

Postiluukusta puhaltaa

Kuusikerroksisen asuinkerrostalon yläkerran asunnossa on valittu, että kun ykköskerroksen Virtasen rouva paistaa norsseja, hajut tulevat myös yläkerran asuntoon. Ilmanvaihto on puhdistettu ja ilmavirrat on säädetty suunnitelmien mukaiseksi. Valitukset hajuista ovat kuitenkin jatkuneet. Ilmanvaihto aiheuttaa huoneistoihin 5 Pa alipaineen ulkoilmaan verrattuna. Porrashuoneen korkeus on 18 m. Millainen paine-ero porrashuoneen alaosan ja yläosan välillä muodostuu, ulko- ja sisäilman lämpötilaerosta

HARJOITUSTEN VETÄJÄ

Jarkko Heinonen

on LVI-tekniikan lehtori ja rakentamisen tiimivastaava Satakunnan ammattikorkeakoulussa.



johtuen, jos ulkolämpötila on $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $20\text{ }^{\circ}\text{C}$? Sisälämpötilan oletetaan olevan $21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Alakerran Virtasen rouvan huoneiston postiluukku on 1 metrin korkeudella lattiasta. Miten paljon ilmaa virtaa postiluukusta ja mihin suuntaan, kun ilman virtausaukon koko postiluukussa on 10 cm^2 ? Postiluukun kertavastuksena voi käyttää arvoa 4. Oletetaan, että ulkovaipan ilmavuoto on tasaisesti jakautunut. Tuulen vaikutusta ei oteta huomioon.

Ratkaisu TALOTEKNIikka-LEHTI NRO 3/2018

Edelliskerran tehtävänä oli laskea toimistorakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän muutosten vaikutuksia rakennuksen lämmitysenergiankulutukseen. Rakennus on ollut ilmanvaihdon osalta jatkuvasti alipaineinen. Muutostöiden yhteydessä ilmanvaihto on päätetty korjata tasapainoon. Toimistorakennuksen koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän tuloilmavirta ennen muutosta on $11,2\text{ m}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirta $11,5\text{ m}^3/\text{s}$. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto on käynnissä arkisin kello 7–19. Ilmavirrat ovat samat koko käyntiajan. Tämän lisäksi koneellinen WC- ja märkätilojen poistoilmanvaihto $0,3\text{ m}^3/\text{s}$ on käynyt koko ajan.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{lto} &= \eta_{a,ivkone} \times t_d \times t_v \times \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,poisto} \times (T_s - T_u) \\ &= 0,55 \times 12\text{ h}/24\text{ h} \times 5\text{ vrk}/7\text{ vrk} \times 1,2\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,0\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 11,5\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times (21\text{ }^{\circ}\text{C} - (5,6\text{ }^{\circ}\text{C})) = 41741\text{ W} \end{aligned}$$

Tuloilman keskimääräinen lämpötila lämmöntalteenoton jälkeen voidaan laskea kaavalla

$$\begin{aligned} T_{lto} &= T_u + \frac{\dot{Q}_{lto}}{t_d \times t_v \times \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,tulo}} = 5,6\text{ }^{\circ}\text{C} + \frac{41741\text{ W}}{0,55 \times 12\text{ h}/24\text{ h} \times 5\text{ d}/7\text{ d} \times 1,2\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,0\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 11,2\frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \\ &= 14,3\text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Koneellisen tulo- ja poistojärjestelmän lämmitysenergian tarve saadaan laskettua kaavalla

$$\begin{aligned} Q_{iv} &= t_d \times t_v \times \rho_i \times c_{pi} \times q_{v,tulo} \times (T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto} \times 8760\text{ h}/1000 \\ &= 12\text{ h}/24\text{ h} \times 5\text{ vrk}/7\text{ vrk} \times 1,2\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,0\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 11,2\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times ((18\text{ }^{\circ}\text{C} - 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}) - 14,3\text{ }^{\circ}\text{C}) \\ &= 134685\text{ kWh} \end{aligned}$$

Kun määritetään koko ilmanvaihtojärjestelmän aiheuttama lämmitysenergiankulutus, myös korvausilman energiankulutus pitää ottaa huomioon. Korvausilman tarpeeseen vaikuttavat

$$\begin{aligned} Q_{iv} &= \rho_i \times c_{pi} \times (t_d \times t_v \times (q_{v,poisto} - q_{v,tulo}) + q_{v,huippari}) \times (T_{sp} - T_u) \times 8760\text{ h}/1000 \\ &= 1,2\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,0\frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (12\text{ h}/24\text{ h} \times 5\text{ vrk}/7\text{ vrk} \times (11,5\frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 11,2\frac{\text{m}^3}{\text{s}})) \\ &\quad + 0,3\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times (18\text{ }^{\circ}\text{C} - 5,6\text{ }^{\circ}\text{C}) \times 8760\text{ h}/1000 = 53071\text{ kWh} \end{aligned}$$

Korvausilman lämmitysenergian tarve laskettiin vertailukelpoisuuden vuoksi vain tuloilman lämpötilaan, koska muutostöiden jälkeen korvausilmaa ei ole ollenkaan. Muutosten jälkeen rakennuksen koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän tuloilmavirta on $11,8\text{ m}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirta $11,8\text{ m}^3/\text{s}$ arkisin kello 7–19. Muina aikoina koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän tuloilmavirta on $0,3\text{ m}^3/\text{s}$ ja poistoilmavirta $0,3\text{ m}^3/\text{s}$. Koska muutoksen jälkeenkin ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton poistoilman

Ilmanvaihtojärjestelmän lämmitysenergiankulutus yksinkertaistaen vuositasona ennen muutosta saadaan laskettua, kunhan ensin selvitetään lämmöntalteenoton toiminta. Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton poistoilman vuosiyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,55 sekä ennen että jälkeen muutostöiden. Sisälämpötilana voidaan käyttää arvoa $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, ulkoilman keskimääräisenä lämpötilana $5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, puhaltimen tuloilmaa lämmittävänä vaikutuksena $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lämmöntalteenoton keskimääräinen teho saadaan laskettua kaavalla.

koneellisen tulo- ja poistojärjestelmän epätasapaino sekä WC- ja märkätilojen koneellinen poistoilmanvaihto. Korvausilman lämmitysenergiankulutus saadaan laskettua kaavalla

vuosiyötysuhteena voidaan käyttää arvoa 0,55 eikä ilmanvaihtokoneita vaihdettu, saadaan ilmanvaihtojärjestelmän lämmitysenergiakulutukseksi vastaavasti $15\ 8904\text{ kWh}$. Ennen muutoksia ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutus on ollut $18\ 7556\text{ kWh}$. Muutosten avulla energiaa siis säästyy $2\ 8851\text{ kWh}$ vuodessa. Tämän lisäksi aiemmin alipaineinen rakennus on nyt ilmavaihdon osalta tasapainossa. ■