

Tiiviysvaatimukset voidaan määrittää

Tiiviysvaatimusten määrittely kuuluu osana laajaan rakennusten tiivistäytymiseen, jota useat VTT:n laboratoriot toteuttavat KTM:n energiasaston myöntämän rahoituksen turvin. Tavoitteena on kehittää uusimpaan koti- ja ulkomaiseen tietämykseen nojautuen oloissamme ensimmäiset tiiviysvaatimukset rakennuksille selkeine ohjearvoineen sekä myös mittausmenetelmiä vaadittuun tiiviystason ja rakennuksen toimivuuden luotettavaksi todentamiseksi.

Miksi vaatimuksia?

Tiiviydellä on suuri merkitys rakennuksen energiatalouden, ilmanvaihdon toimivuuden ja sisäilmaston kannalta. Kun rakennuksen muille osille ja järjestelmille on jo asetettu ankariakin laatuvaatimuksia (esim. eristyspaksuudet, ikkunalaisten lukumäärä), saadaan rakennukset edelleenkin periaatteessa tehdä vaikka kuinka hatariksi.

Vaikka rakennuksille asetettuja laatuvaatimuksia ei täysin aukottomasti pystytä käytännössä kontrolloimaan, ne johtavat kuitenkin yleiseen tason parantamiseen. Saman vaikutuksen voidaan odottaa olevan tiiviysvaatimuksillakin.

Tiiviysvaatimuksia on asetettu koko

rakennuksille Ruotsissa (/1/, ks. taulukot 1 ja 2) ja Norjassa. (Ilmavuotoluku = painekokeessa 50 Pa paine-erolla mitattu ilmanvaihtuvuus.) Vaatimuksiin tähtäävää kehitystyötä on käynnissä Suomen lisäksi ainakin USA:ssa ja Kanadassa. Rakennusosille (ovet, ikkunat...) on olemassa useissa maissa tiiviysvaatimuksia ja myös kansainvälisesti hyväksyttyjä testausmenetelmiä. Niitä voidaan pitää arvokkaina vasta, kun niitä voidaan hyödyntää osana rakennuskokonaisuuksien vaatimuksia ja testausmetodiikkaa.

Vaikka tiiviystietämyksemme onkin puutteellista, osataan vuotojen vaikutukset jo haarukoida tietyille alueille, jonka hatarammalle rajalle voitaisiin ensimmäiset vaatimukset asettaa.

Toiminnalliset tavoitteet

Rakennuksen ulkovaippa ja ilmanvaihtojärjestelmä muodostavat yhden toiminnallisen kokonaisuuden, jonka on täytettävä seuraavat perustavoitteet:

- riittävä perusilmanvaihto,
- ilmanvaihdon riippumattomuus ulkoisista olosuhteista,
- hallitut rakennuksen painesuhteet epäpuhtauksien leviämisen, mekaanisten rasitusten ja kosteusrasitusten estämiseksi,
- hyvä sisäilmasto, myös vedottomuus.

Ensimmäisten tiiviysvaatimusten läh-

tökohtatilanteena pidetään seuraavia ns. hallitsemattoman ilmanvaihdon (rakennuksen epätiiviydestä aiheutuva ylimääräinen, tarpeeton ilmanvaihtuvuus) ta-voitettavia enimmäisarvoja:

- asuinpienitalot; 0,2 vaihtoa tunnissa,
- asuinkerrostalot; enintään 4 kerrosta; 0,1/h,
- asuinkerrostalot; ≥ 5 kerrosta; 0,2/h,
- muut kuin asuinrakennukset; jaotellaan kerrosluvun tai korkeuden mukaan kuten asuinkerrostalot 0,1 tai 0,2/h.

Vaatimusten jaottelu

Vaatimuksia tullaan asettamaan:

- Rakennuskokonaisuuksille. Rakennukset jaotellaan ensi vaiheessa pientaloihin ja kerrostaloihin (joka käsittää myös muut kuin asuinrakennukset).
- rakennuksen osille (esim. huoneisto) tai niitä toisistaan rajoittaville rakenteille joudutaan mm. paloturvallisuussyistä asettamaan myös määrällisiä tiiviysvaatimuksia.
- rakenneosille: seinät, ovet, ikkunat. Ulkomailla, esim. Ruotsissa asetettavat vaatimukset voidaan ottaa käyttöön myös Suomessa, tosin vain suosituksina (rakennuksen vuoto-ongelman merkitys on vähäinen rakenneliitoksiin verrattuna).
- rakenneliitoksille: vaatimuksia voidaan asettaa joko vuodon määrälle tai jollekin vuodon seurausvaikutukselle (esim. ilman nopeus oleskeluvyöhykkeen rajalla). Liitosten vuotojen kontrol-

Rakennustyyppi	Ilmavuotoluku n_{50} (1/h)
Omakoti- ja ketjutalot	3,0
Muut enintään kaksikerroksiset asuintalot	2,0 ^{a)}
Kolmi- ja useampikerroksiset asuintalot	1,0

^{a)} Arvo koskee vuotoilmavirtaa, joka tapahtuu ulkovaipan ja/tai sisätilan ja lämmittämättömän tilan välisen seinämän läpi. Sitä voidaan soveltaa esim. rivitalohuoneistoon huoneistojen välisten seinien ollessa käytännöllisesti katsoen ilmanpitäviä (esim. betoniset seinät). Kyseistä arvoa voidaan soveltaa myös huoneistojen välisten seinien ollessa vuotavia kun väliseinävuotoja vastaava korjaus tehdään mittauksilokseen. Mikäli kyseistä korjausta ei tehdä, suurimman sallitun ilmavuotoluvun arvon on 3,0 l/h.

Rakennusosa	Paine-ero Pa	Kerrosten lukumäärä		
		1-2	3-8	>8
ulkoseinä	50	0,4	0,2	0,2
ikkuna, ovi	50	1,7	1,7	1,7
	300	5,6	5,6	5,6
	500	—	—	—
ylä- ja alapohjat	50	0,2	0,1	0,1

Taulukko 1. Suurin sallittu ilmavuotoluku n_{50} koskien asuinrakennusten ulkovaippaa. (Svensk Byggnorm 1980).

Taulukko 2. Rakennusosien sallitut enimmäisvuotoilmavirtat $l/m^2/h$. m^2). (Svensk Byggnorm 1980).

lointi on toistaiseksi rajoitettava pistoke-keenomaiseen mittaukseen ja yleiseen vuotojen paikantamiseen. Hyvistä liitosratkaisuista tarvitaan kipeästi selkeitä toteutusohjeita.

Mikäli rakennuksen ulkovaippa toimii tarkoituksellisesti ilmanvaihtojärjestelmän osana, on ilman sisäänotto järjestettävä hallitusti. Painovoimaisen ilmanvaihdon ja koneellisen poiston järjestelmän suunnittelun lähtökohdaksi on otettava ns. tavoitepaine-ero (ulko- ja sisäilman paine-ero keskimääräisissä olosuhteissa), josta lähtien ilmanvaihto on suunniteltava. Esim. kerrostalossa on suositeltavaa lähteä liikkeelle n. 15–20 Pa alipaineesta käytettäessä perusilmanvaihtoa.

Vaativuustasot nyt ja tulevaisuudessa

Vaativuudet koko rakennuksen ilmanpitävyydelle tulevat olemaan taulukon 3 arvojen tuntumassa. Suluissa on esitetty tavoitearvo, johon eteneminen vaativuustasolla edellyttää rakenteiden, liitostapojen, ilmanvaihtojärjestelmien sekä rakennusvalvonnan ja toteuttajien ammattitaidon kehittymistä. Tavoitearvoihin pääseminen vie aikaa noin vuosikymmenen.

Rakennuksen eri osien välisten rakennosien tiiviysvaativuudet ovat vielä ajatusasteella: on mm. esitetty, että huoneiston tarvitsemasta tuloilmasta enintään 10–20 % saa tulla porraskäytävän kautta. Tiiviysvaativuus riippuu tällöin sekä ilmanvaihtojärjestelmästä että rakennuksen korkeudesta.

Rakenneliitoksille voidaan viihtyisyyden kannalta esittää sallitut enimmäisvuodot saumametriä kohden 20 Pa paine-erolla:

- lattiarajaliitos $0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sm}$ (noin $2 \text{ m}^3/\text{hm}$),
- muut liitokset $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sm}$ (noin $5 \text{ m}^3/\text{hm}$).

Ulkoilman sisäänotto: tiettyä paine-ero/tilavuusvirta-ominaiskäyrää ja ohjattavuutta voidaan suositella. Ulkoilmalaitteiden kehitys on kuitenkin vielä aivan aluillaan, joten vaatimuksiin päästäneen vasta vuosien kuluttua.

Mittausmetodiikka

Vaativuusten on oltava todennettavissa mittauksin valmiissa rakennuksissa. Sen lisäksi on rakennusvaiheessa voitava tarkailla työsuorituksen laatua.

Mittausmenetelmien valinta on optimointia tarkkuuden ja kustannusten välillä. Tällä hetkellä tarvitaan kipeimmin yksinkertaisia mittausmenetelmiä, jopa asukkaiden itsensä käyttöön. Ongelmana on, että tähän asti on kehitetty lähes yksinomaan tarkkoja mittausmenetelmiä tutkimustarkoituksiin.

Rakennustyyppi	Ilmavuotoluku n_{50} (1/h)
Pientalot	
— omakotitalo	4 (2)
— rivitalo	3 (1,5–2)
Kerrostalot	
— rakennuskokonaisuus	1,5 (1)
— hatarin huoneisto	2 (1,5)

Taulukko 3. Ehdotus tiiviysvaativuudeksi. Suluissa on esitetty tavoitearvot ylimenokauden jälkeen.

Pientalon tiiviysmittaus on helposti tehtävissä painekokeella /2/, kuva 1. Paineekokeen yhteydessä voidaan vuoto-kohtat paikantaa kätevästi merkkisavun avulla. Toinen paikantamiskeino on lämpökuvauus, mutta se on tehtävä kylmänä vuodenaikana ja vaatii erikoiskoulutuksen saaneen kuvaajan.

Kerrostalokäyttöön on kehitteillä yksinkertaistettu painekoe, jossa hyödynnetään rakennuksen omia ilmanvaihtopuhaltimia.

Hyvin suurissa rakennuksissa, joissa on satoja samanlaisia huoneita tai huoneistoja, voidaan tiiviyskoe tehdä pistokokein. Menetelmää kehitetään parhailaan VTT:llä lähinnä paikallisten vuotojen mittaamiseen, mutta se soveltuu esim. suuriin koppelkontorityyppeihin rakennuksiin. Esim. 1 000 huoneen rakennuksessa riittää n. 40 huoneen tiiviysmittaus — jälleen mieluummin rakennuksen omaa ilmanvaihtojärjestelmää hyödyntäen.

Paikallisten vuotojen varsinainen mittaaminen on harvoin tarpeen — vaatimus voidaan todentaa lähinnä välillisesti esim. nopeusmittauksin. Mittaukset tehdään vain todella tarvittaessa, ns. keräyskammiomenetelmällä /3/. Mittausten vaihtoehtona voisi myös olla rakenneliitosten luokitus tai tyyppihyväksyntämenettely.

Vaativuusten kustannuspaineet

Tiiviysmittauksen kontrollon epäillään aiheuttavan suurta nousua rakentamisen kustannuksiin. Ruotsista saadut kokemukset osoittavat kuitenkin selvästi, että kustannusten nousu on vähäistä — ja ehkäpä tilapäistä. Ensi vaiheessa ongelmana on koulutus ja motivointi.

Mihinkään erityisjärjestelyihin ei tarvitse ryhtyä, koska rakennusratkaisut ja mittausmenetelmät ovat jo olemassa. Rakentamisen tason paraneminen edellyttää hiukan tehostettua valvontaa, mittauskustannukset rakennuksen valmistusvaiheessa (painekoe, savukoe) ovat pientaloissa noin 500 mk, keskikoisissa asuinkerrostalossa noin 1 000 mk. Kaiken kaikkiaan kustannusnousu lienee 1–3 % luokkaa.

Toteutus- ja käyttöohjeiden merkitys

Tiiviysvaativuudesta ja tiiviydestä saatava hyöty voidaan pilata monella tavalla, jotka liittyvät rakennuksen käyttöön:

- tolkuton tuuletus,
- tarpeeton jatkuva ulko-ovien, käytävövien yms. aukkipitäminen,
- tarpeellisesta ilmanvaihdosta piisähtäminen.

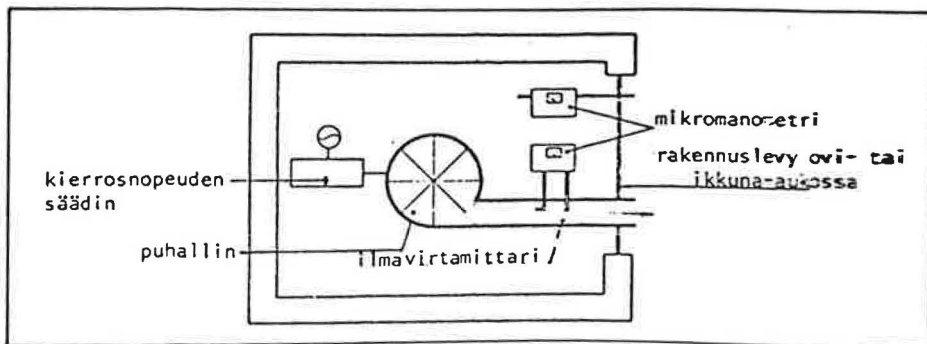
Tiiviydellä ei sinänsä ole haitallisia vaikutuksia terveyteen. Vika on väärässä tiivistyksessä, puutteellisessa materiaalien ominaisuuskontrollissa (— radon, formaldehydi) tai huonossa ilmanvaihdossa.

Miten tästä eteenpäin?

Tiiviysvaativuudet ovat ensi vaiheessa hyvin puutteelliset ja varovaiset. Kun uudet tutkimukset ja kokeilut tuovat uutta tietoa, on vaativuustasojen kehittäminen ja tiukentaminen tarpeen.

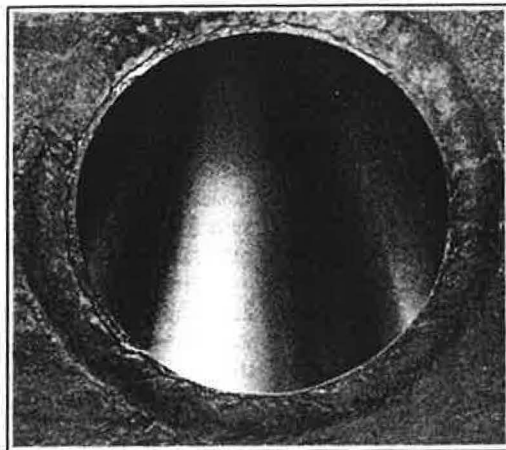
Uutta tietoa tarvitaan mm.:

- tiiviysmittauksen menetelmästä,



Kuva 1. Paineekoejärjestely, periaate.

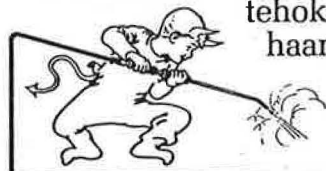
Steam Team tietoisu: HÖYRYNUOHOUK POISTAA MYÖS KOVAT RIKKIKERROSTUMAT



Poistamalla lämpökattilasta tehokkaasti noki- ja rikki-kerrokset päästään huomattaviin energiasäästöihin.

Höyrynuohous on ylivoimaisesti tehokkain tapa puhdistaa kattila ilman mekaanista kulumista. Se on nopea, siisti ja ympäristöystävällinen.

Tasaisen tarkan nuohouksen ansiosta höyrynuohous takaa varmin kattilan tehokkaan käytön ja parhaan energiasäästön.

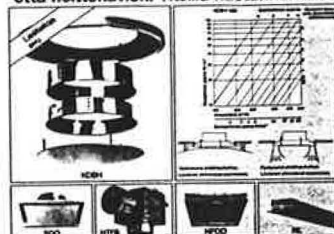


Höyrytys Oy on höyrynuohouksen ammattilainen.

Höyrytys Oy

PI 70, 04201 KERAVAL, puh. 90-24 00 22, telex 125050 hyxo sf

Huomispäivän kattohajottaja. Säädät sekä ilmamäärän että heittokuvion. Yksillä kustannuksilla.



Vihdäntöön katon katonrakennus. Tehokkaasti esimerkkinä. Ja hinnat on edullinen.

KAIKO ENGINEERING INSINÖÖRITOIMISTO
KAIKO

KDBH — Kattohajottaja

Monipuolinen kattohajottaja vaativimpaankin paikkaan:

Heittokuvio säädettävissä vaak- tai pystysuoraksi.

Vapaavirtauskaula: siis alhainen äänitaso.

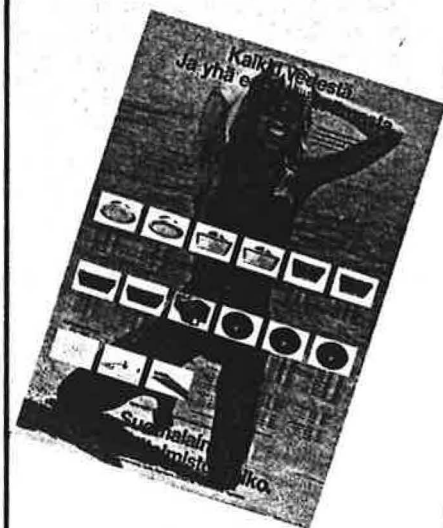
Nopea säätää, ilmamäärän säätö sisäänrakennetulla säätöelimellä, jossa säätöasteikko.

Suuri lähtönopeus ja vielä suurempi lähtönopeus säädettynä takaa hyvän sekoittumisen kaikissa olosuhteissa.

Uutta säleikkö ja IMS-rintamalta Netavent on tehnyt yhteistyösopimuksen Grada-yhtiötä johtavan Wallace Murrayn kanssa. Sen johdosta saadaan Suomeenkin edullinen Grada-säleikkömallisto täydentämään Netavent-kattohajottajaohjelmaa. Ilmamääräsäätöisen Netavent-Vari-Flon rinnalle tulee uusi Temp Master IMS-järjestelmä, joka on rakohajottaja-tyyppinen.

Temp Master säätää ilmamäärän omavoimaisesti tai toimimootorin avulla. Tarvittava paine-ero vain 60—100 Pa (tavallisissa n. 350—500).

Allaolevan hinnastomme saat tilaamalla puh. (90) 170 825.



KAIKO ENGINEERING
INSINÖÖRITOIMISTO
KAIKO

- ulkoilman sisäännotosta (tuotekehitys!)
- yksinkertaisista mittausmenetelmistä (myös ilmanvaihtuvuus ja ilmanvaihdon tehokkuus).

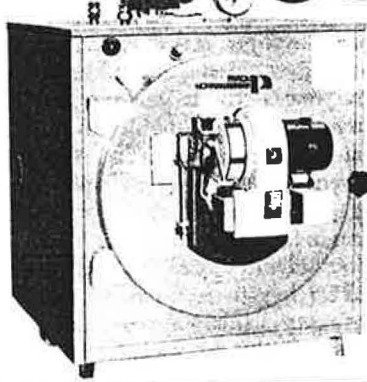
Valvonnan organisoinnin ohella on tullut ilmi myös toinen hallinnollinen ongelma: miten toteutetaan tiivistys ja ilmanvaihdon parantaminen vanhoissa rakennuksissa, etenkin asunto-osakeyhtiöissä?

Lähdeviitteet:

- /1/ Svensk Byggnorm. Stockholm 1980. Statens Planverk. n. 500 s.
- /2/ Kronvall, J.: Mätningar och mätmetoder för lufttätet. Stockholm 1979. Byggnadsforskningrådet. T6:1979. 64 s.
- /3/ Siitonen, V.: Rakenteiden tiiviyden mittaaminen kenttäolosuhteissa. Espoo 1978. VTT/LVI, tiedonanto 33. 27 s.

ParcaMeco 93

huippuhyötysuhteinen
nokeamaton öljylämmitys-
kattilapaketti



- prevent waste of energy through air leakage,
- improve the comfort conditions inside,
- prevent disturbing air motion in the rooms,
- prevent pressure differences between different parts of the building,
- prevent moisture damage in the constructions.

It should be noted, that an increase of the thickness of the insulation is inappropriate if the constructions are not made tighter at the same time. In general, the improvement of the tightness is more economic than an increase of the insulation thickness.

If the measurement of the tightness of a house at 50 Pa pressure renders and air change of 2 times per hour, the house will have a natural leakage of about 0,3 changes per hour corresponding to a heat consumption of 3500 kWh/a in a 300 m³ house. If the leakage air flow is 6 air changes, the corresponding values will be respective 0,9 and 10500 kWh/a.

Leakage measurements show, that improvement of the tightness of the outer core of a building quite easily will give a saving of about 5000 kWh/a in an average residence in comparison with a conventionally constructed building with no special attention paid to the tightness.

In the investigations performed, the most leakage occurred at the joints of walls and ceiling, followed by the breakthrough for electrical wiring, the corners of the building, the windows, the joints of wall and floor and the joints of ducts and ceiling.

As for as the tightness of the residences in Scandinavia are concerned, it may be stated, that the older houses in Sweden have about the same rate of leakage as in Finland, the n_{50} -value being about 5—10 changes per hour. In new test houses in Sweden, where great emphasis has been put on the tightness, even as low n_{50} -values as 0,5—0,8 have been achieved.

Jorma Railio

The demands on tightness can be specified

The air tightness of buildings is part of an investigation performed by the State Research Center of Finland with sponsoring from the Ministry of trade and industry.

The tightness of a building has a great influence on its energy consumption, ventilation and inside climate. On several parts of the building, strong demands are exerted, but in principle a house may be built with no restriction on its air leakage.

The fulfilment of the quality requirements, however, is difficult to control, but nevertheless they induce a general rise in the building standard. It may therefore be supposed, that established demands on tightness would have this influence.

Sweden and Norway already have their regulations for the maximum allowable leakage in buildings. Similar regulations are now being developed in Finland and elsewhere at least in the USA and Canada.

The outer core of a building and its ventilation system are a unity, which should guarantee a sufficient ventilation regardless of the outside climate, controlled pressure and temperature conditions without draft.

The maximum allowable leakage in buildings may be stated as follows: residences 0,2 air changes per hour, low apartment buildings 0,1, high rise buildings 0,2 air changes per hour.

The demands on the tightness of the whole building will probably correspond to 4 air changes per hour in residences, 3 in row houses and 1,5 in apartment buildings at 50 Pa test pressure.

The tightness of a residence may quite easily be measured using a suitable fan connected to a board in a window or door opening. The leakage points may be localized with smoke tests.

Another method is the use of a thermocamera, which is pos-

sible only at low outside temperatures and can be made only by experienced people.

The control of the tightness of a building is said to increase the building costs considerably. Experience from Sweden, however, shows that the costs are moderate. The main problem in the beginning will be teaching and creating of the necessary motivation.

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.

Antero Punttila

Is ventilation with natural draft sufficient?

We spend the largest part of our life or about 90 per cent indoors, of which 70 per cent at home. In view of this, the inside climate should be appraised both from the comfort side and its influence on our health in the future. When we increase the insulations, improve the tightness and use new materials in our buildings, we should also consider, how the conventional methods, i.e. the natural ventilation, will perform in the new situation.

The ventilation with natural draft depends on the wind conditions and on the temperature difference inside/outside. At calm and warm weather hardly no air movement takes place and airing through open windows is necessary. At cold and windy weather, however, the air change will be excessive, if grilles and openings are not throttled. If the ventilation is not controlled continually, the result will be partly poor, partly excessive ventilation with waste of energy.

The following important questions arise:

- is the natural ventilation able to fulfil the demands on air hygiene in the eighties?
- can the control of the ventilation be taken care of by the user?