

Painovoimainen vai koneellinen ilmanvaihto?

Ilmanvaihtojärjestelmien välistä vertailua pystytään tuskin tekemään täysin tasapuolisesti missään tilanteessa. Sekä painovoimaisella ilmanvaihdolla että eriasteisilla koneellisilla järjestelmillä on kannattajansa ja vastustajansa.

Taloudellisuusvertailujenkin suhteen on asia niin ja näin — onhan lopputuloksena eri järjestelmillä erilainen ilman laatu, jota ei voida yksiselitteisesti muuttaa rahaksi. Valinnan vaikeus tuntuu niin uudessa kuin vanhassakin rakennuksessa. Uudet määräykset ja ohjeet selkiyttävät tilannetta, mutta niiden tulkinnoissa esiintyy jatkuvasti erimielisyyksiä. Lisäkeskustelua ja palautteita kaivataan.

Ilmanvaihdon tarve

Ilmanvaihdon tarpeen voivat määrätä (suluissa ohjeelliset ilmanvaihtuvuudet) /1/:

- hajut ja käryt (0,2/h, kierrätyksellä), (0,8/h, ei kierrätystä),
- kosteus (0,3/h),
- radioaktiiviset epäpuhtaudet (0,5/h),
- tupakointi (2,0/h).

Hapen tarve ja hiilidioksidin poistotarve eivät ole ilmanvaihtuvuuden määrääviä kriteerejä nykyisellä asumis- ja työskentelyvälytydellä. Suositeltu minimi-ilmanvaihtuvuus on /2/ mukaan 0,5/h.

Ihmishajujen haittavaikutusten eliminointiin tarvittavan ilmanvaihtomäärän on jo lähes puolen vuosisadan ajan oletettu noudattavan ns. Yaglou'n kriteeriä, johon myös nykyisissä ilmanvaihtomääräyksissä /2/ esitetyt tilakohtaiset ohjearvot osittain perustuvat. Viimeisimmät USA:ssa tehdyt tutkimukset osoittavat Yaglou'n tulosten pitävän yhtä hyvin paikkansa kohonneesta hygieniastasosta huolimatta. Riittämättömästä ilmanvaihdosta esim. makuuhuoneissa on kuitenkin esitetty varsin lukuisia valituksia — todellisista ilmanvaihtuvuuksista esim. asuinhuoneissa on kuitenkin vielä riittämättömästi tietoa.

Ruoankäryjen aiheuttamat haitat on eliminoitavissa tehokkaammin poistoilmalimien ja liesikuvun muotoilulla kuin ilmamäärää lisäämällä, siis pyrkimällä teollisuusprosesseista tuttuun paikallispoistoon sekä ilmanvaihdon ohjaukseen.

Kosteuden vaikutus ilmanvaihdon tarpeeseen ei myöskään ole yksiselitteinen; asuinhuoneistoissa kärsitään talvikaikana liiallisesta kuivuudesta.

Tupakoinnin rajoittamisella on myös energiataloudelliset syynsä; tupakansavujen haittavaikutusten poisto ei saisi missään tilanteessa muodostua koko ilmanvaihtolaitosta mitoitettavaksi tekijäksi. Suodatuksella ja kierrätyksellä voidaan haittoja merkittävästi lieventää.

Radioaktiivisten epäpuhtauksien, lähinnä radonin ja sen hajoamistuotteiden poistaminen on viime vuosina tullut ilmanvaihdon minimitarpeen määrääväksi pääkriteeriksi. Suomessa on ongelma kuitenkin vähäisempi kuin esim. Ruotsissa. Tiedetään myös, että

terveydellistä haittaa ilmenee vasta vuosien, ehkä vuosikymmenien altistuksen jälkeen;

pitoisuuksiin vaikuttavat ilmanvaihtuvuuksien lisäksi voimakkaasti rakennusmateriaalit ja niiden radioaktiivisuus sekä maaperän radioaktiivisuus ja rakennuksen liittyminen maaperään;

poissaoloaikana keräytynyt radioaktiivisuus on melko nopeasti tuuletettavissa pois;

haitalliset radontyyttäret voidaan suodattaa, tosin vain hyvin tehokkailla suodattimilla.

Järjestelmävaihtoehdot

Ilmanvaihtojärjestelmävaihtoehdot ovat:

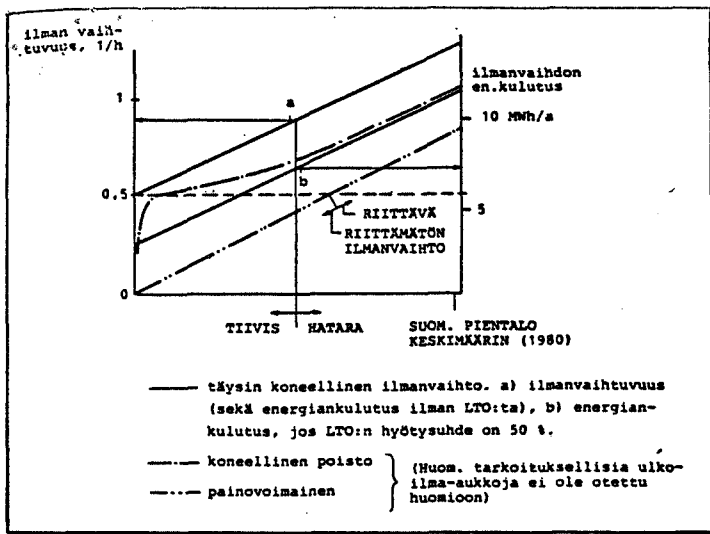
- painovoimainen ilmanvaihto, jota voidaan tehostaa tuuletuksen ja liesituuletettimien avulla;
- koneellinen poisto;
- täysin koneellinen ilmanvaihto, johon voidaan liittää lämmön talteenotto, ilman kierrätys tai jopa täydellinen ilmastointi.

Painovoimaisellakin on etunsa ja puolustajansa

Painovoimainen — eli luonnollinen — ilmanvaihto on perinteinen ja turvallinen eikä pidä sisällään liikaa tekniikkaa. Toimintavarmuutensa takia sitä voidaan pitää niin kauan kuin tuulta ja pakkasta riittää. Ja jos ilma tuntuu huonolta, niin tuuletetaan, näinhän tehtiin halvan energian aikanaan.

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu ilman lämpötilaerojen sekä tuulen vaikutuksesta rakennuksen ja ympäristön välille muodostuvista paine-eroista. Rakennuksen ilmanvaihtuvuus riippuu olennaisesti ulkovaipan tiiviydestä. Ilmanvaihtuvuuden vaihteluista em. tekijöistä riippuen on kerrottu viitteessä /3/, mistä yhteenvedon kuva 1.

Tuuletus on aivan ilmeinen energian-



1a

Kuva 1. Ilmanvaihtuvuuden ja ilmanvaihdon energiankulutuksen riippuvuus rakennuksen tiivyydestä ja ulkoisista olosuhteista. a) tiiviyden vaikutus pientalossa (laskennallinen suuntaa-antava arvio, talo 1-kerroksinen, 100 m²), b) ilmanvaihtuvuus painovoimaisen ilmanvaihdon pientaloissa eri ulkolämpötiloilla.

tuhlaaja, ellei osata sulkea ikkunaa jo parin minuutin pikatuuletuksen jälkeen. Sveitsissä ja Englannissa on asiaa tutkittu, ja päädyttyä ilmanvaihtuvuuteen 5–15/h läpituuletuksen aikana — siis todellista tuhlausta.

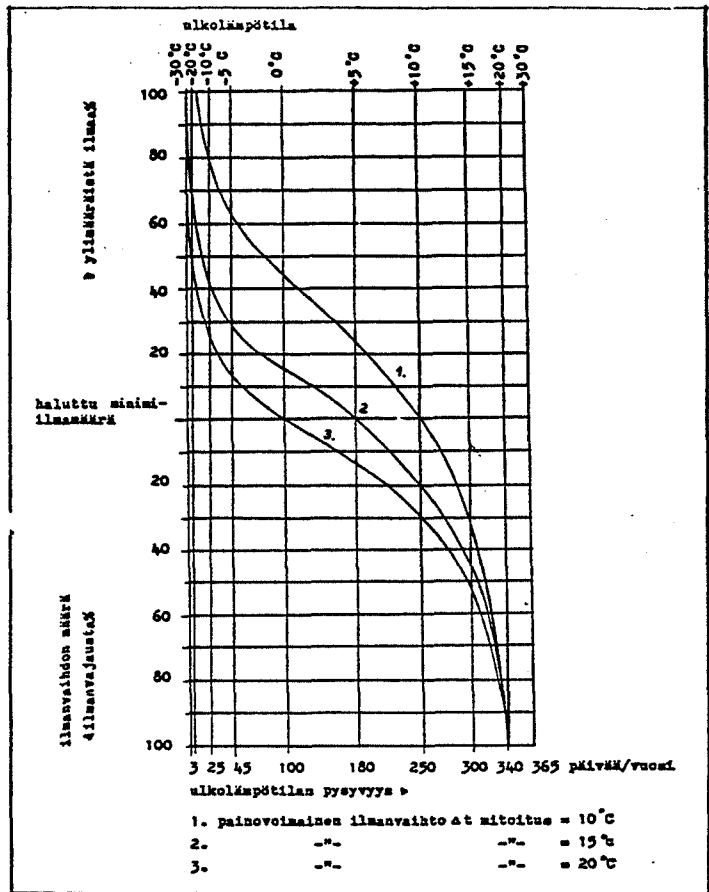
Painovoimaisessa ilmanvaihdossa on ilman sisäänotto täysin satunnaista; tuloilma-aukkoja voidaan tietenkin asentaa, mutta ne voivat aiheuttaa melkoista läpivirtausta.

Painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan tehostaa mm. liesituulettimin. Tällöin on huolehdittava siitä, että ilma ei tule keittiöön likaisten tilojen (WC ym.) kautta.

Kerrostaloissa on aina vaara ilman virtaamisesta porraskäytävän kautta huoneistosta toiseen, vrt. /4/. Uusissa kerrostaloissa — aivan pienimpiä lukuunottamatta — on painovoimainen ilmanvaihto täysin väistynyt. Koska erillishormien vaatimat tilakustannukset ovat melkoiset, on painovoimainen ilmanvaihto kerrostaloissa koneellista poistoa kalliimpi.

Koneellistaminen vaikeaa vanhoissa rakennuksissa

Vanhoihin painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksiin asennetaan koneellisia järjestelmiä joskus tolkutroman suurin kustannuksin. Mikäli poistohormit on koottu järkeviin ryhmiin, voi huippumureiden asentaminen hormistojen päähän olla joskus helppoa tai taloudellista — mitä hajautetumpi hormisto, sen vaikeampi ja kalliimpi toteutus. Laajemmissa peruskorjauksissa voi koneellistaminen tulla jo pakolliseksi.



1b

Eräänä painovoimaisen ilmanvaihdon tehostuskeinona esitetään seuraavaa:

- poistoilmahormeja korotetaan;
- hormin päähän asennetaan tuulen ja/tai ulkolämpötilan vaihtelujen mukaan toimiva läppä, joka pyrkii pitämään ilmanvaihdon vakiona;
- liesituulettimia ym. paikallisia tehostuskeinoja käytetään.

Tilapäistä tuuletustarvetta tällainen järjestely tuskin poistaa.

Onko koneellinen poistokaan riittävä?

Koneellinen poistoilmanvaihto on saatavissa kokonaismäärältään jo hyvin hallituksi — ellei rakennuksen ulkovaippa ole kovin hatara.

Suurimpia vaikeuksia koneellisen poiston järjestelmissä ovat:

- Ilman sisäänotto on edelleenkin pääasiassa täysin hallitsematonta. Ilma tulee siis sieltä mistä se helpoimmin sisään pääsee: tiivistämättömistä ikkunoista, muista vuotokohdista tai postiluukusta. Tiivistysinnostus on — aivan sananmukaisesti — aiheuttanut paljon päänsärkyä, kun makuuhuoneisiin ei enää riitä ilmaa.
- Korkeissa rakennuksissa esiintyy varsinkin talvella vaikeuksia pitää ilmanvaihtoa tasapainossa.

Energiansäästöä tavoitellen on käytös-

sä yleisesti ns. kaksinopeusjärjestelmä. Mitoitusilmamäärät on saavutettavissa täydellä ilmanvaihdolla — kaikissa tiloissa yhtäaikaa tarpeesta riippumatta. Ilmanvaihdon tarve vaihtelee kuitenkin ajallisesti ja paikallisesti hyvin eri tavoin eri huoneissa ja eri huoneistoissa/tiloissa. Kaksinopeusjärjestelmässä on siis usein ilman laatu epätyydyttävä.

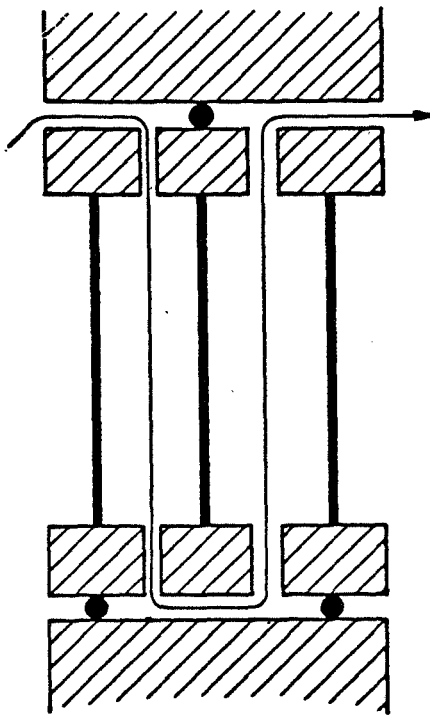
Mikäli poistohormisto toteutetaan yhteiskanavaperiaatteella, on kehittyneemmän ilmanvaihdon ohjauksen toteuttaminen käytännössä mahdotonta, vrt. /4/.

Tuloilman sisäänottoa ulkovaipan kautta ei ole toistaiseksi ratkaistu riittävästi hyvin. Venttiilit ja säleiköt on todistettu huonoiksi talviolosuhteissa /5/, ja suurimmat toiveet kohdistuvatkin tuloilmaikkunaan, kuva 2. Koneellisen poiston stabiilisuuden turvaamiseksi on välttämätöntä asettaa sisätilalle tietty tavoitepaine-ero ulkoilmaan nähden, esim. 3–4-kerroksisessa asuintalossa on 20 Pa alipaine sisällä sopiva, vrt. /6/.

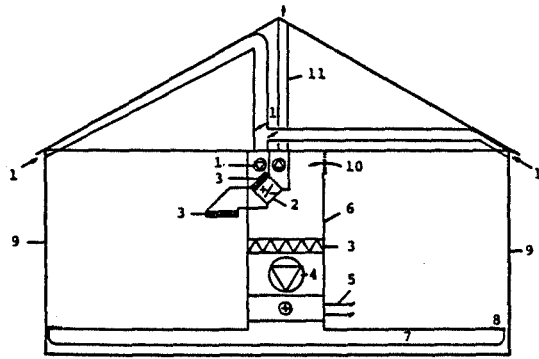
Täysin koneelliset järjestelmät — liikaako tekniikka?

Täysin koneellisissa järjestelmissä ovat sekä tulo- että poistoilmamäärät hallittavissa — jopa huonekohtaisesti.

Asuinrakennuksissa on täysin koneellinen ilmanvaihto saavuttanut suosiota vain pientalojen ilmalämmitysjärjestel-



Kuva 2. Tuloilmaikkunan periaate.



1. ulkoilma: etelän puolelta talvella, pohjoissivulta kesällä, säätö, ulkoilmapuhallin. Lämpimissä tiloissa eristetyt kanavat!
2. lämmöntalteenotto: hyötysuhde, tiiviys, jäätymissuojauus
3. suodattimet - huollettava!
4. kiertoilmapuhallin - sähkönsyöjä? Ilmämäärän säätö
5. lämmityspatteri - lämmönlähteenä käy mikä tahansa
6. kojekokonaisuuden sijoitus: ääniongelmat, asennus, huollettavuus?
7. ilmakanavisto: ilmavirtojen säätö tärkeä, ilma ei saa vuotaa pois - kanavien tiiviys! Puhdistettavuus? Ääneneristys?
8. ilmanjako - alajakoinen kalliimpi mutta riskittömämpi
9. ulkovaippa: -tiiviys!!
-ikkunoiden suuntaus - passiivinen aurinkotalo?
10. kiertoilma oleskeluhuoneista kojeelle - oviraot vai kanavointi?
11. poistoilma likaisista tiloista: lämmöntalteenotto, puhallin, poistohormi

Kuva 3. Ilmalämmityksen pääperiaate ja mahdolliset ongelmakohdat pientaloissa.

miin liitettyinä. Ongelmia esiintyy sielläkin, kuten kuva 3 osoittaa — yhä tehostuva tutkimus- ja kehitystoiminta ja tarkastelun laajentaminen rakennuskokonaisuuteen kuitenkin tuovat aikanaan tarvittavat ratkaisut.

Ilmalämmitys on lähivuosina tulossa myös kerrostaloihin /4/, vaikkakin kiertoilmaa voi käyttää vain huoneistokohteisena. Muissa kuin asuinrakennuksissa ilmalämmitys on varsin potentiaalinen lämmönjakotapa — nykyinen jo koneellinen ilmanvaihto kiertoilman käyttömahdollisuuksineen tarvitsee vain vähän lisäjärjestelyjä, jotta vesiradiaattorit voitaisiin jättää kokonaan pois.

Suureksi ongelma-alueeksi jäävät näin ollen edelleenkin asuinkekkorastalot. Näissä on käytettävissä erilaisia lämmöntalteenottojärjestelmiä /4/, mutta niihin liittyy vielä lukuisia ongelmia ("Kannattavat järjestelmät eivät ole hyväksyttäviä — ja päinvastoin.").

Rajoituksia lämmön talteenottojärjestelmille ja tuloilmajärjestelmille asettavat lähinnä ilmanvaihtoa koskevat määräykset /3/ ja /7/. Kustannuskysymykset lienevät kuitenkin, energiataloudellisista avustuksista huolimatta, suurimpana esteenä.

Lämmöntalteenoton konkreettisia ongelmia ovat lisäksi luvattujen hyötysuhdetietojen paikkansapitämättömyys ja jäätymissuojauksen huono toiminta.

Kiertoilman käyttö ja suodatus

Kiertoilman käyttöä rajoittavat selvimmän ilman laadulle ja paloturvallisuus-

delle asetetut vaatimukset. Kiertoilmaa saadaan yleensä käyttää vain tietyn palosaston sisällä (esim. asuinpienitalo, kerrostalohuoneisto, yhtenäinen hallitila, maisemakonttori).

Kiertoilman käyttöön liittyy olennaisena tekijänä ilman puhdistus. Kaupunkialueella voidaan päästä näin jopa ulkoilmaa puhtaampaan sisäilmastoon. Ulkoilmaa tarvittaneen kuitenkin aina tilojen ollessa käytössä määräysten mukainen minimimäärä.

Suodatuksessa on huollon toimivuus jopa suodattimen valintaa tärkeämpää. Elektronisissa suodattimissa on pesuväli 1—3 viikkoa (suurimpiin on järjestettävissä automaattinen pesu), mekaaniset suodattimet tulisi vaihtaa aika ajoin.

Onko puhallin sähkönsyöjä?

Koneellisen ilmanvaihdon vastustajat vetoavat myös puhaltimien suureen sähköenergian kulutukseen — eivätkä aina syyttä.

Puhaltimen ottama teho P on:

$$P = \frac{\dot{V} \Delta p}{\eta} \text{ [W]} \quad (1)$$

\dot{V} on ilman tilavuusvirta, m³/s
 Δp on aikaansaatu paine-ero, Pa
 η on hyötysuhde.

Kun vielä $V \sim \sqrt{\Delta p}$, tulisi kaavan (1) mukaan ilmamäärän puolittuessa tehon pudota kahdeksasosaan. Asuntohallituksen tekemä tutkimus /8/ osoittaa karun totuuden 2-nopeusjärjestelmistä: kulutettu teho pienenee ainoastaan puoleen. Kun hyötysuhde täydellään teholla jää usein n. 30 % vaiheille, käytävät kerrostalojen poistopuhaltimet pääasiassa noin 10 % hyötysuhteella! Asia on vasta hiljattain tiedostettu, ja tilanteen korjaus vie aikansa.

Yleisohjeita

Ilmanvaihtojärjestelmän valinta on tehtävä aina tapauskohtaisesti. Uudistustantoon voidaan tosin antaa yleisempiäkin suosituksia:

□ Asuinpienitaloissa mielekkäimmät vaihtoehdot lienevät käyttäjän ohjattavissa oleva koneellinen poisto ja ilmalämmitykseen liitettävä täysin koneellinen ilmanvaihto.

□ Matalissa kerrostaloissa voidaan suositella koneellista poistoa, korkeammissa tulisi täysin koneellisia järjestelmiä suosia nykyistä enemmän.

□ Muissa kuin asuinrakennuksissa on kiertoilman käyttömahdollisuudella ja ehkä ilmalämmityksellä täydennetty koneellinen ilmanvaihto suositeltavin — suodatuksen toimivuus on tällöin tur-

Astepäiväluvut

Normaalivuoden ja vuosien 1980—1981 astepäiväluvut (S₁₇) 12 paikkakunnalla.

Vuosi Kuukausi	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Turku	Tampere	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodan- kylä	Ivalo
Normaalivuosi												
tammikuu	651	783	713	772	787	818	753	853	896	821	983	972
helmikuu	619	683	667	700	717	734	692	767	790	760	857	875
maaliskuu	611	654	639	676	676	694	673	725	747	744	815	824
huhtikuu	438	444	444	444	447	468	471	483	504	513	576	596
toukokuu	280	183	213	211	166	249	293	265	316	310	388	414
kesäkuu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	75	121
heinäkuu	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8
elokuu	—	—	—	—	—	—	—	—	35	16	108	157
syyskuu	130	154	178	193	150	268	222	224	264	243	324	333
lokakuu	319	378	366	394	400	434	409	431	453	446	539	550
marraskuu	441	492	483	507	528	558	525	567	609	573	702	708
joulukuu	546	626	611	648	679	707	642	729	781	713	877	893
Yhteensä	4035	4370	4310	4550	4550	4930	4680	5040	5395	5150	6244	6451
Vuosi 1980												
tammikuu	673	798	758	822	852	864	791	909	932	892	1067	1007
helmikuu	715	734	737	785	771	823	778	843	874	875	981	952
maaliskuu	670	718	690	727	734	771	748	788	813	773	856	851
huhtikuu	402	333	326	377	399	420	416	459	463	437	523	514
toukokuu	281	275	244	272	275	297	275	316	310	314	370	413
kesäkuu	7	0	0	0	0	7	7	7	17	0	40	55
heinäkuu	0	0	0	0	11	0	0	20	12	0	51	88
elokuu	17	39	35	64	51	79	74	83	97	75	166	147
syyskuu	80	151	117	178	188	228	187	241	262	230	311	319
lokakuu	333	363	364	395	399	406	410	431	469	469	594	585
marraskuu	516	584	571	635	633	693	652	708	779	753	891	875
joulukuu	539	622	599	675	704	729	690	769	859	844	1004	967
Yhteensä	4233	4617	4441	4930	5017	5317	5028	5574	5887	5662	6854	6773

vattava!

Koneellisen poiston toimivuus edellyttää, että tuloilma voidaan ottaa sisään hallitusti ja ilman veto- ja läpivirtausriskejä. Mikäli tätä ei kehitetä, on ainoana ratkaisuna täysin koneellinen ilmanvaihto.

Vanhassa rakennuksessa on aina ensinkartoitettava ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus ja mahdolliset puutteet ja viat. Erityisesti on muistettava, että tiivistäminen voi pienentää ilmanvaihdon riittämättömäksi. Tällöin lisääntyvä tuuletustarve syö energiansäästön hyvin nopeasti.

Mikäli vanhaan painovoimaiseen järjestelmään ollaan pääasiassa tyytyväisiä, kannattaa harkita kevyitä ratkaisuja, esim. liesituulettimia, kerrostaloissa tietenkin yhteishankintana kaikille. Samassa yhteydessä on keittiössä olevat ilmapuotokohdat tiivistettävä, ja ulkoilma otettava sisään viereiseen huonetilaan. Koneellinen poisto voidaan toki

järjestää, jos huippumuri on halvalla liitettävissä olemassaolevaan hormistoon. Poistoilmaelimet on samassa yhteydessä syytä uusida — ja järjestelmä säätää nykyiset normit täyttäväksi.

Vanhoissa toimisto-, liike- ja julkisissa rakennuksissa tulee ilmanvaihdon koneellistamiseen ryhtyä todellisen tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan. Koneellinen poisto likaisista tiloista on minimiratkaisu. Seuraavaksi käsitellään tilat, joissa on ajoittain suuri ilmanvaihdon tarve. Näissä voidaan suositella erilisiä pikkupuhaltimia tai suodaterun kierrätysilman käyttöä.

Ilmanvaihto kehittyä jatkuvasti — suurimmat toiveet kohdistuvat ilman puhdistukseen, kierrätykseen ja ilmalämmitys-ilmanvaihto-yhdistelmiin. Kehitys on suoraan hyödynnettävissä vain uudistuotannossa; vanhassa kannassa joudutaan aina tapauskohtaiseen tarkasteluun, jossa mukana on myös ulkovaipan ilmapuodot.

Lähdeviitteet:

- 1/ Gabrielsson, J et al, Rakennusten lämpötila- ja sisäilmasto. Helsinki 1975. SITRA, Sarja B, n:o 19, n. 190 s.
- 2/ Rakennusten ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. Helsinki 1979. Sisäasiainministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, D2.
- 3/ Railio, J., Rakennusten tiiviyden vaikutus ilmanvaihtoon ja sen energiankulutukseen. LVI 30(1978)5, s. 20—23.
- 4/ Railio, J., Asuinkerrostalojen ilmanvaihtojärjestelmien kehitysnäkymiä. LVI 32(1980)5, s. 22—26.
- 5/ Erikson, B.E & Mellin, A., Undersökning av don för F- och S-system. Gävle 1979. Statens Institut för Byggnadsforskning, meddelande M78:19. 48 s.
- 6/ Railio, J., Hallitsemattomat ilmapuodot energian kuluttajana. Helsinki 1980. INSKO 115—80 V, 15 s.
- 7/ Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus, ohjeet. Helsinki 1980. Sisäasiainministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, E7.
- 8/ Rantala, E., Tutkimus asuinkiinteistöjen sähkönkulutukseen vaikuttavista tekijöistä. Asuntohallitus 1980. 276 s.

maskinella ventilationen tills vidare blivit populär endast i samband med luftburen värme för småhus.

Luftvärme är på kommande även i höghus under de närmaste åren, trots att cirkulationsluft kan användas endast lägenhetsvis.

Författaren framhåller slutligen det faktum, att man i höghus med maskinell ventilation och två varvtal på fläkten konstaterat, att fläktarnas effektbehov minskar endast till hälften vid det lägre varvtalet. Då verkningsgraden vid fullt varvtal ofta är endast ca 30 %, fungerar frånluftsfläktarna för det mesta med ca 10 % verkningsgrad. Här finns alltså ännu mycket att göra.

Markku Lampinen

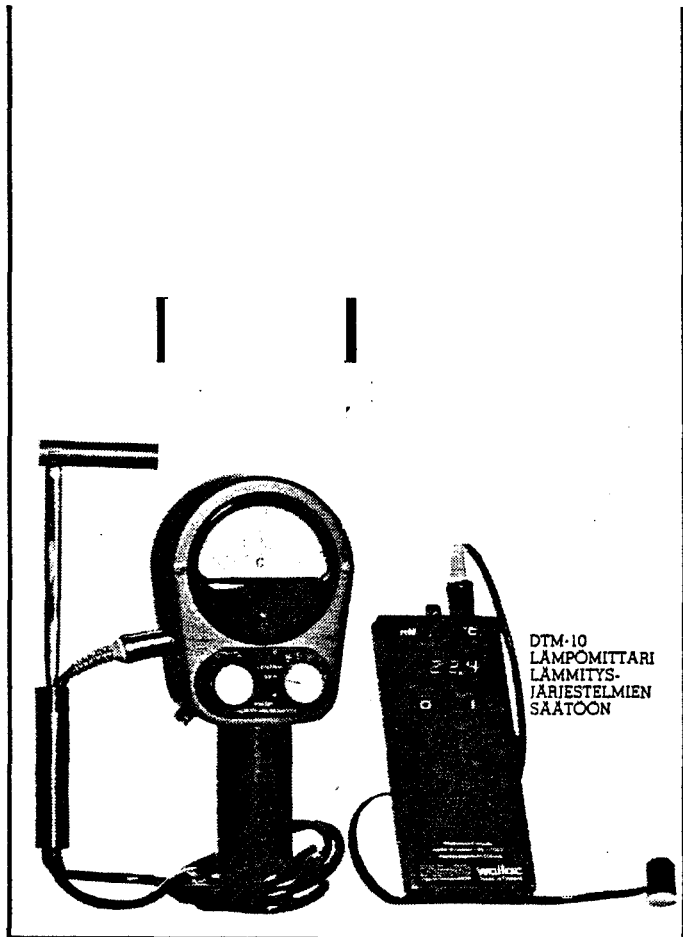
Okontrollerad ventilation i samband med maskinell frånluft

Om frånluftsflödena i ett höghus har inreglerats till samma

värden i lika stora lägenheter, blir tryckförhållandena i lika stora lägenheter desamma. Om inregleringen har gjorts om sommaren, blir luftflödena i de olika våningarna vintertid olika på grund av den uppkommande termiska tryckskillnaden.

Variationerna i luftflöden våningsvis beror av förhållandet mellan tryckfallet i kanalerna och den termiska tryckskillnaden. Om tryckfallet i kanalerna är stort, inverkar variationerna i utetemperaturen mycket litet på luftflödena i de olika våningarna.

Författaren uppställer formler för beräkning av läckageluftsflöden i samband med mekanisk frånluft, då frånluftsflödet, läckageöppningarnas storlek och läge är kända. Om frånluftsflödet är $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$, springornas effektiva bredd $0,01 \text{ m}$ och rumshöjder 3 m , får man exempelvis vid -27°C ett totalt luftflöde av $0,0378 \text{ m}^3/\text{s}$ och den okontrollerade andelen av ventilationen är således 26 %. I det fall, att det maskinella frånluftsflödet om natten minskas till hälften, erhålles vid -27°C utetemperatur på grund av läckaget en inbesparing av endast 22,5 % i stället för eftersträvt 50 %. ■



DTM-10
LÄMPÖMITTARI
LÄMMITYS-
JÄRJESTELMIEN
SAATOON

A schematic diagram of a three-stage valve symbol, consisting of three triangles pointing right, each with a horizontal bar extending from its base. Below the diagram are three horizontal dashes. At the bottom of the page is the ICB logo, a diamond shape containing the letters 'ICB'. To the right of the logo are the phone numbers 423 770 and 423 660.



☎ 423 770
423 660