

Tiiviuden mittaus rakennuksen omalla ilmanvaihtojärjestelmällä

KTM:n energiasaston rahoittamaan tiiviysvaatimusten määrittelyprojektiin liittyen on VTT:llä kehitteillä yksinkertaistettu versio ns. painekokeesta. Mittaustarkkuudesta hiukan tinkimällä voidaan useimpien koneellisella ilmanvaihdolla varustettujen rakennusten ilmanpitävyys ja ilmanvaihdon toiminta tarkastaa samanaikaisesti ilman raskasta mitauskalustoa. Erityisen soveltuva menetelmä on kerrostaloihin ja palvelurakennuksiin.

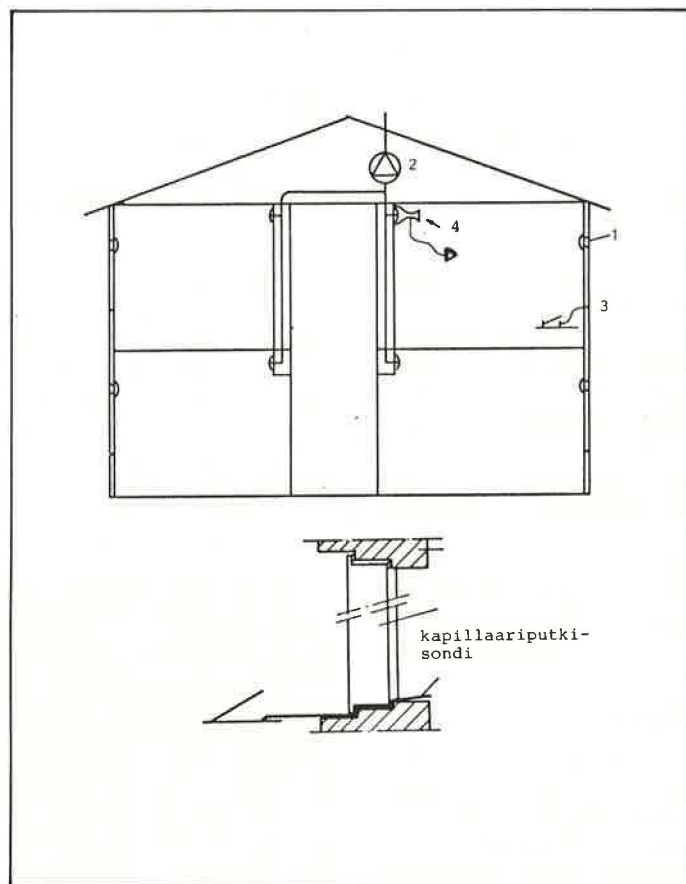
Yksinkertaisten mittausmenetelmien tarve

Rakennuksen tiiviuden mittaukseen kehitetty ns. painekoe on sinänsä käyttökelpoinen vain pientaloissa. Muissa rakennuksissa ei tiiviysmittauksia ole liiemmin tehty, koska mittausmenetelmät ovat työläitä, aikaavieviä ja siten kalliita tutkimuskäyttöön kehitettyjä menetelmiä. Tiiviuden, ja ilmanvaihdon hallinnan, merkityksen kasvaessa tarvitaan yksinkertaisia, mutta suhteellisen luotettavia mittausmenetelmiä käytännön tarkoituksiin (esim. vastaanottomittaukset).

Asuinkestoaloissa on nykyisin vähintään koneellinen poistoilmanvaihto. Koneelliset ilmanvaihtojärjestelmät ovat yleistyneissä kaikissa rakennustyypeissä, myös pientaloissa.

Rakennuksen omilla puhaltimilla voidaan useimmiten saada aikaan jonkinlainen mitattavissa oleva paine-ero (yli 5—10 Pa) ulko- ja sisäilman välillä. Ellei voida, on yleensä kysymys aivan liian hatarasta talosta, mikä tieto on usein riittävä tiivystoimenpiteisiin ryhtymiseksi.

Varsinainen painekoe /1/ jouduttai-



Kuva 1. Tiiviysmittauksen koejärjestely. 1. Mahdolliset ulkoilman sisäänottoaukot suljetaan tiiviisti. 2. Poistopuhallinta käytetään suurimmalla mahdollisella ilmavirralla. 3. Paine-eron mittaus ulkovaipan yli (alh. yksityiskohta). 4. Tilavuusvirran mittaus poistoilmaelimistä.

siin kerrostaloissa toteuttamaan huoneistokohtaisena — tai paineistamiseen jouduttaisiin käyttämään mahtavia puhaltimia.

Menetelmän tausta

Idea "oman ilmanvaihtojärjestelmän" painekokeesta sai vauhtia sattumalta. Mietittiin, millaisia alipaineita syntyy koneellisen poistoilmanvaihdon raken-

nuksissa, joissa ulkoilman sisäänottoa ei erityisesti ole suunniteltu. Myös eräissä kerrostaloissa tiivistyksen jälkeen esiintynyt ikkunoiden "ritinä" ilmanvaihdon siirtyessä täysille kierroksille herätti epäilykset 50—100 Pa alipaineiden esiintymisestä.

Ruotsissa on esitetty kerrostalon tiiviysvaatimukseksi 1/h ilmanvaihtuvuutta ulkovaipan epätiiviykskohdista paine-erolla 50 Pa. Kerrostalokaksiossa vastaa

poistoilmanvaihdon mitoitusarvo likimain 1/h vaihtuvuutta. 50 Pa on melko pieni paine-ero puhaltimen kokonaispaineeseen verrattuna.

Edellytykset helppokäyttöiselle, käytökelpoiselle menetelmälle olivat siis olemassa. Tilaisuus alustaviin kokeiluihin tarjoutui eri koerakentamisprojektien yhteydessä vuoden 1980 lopulta alkaen. Tähän mennessä on menetelmällä testattu kaksi kerrostaloa, yksi asuntola ja joukko paritalo- ja rivitalo- huoneistoja. Menetelmä on näiden perusteella erittäin käyttökelpoinen ja nopeakäyttöinen, jos tarkkuusvaatimuksetkin pidetään kohtuullisina.

Mittausjärjestelyt ja -laitteet, mittauksen suoritus ja resurssitarve

Periaate

Rakennuksen tulo- tai poistoilmapuhallinta käytetään aikaansaamaan luotettavasti mitattavissa oleva paine-ero rakennuksen ulkovaipan yli. Paine-ero voi vaihdella rakennuksen eri osissa (esim. eri huoneistoissa).

Ilmavirta ja paine-ero mitataan kuvan 1 mukaisella koejärjestelyllä joko kaikista huoneistoista/tiloista tai otantamenetelmällä valitsemalla tietty määrä tiloja satunnaisesti ja hyväksymällä/hylkäämällä tilastollisen tarkastelun perusteella. (Otantaan perustuva mittausmenetelmä on kehitteillä lähinnä paikallisen tiivyyden arviointiin /2/.)

Tarvittavat laitteet: tulo- tai poistoilmavirran mittauslaitteet /3/ (sekä huonekohtainen, esim. anemometritorvi tai sondit + manometri, että kokonaisilmavirta, esim. Pitot-putki tai mittarengas + manometri). Paine-eron mittaus ulkovaipan yli, esim. kapillaarisondi + manometri.

Mittauksen kulku

a) Ilmanvaihtojärjestelmänä koneellinen poisto: kaikki ulkovaipan tuloilmaelimet (myös porraskäytävän ulkoilmasäleiköt) tiivistetään (teipataan). Poistopuhaltimia ajetaan aluksi suurimmalla mahdollisella ilmavirralla, tarvittaessa voidaan ilmavirtaa pienentää jos paine-ero on yli 50 Pa.

b) Koneellinen tulo ja poisto, alipainekoe: kuten a, mutta koko tuloilmajärjestelmä suljetaan tiiviisti, myös tuloilmaelimet huoneissa (katkaistaan virtausreitit huoneesta toiseen).

c) Koneellinen tulo ja poisto, ylipainekoe: kuten b, mutta poistoilmajärjestelmä suljetaan.

Asuinrakennuksissa pidetään huoneiston sisällä kaikki ovet auki. Porraskäytävän ja huoneiston välistä ovea ei yleensä tule tiivistää.

Mittaus ja tuloksen laskenta

Ilmavirrat ja paine-erot mitataan erik-

seen kussakin huoneistossa/huoneessa. Tulokset ekstrapoloidaan tiettyyn vertailupaine-eroon, esim. 50 Pa, kaavan (1) mukaisesti.

$$V_{50} = \dot{V}_{mit} \cdot \left(\frac{50 \text{ Pa}}{\Delta p_{mit}} \right)^{0,7} \quad (1)$$

V_{50} on ilmavuoto 50 Pa paine-erolla
 \dot{V}_{mit} on mitattu ilmamäärä
 Δp_{mit} on mitattu paine-ero ulkovaipan yli (eri fasaadien yli vallitsevien paine-erojen keskiarvo kulmat tai läpitulon huoneistossa — on epätarkka jos paine-erot poikkeavat toisistaan ≥ 10 Pa)
 eskponentti 0,7 on kokemuspääinen keskimääräinen vuotoeksponentti.

Myös kokonaisilmavirta mitataan. Mikäli tämä on paljon suurempi kuin huoneista mitattujen ilmavirtojen summa, on ilmanvaihtohormeissa suuria ilma-putoja.

Mittauksessa on myös mahdollisuus tarkistaa, onko ilmavirtojen perussäätö oikein tehty. Muuttuvat painesuhteet muuttavat ilmavirtoja, joskin yleensä hyvin vähän.

Vuotokohtien paikantaminen on oleellinen osa tiivysmittausta. Erityisen tarkkaan on tutkittava pientaloissa yläpohjaliitokset, kerrostaloissa huoneiston ulko-ovi (myös paine-ero huoneiston ja porraskäytävän välillä kannattaa mitata), kaikissa rakennuksissa ikkunat, ulko-ovet (myös karmin ja seinän välinen liitos) ja LVIS-läpiviennit.

Mitattu ilmavirta muutetaan ilmanvuotoluuvuksi (joka yleensä ilmoitetaan vaatimuksissa) jakamalla se tutkittavan tilan tilavuudella (tässä = lattiapinta-

ala kertaa korkeus). Ilmanvuotoluuvun n_{50} yksikkönä on yleisesti 1/h.

Mittaustarkkuus

Paine-eron ja ilmavirtojen mittauksen maksimivirhe on useimmiten enintään 10 %, laitteista riippuen, vrt. /3/.

Suurempaa epätarkkuutta aiheuttavat vaikeasti jäljiteltävät vuodot huoneiston välillä, tuloksen ekstrapolointi (eksponentti voi vaihdella alueella 0,5—1,0, todennäköisesti se on 0,65—0,75) ja suuret porraskäytävävuodot.

Mittausta ei pidä suorittaa, jos paine-erot rakennuksen eri fasaadien yli poikkeavat toisistaan yli 20 Pa (tällöin tuuli $\geq n \cdot 6$ m/s) tai yli puolet huoneistossa keskimäärin vallitsevasta paine-erosta.

Mittauksen tarkkuusvaatimus riippuu siitä, kuinka lähellä tiivysvaatimusten raja-arvoa liikutaan. Jos rakennus on erittäin tiivis tai erittäin hatara, selvittää yleensä ilman tarkistusmittauksia vaikeissakin olosuhteissa.

Tuloksia

Tähänastiset mittaukset on voitu toteuttaa hyvin suotuisissa olosuhteissa, ja enimmäkseen tiivysvaatimukset täyttävissä rakennuksissa. Menetelmän tarkkuudesta ei ole näin ollen voitu muodostaa kaikki rakennukset ja olosuhteet kattavaa kuvaa.

Esimerkkitulostus kerrostalosta on esitetty taulukossa 1.

Mittauksilla on eräissä kohteissa voitu havaita suuria poistoilmahormiston epätiiviyksiä ja myös ilmavirtojen perussäädön puutteellisuuksia. Tämä on pidettävä mielessä valittaessa tiivysmittauksen suorittajaa.

Huoneisto	Paine-ero Δp /Pa	Ilmanvaihtuvuus, 1/h	Arvioitu ilmanvaihtuvuus 50 Pa paine-erolle, 1/h
1	54	0,60	0,56
2	59	0,83	0,77
3	49	1,04	1,06
4	40	0,76	0,89
5	51	0,70	0,99
6	53	0,48	0,47
7	59	0,81	0,72
8	63	0,98	0,84
9	52	0,68	0,63
10	54	0,70	0,66
11	54	0,57	0,53
12	60	0,76	0,68
13	62	0,93	0,80
14	56	0,70	0,64
15	53	0,73	0,70
16	52	0,61	0,59
17	55	0,78	0,74
18	58	0,91	0,82
19	49	0,70	0,71
20	47	0,73	0,76
21	50	0,58	0,58
22	50	0,87	0,87
23	60	0,91	0,80
24	50	0,69	0,74
25	54	0,69	0,65

keskiarvo 0,72

Taulukko 1. Tiivyyden mittaus kerrostalossa poistopuhaltimella.

Mittaukseen kulunut aika on noin kahdenkymmenen asunnon kerrostalossa noin 10 miestyötuntia.

Jatkokehitys ja menetelmän julkistaminen

Menetelmä ei ole vielä valmis. Se on kuitenkin jo otettavissa käyttöön tiiviysvaatimusten todentamiskeinona. Alustavana versiona esiteltynä se on jo herättänyt pohjoismaista kiinnostusta.

Tarkkuusarviot, otantamenettelyn soveltaminen suurissa rakennuksissa sekä käytävä- ja porrastilojen huomioonottaminen vaativat täydentäviä mittauksia.

Menetelmäkuvaukseen tullaan tarkemmin ja täydennettynä tulostamaan tiiviystutkimuksen osaraporttina julkaistavissa tiiviiden ja ilmanvaihtuvuuden mittausohjeissa. Tutkimus päättyy vuoden 1982 lopussa, ja raportin julkistaminen tapahtuu kesällä 1983.

Menetelmän onnistuminen riippuu paitsi tiiviudesta (mitä tiiviimpi sen tarkempi) myös ilmanvaihtolaitoksen yleisestä mitattavuudesta, jonka tason kohottaminen on välttämätöntä rakennuksen energiataloudellisen toimivuuden turvaamiseksi.

Jorma Railio

Täthetsmätning med byggnadens eget ventilationssystem

Om man är villig att pruta något på noggrannheten i mätningarna, kan tätheten i de flesta byggnader med maskinell ventilation mätas med tillhjälp av dess ventilationssystem. Metoden lämpar sig bäst för höghus och servicehus.

Med de egna fläktarna i en byggnad kan man oftast åstadkomma en mätbar tryckskillnad inne/ute på 5 — 10 Pa. Om detta inte kan uppnås, är byggnaden förmodligen alltför otät och tätningsåtgärder av nöden. Före mätningen måste alla tilluftöppningar i byggnadens yttre hölje tillslutas och tejpas. Om byggnaden har även maskinell tilluft, måste hela tilluftsystemet slutas och alla tilluftventiler tejpas. Alla dörrar i lägenheten hållas öppna. Dörren till trappuppgången behöver i allmänhet ej tätas vid dessa mätningar. Luftflödet och tryckskillnaden uppmättes i varje lägenhet och resultaten extrapoleras till ett jämförelsetryck, t.ex. 50 Pa enligt formel (1) i artikeln, där V_{50} avser läckaget vid 50 Pa tryckskillnad, V_{mit} det uppmätta luftflödet och P_{mit} den uppmätta tryckskillnaden ute/inne. Exponenten 0,7 är en erfarenhetsmässig läckageexponent.

I praktiken uppnås vid dylika mätningar av flöden och tryck en noggrannhet av högst 10 %. Större fel uppstår genom extrapolationen och om det förekommer läckage mellan lägenheterna. Mätningarna bör utföras vid lugnt väder, tryckskillnaderna över de olika fasaderna bör ej avvika sinsemellan mera än 20 Pa eller med mera än hälften av medeltryckskillnaden ute/inne.

Lähdeviitteet

/1/ Kronvall, J.: Mätningar och mätmetoder för lufttäthet. Byggnadsforskningsrådet, T6:1979. 64 s.

/2/ Siitonen, V.: Rakennusten paikallinen ilmantäivys, ehdotus mittausten menetelmäksi. VTT, LVI-tekniikan laboratorio. (Julkaistaan 1982.)

/3/ Ilmanvaihtolaitosten ilmavirtojen tarkastusohjeet. Rakennushallitus 1978. ■

Jorma Railio

Measurement of the tightness of a building with its own ventilation system

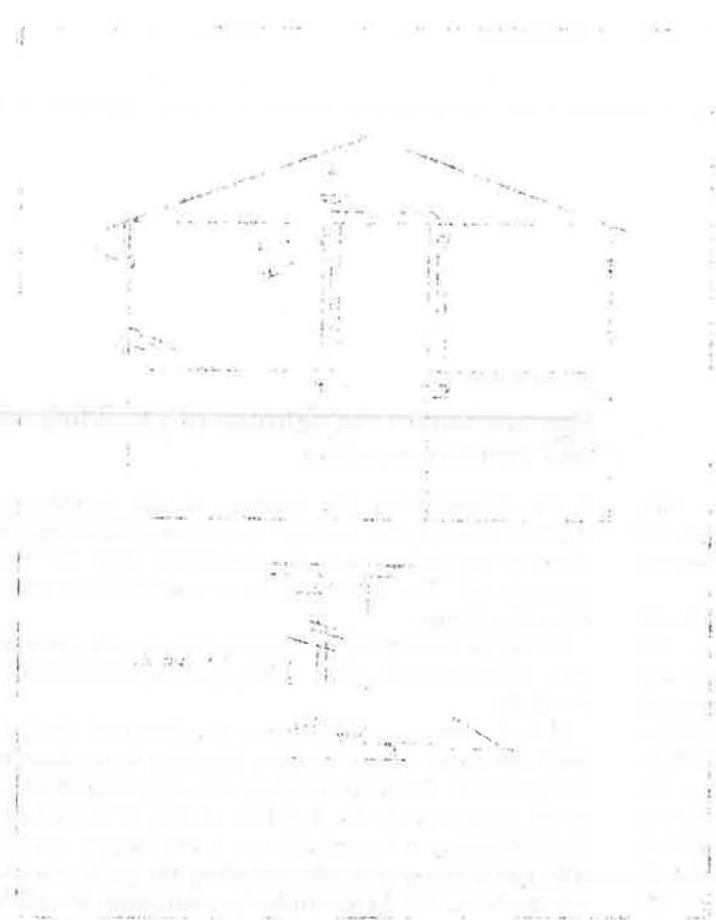
If the demands on the accuracy of the measurements are slightly reduced, the leakage test in most buildings with mechanical ventilation may be performed with the ventilation system itself. This method is most suitable for apartment and service buildings.

Using the fans in the ventilation system, the pressure difference inside/outside may often reach a measurable value of 5—10 Pa.

If such a pressure difference is not obtained, the leakage exceeds allowable values and the building or apartment should be tightened. Before measuring, all of the supply air openings in the outer core of the building should be closed and taped. If the building is furnished with a mechanical supply air system, the whole supply side including the grilles should be closed carefully. All doors inside the apartment should be open. The exhaust air flow and the pressure difference inside/outside is measured in every apartment and the results are extrapolated to a reference pressure, i.e. 50 Pa according to formula (1) in the article, where V_{50} is the leakage at 50 Pa pressure difference, V_{mit} the measured air flow and P_{mit} the pressure difference outside/inside. The exponent 0,7 is derived from experience.

In practice, a maximum accuracy of about 10 per cent is achieved at these measurements. Larger errors are due to the extrapolation or to leakage between the apartments.

The measurements should be carried through at calm weather conditions; the pressure differences noted for the different exposures of the building should not differ more than 20 Pa or more than half of the mean pressure difference outside/inside.



Faint text below the drawing, likely a title or description of the structure.

Vertical text on the left side of the page, possibly a list or index.

Vertical text in the middle of the page, possibly a list or index.

Vertical text on the right side of the page, possibly a list or index.

Vertical text on the right side of the page, possibly a list or index.