Onko kosteusvaurioita rakennuksen vaipassa?

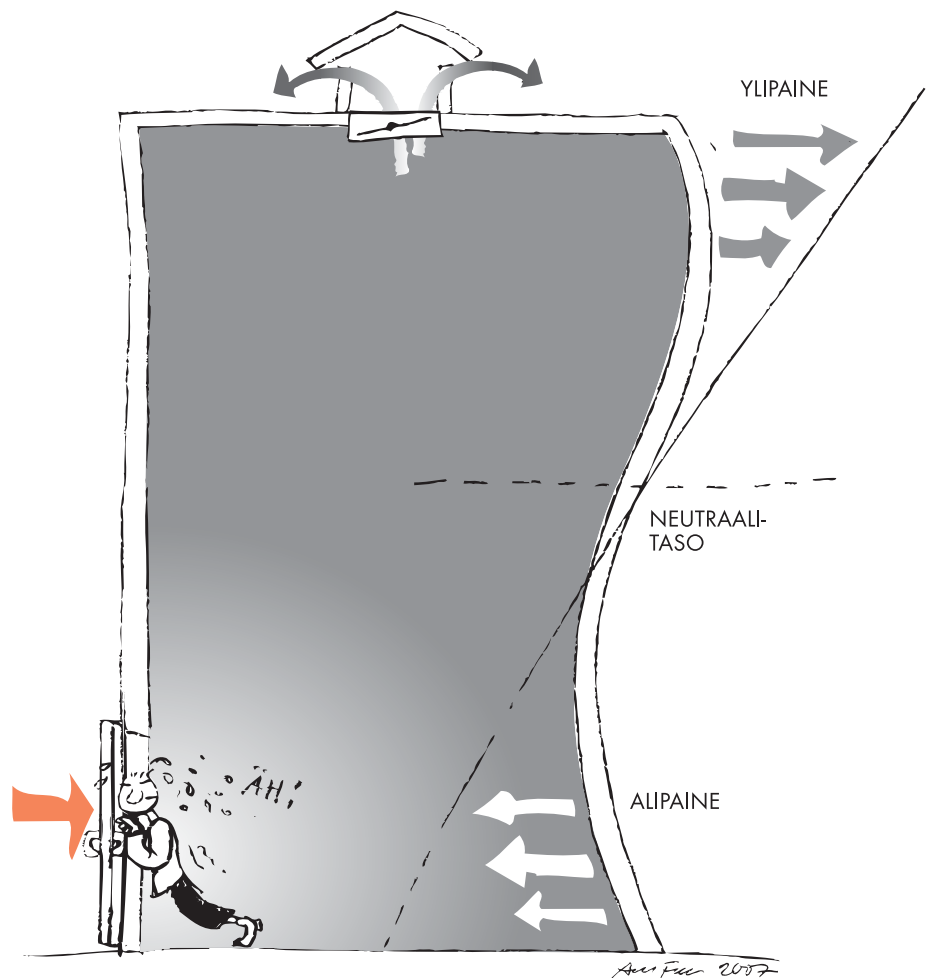
Rakennuksen painesuhteiden hallinnalla ovat em. ongelmat usein vältettävissä tai ainakin merkittävästi vähennettävissä.

Talvikaudella monissa rakennuksissa tuskaillaan lattiatasolla kylmyyden kanssa. On vetoa ja nurkat kuurassa, eikä ulko-ovistakaan tahdo päästä kulkemaan. Ja samaan aikaan jossain toisaalla, tai parhaassa tapauksessa saman tilan yläosassa, lämmin ja kostea sisäilmaa virtaa rakenteiden läpi ulos jättäen jälkeensä kastuneet eristeet. Ongelmat johtuvat monesti rakennuksen vaipan yli vaikuttavista paineeroista ja niiden aiheuttamista vuotoilmavirroista.

## Kaiken takana on hydrostaattinen paine

Ilman tiheys on kääntäen verrannollinen sen lämpötilaan. Siksi ulkoilman tiheys on talvikaudella suurempi kuin lämpimämmän sisäilman. Koska ns. hydrostaattinen paine on suoraan verrannollinen aineen tiheyteen ja korkeusasemaan, pienenee ilmanpaine seinän kylmällä puolella voimakkaammin kuin lämpimällä puolella. Tämän takia rakennuksen vaipan yli vaikuttaa paine-ero aina, kun sisä- ja ulkolämpötila poikkeavat toisistaan, vaikka tilan koneellisen ilmanvaihdon ilmavirrat olisivatkin tasapainossa.

Syntyvä paine-ero on sitä suurempi, mitä suurempi lämpötilojen erotus on ja mitä korkeampi tila on kyseessä. Paine-ero aiheuttaa läpivirtauksen eli vuotoilmavirran rakennuksen vaipan yli. Vuotoilmavirtaus voi tapahtua joko sisältä ulos tai ulkoa sisälle. Ulkoa sisäänpäin tapahtuva virtaus voi aiheuttaa vedontunnetta. Sisältä ulos virtaavan ilman mukana tuhlautuu lämpöenergiaa. Läpivirtauksia ei tapahdu, jos rakenne on ilmatiivis.



heuttaa läpivirtauksen eli vuotoilmavirran rakennuksen vaipan yli. Vuotoilmavirtaus voi tapahtua joko sisältä ulos tai ulkoa sisälle. Ulkoa sisäänpäin tapahtuva virtaus voi aiheuttaa vedontunnetta. Sisältä ulos virtaavan ilman mukana tuhlautuu lämpöenergiaa. Läpivirtauksia ei tapahdu, jos rakenne on ilmatiivis.

Paine-eron takia voi sisäilma vaihtua puoli kertaa tunnissa, jolloin esimerkiksi pohjapinta-alaltaan 40 m x 40 m ja 70 m korkeassa kattilalaitoksessa vuotoilmamäärä on 15 m<sup>3</sup>/s. Vuotoilmavirta voi esimerkin tapauksessa tuoda mukanaan kylmän lisäksi myös hajuja ja partikkeleita (tuhkaa, turvetta, haketta).

Jos ulko- tai sisäilmaa tunkeutuu rakenteisiin, on seurauksena rakenteen lämmön-eristyskyvyn heikkeneminen eli rakenteen jäähtyminen, rakenteeseen tiivistyvä kosteus, sisäpinnan lämpötilan lasku tai vetoisuus. Ilmavirtauksia aiheuttavat tuuli, hydrostaattinen paine eli ns. hormivoima ja ilmastointi. Tuulen vaikutus voi lisätä vuotoilmavirran jopa kaksinkertaiseksi.

Jos tilan koneelliset tulo- ja poistoilmavirrat ovat tasapainossa, aiheuttaa hormivoima alipaineen lattiatasolle ulkoilman ollessa sisäilmaa kylmempää. Alipaineen seurauksena kylmä ulkoilma tunkeutuu vaipan alaosaan vuotoilmana sisälle aiheuttaen vetoa ja pahimmassa tapauksessa jopa jäätymisvaaraa. Tällöin ulko-ovien vieressä olevat vesipisteet ovat vaaravyöhykkeessä. Tilan yläosa puolestaan on ylipaineinen, joten seinien yläosan ja yläpohjan rakojen lävitse vuotaa sisältä lämmintä ilmaa ulos. Mikäli rakennuksen ulkovaipan höyrynsulku on puutteellinen ja tilan sisäilma on kosteaa, voi ylipaineen rakenteisiin ajaman ilman sisältämä kosteus tiivistyä seinärakenteen sisälle. Tämän seurauksena voi rakenteisiin muodostua bakteerien kasvulle suotuisat olosuhteet.

Kosteuden siirto konvektion avulla tapahtuu ensisijaisesti rakojen ja reikien kautta. Ilmavuodoille alttiita kohtia ovat elementtien saumat ja eri rakennusosien liittymät. Kondenssi ilmenee sisältä ulos kulkevan virtauksen yhteydessä. Hormivoima on huomattava kondenssiin vaikuttava tekijä.

Ilmiö aiheuttaa vaikeimmat ongelmat hyvin korkeissa tiloissa, kuten varastohalleissa ja voimalaitoksissa. Esimerkiksi voimalaitoksen 60 metriä korkeassa kattilarakennuksessa, jossa sisäilma on putkistojen jäätymisvaaran vuoksi pidettävä talvella vähintään +10 °C:ssa, vallitsee -30 °C:een ulkolämpötilassa lattiatasolla yli 50 Pascalin alipaine. Tämän alipaineen takia 2 m<sup>2</sup>:n suuruisen ulko-oven kahvaa joutuu työntämään noin 5 kg:n voimalla saadakseen oven auki. Alipaineen muodostuminen aiheuttaa ongelmia poistumisteiden ovien aukaisemisissa.

## **Koneellinen ilmanvaihto ja vaipan rakenne määräävät neutraalitason sijainnin**

Tilan sisäilman paine määräytyy ilman massataseen perusteella. Tasapainotilanteessa ei tilan sisältämän ilman massa voi muuttua, joten sama ilmamassa, joka tilaan tulee, myös poistuu sieltä tavalla tai toisella. Koneellisten ilmavirtojen ollessa tasapainossa vuotoilmana alaosaan sisään tulevan ilmavirran on siis poistuttava vuotona ulos tilan yläosasta. Vaipan rakenteesta riippuu, millä korkeudella lattiatasosta ulko- ja sisäilman paine on sama (=ns. neutraalitaso). Neutraalitaso on se korkeusasema, jonka alapuolella vallitsee alipaine ja yläpuolella ylipaine. Neutraalitaso voi sijaita rakennuksessa millä korkeudella tahansa. Jos vaipan alaosassa on enemmän vuotoaukkoja kuin yläosassa, asettuu tämä neutraalitaso lähemmäs lattiatasoa. Mikäli taas vaipan yläosassa on enemmän vuotoaukkoja asettuu neutraalitaso lähemmäs kattoa. Neutraalitason korkeusasema siis muuttuu, jos vuotoilman kulkua helpotetaan esimerkiksi ulko-ovia avaamalla.

Neutraalitason korkeusasemaa voidaan säätää ohjaamalla tilan koneellisten tulo- ja poistoilmavirtojen suhdetta. Lattiatason alipainetta voidaan pienentää tai se voidaan kokonaan poistaa kasvattamalla koneellista tuloilmavirtaa. Jos tilaan puhalletaan ilmaa riittävän suuri määrä, on koko rakennuksen vaippa ylipaineinen ulkoilmaan nähden ja ilmaa virtaa rakenteiden läpi ainoastaan ulospäin. Pyrittäessä tällaiseen tilanteeseen on huolehdittava, että ilma poistuu rakennuksesta hallitusti suunniteltuja reittejä ja että ulkovaipan höyrynsulut ovat ehjät. Tilan ylipaineistusta suunniteltaessa tulee pitää mielessä, että ylipaine ei saa korkeimman uloskäynnin korkeudella kasvaa niin suureksi, että ulko-ovien turvallinen käyttö estyy. Edellisen esimerkin kattilarakennuksessa vallitsisi tilan yläosassa yli 100 Pa:n ylipaine, jos neutraalitaso pakotettaisiin lattiatasolle. Tällöin rakennukseen yläosassa olevan, sisäänkäynnin avautuvan 2 m<sup>2</sup> kokoisen oven

kahvaa pitäisi kiskoa noin 10 kilon voimalla ja vastaavasti ulospäin avautuva ovi vetäisi samalla voimalla avaajan kättä sijoiltaan.

Tilan yläosan ylipainetta voidaan puolestaan pienentää kasvattamalla poistoilmavirtaa suhteessa tuloilmavirtaan. Riittävän suurella poistoilmavirralla voidaan varmistaa, että rakennuksen koko vaippa on alipaineinen ja rakenteiden läpi virtaava ilma siirtyy aina kylmemmältä puolelta lämpimämmälle, jolloin ei ole vaaraa, että rakenteisiin kondensoituisi vettä. Ulkoa sisään pyrkivä ilma myös kuivattaa mahdollisesti jo kostuneita rakenteita.

## **Rakenteiden tiiveys avainasemassa**

Rakennuksen vaipan tiiveys määrää painesuhteiden hallintaan tarvittavien ilmavirtojen suuruuden ja vaikuttaa siten merkittävästi ilmanvaihtolaitteiston investointi- ja käyttökustannuksiin. Mitä tiiviimpi vaippa on, sitä vähemmän se päästää ilmaa lävitseen tietyllä paine-erolla ja sitä pienemmällä ilmankäsittelylaitteilla pärjätään. Vuotoilmana rakennuksesta poistuva ilmavirta ei kulje lämmöntalteenottolaitteiden lävitse, joten sen energiasäilytys menetetään ja lämmitysenergian tarve kasvaa. Vastaavasti vuotona sisälle tuleva ilmavirta tulee tilaan ulkoilman lämpötilassa ja usein hyvin hallitsemattomasti, mistä seuraa olosuhde-ongelmia lattiatason työskentelyalueilla.

Jotta tilan painesuhteita olisi mahdollista hallinta järkevän suuruisilla ilmavirroilla, on siis rakennuksen vaipan oltava tiivis: katisinnee ei ylipainetta saa syntyään, vaikka sinne kuinka puhaltaisi ilmaa. Mikäli on tiedossa, että rakennuksen painesuhteille tullaan asettamaan normaalista poikkeavia vaatimuksia, tulee ilmanvaihtolaitteiston oikean mitoituksen lisäksi rakennuksen tiiveyteen kiinnittää erityistä huomiota jo suunnittelu- ja rakennusvaiheissa. Tämä tarkoittaa itse vaipan rakenteiden tiiveyden lisäksi myös erilaisten läpivientien tiivistyksen huolellista ennakkosuunnittelua ja toteuttamista.