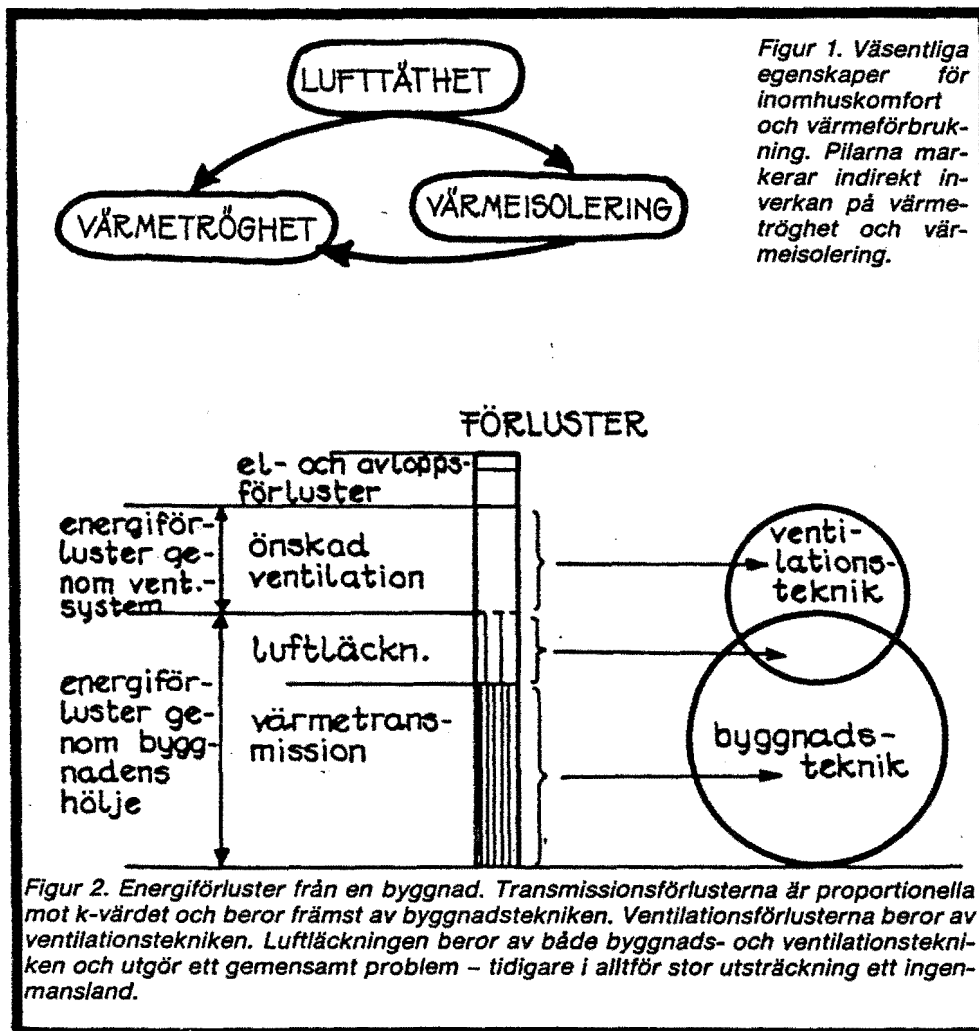


Det bästa hos byggnaden är tätheten

De nuvarande täthetsnormerna innebär inte någon skärpning mot äldre bra byggteknik utan utgör första steget när det gäller att ta igen förlorad terräng. Artikeln påvisar att byggnadens täthet – eller luftläckningen – har såväl direkt som indirekt betydelse för inomhusklimatet och värmeförbrukningen. Med ett exempel belyses storleksordningen av energiförluster på grund av luftläckningen. En slutsats är att man inte kan generalisera vare sig i fråga om byggsystem eller ventilationssystem.

Docent P-O NYLUND, Tyréns



Figur 1. Väsentliga egenskaper för inomhuskomfort och värmeförbrukning. Pilarna markerar indirekt inverkan på värmetröghet och värmeisolering.

Figur 2. Energiförluster från en byggnad. Transmissionsförlusterna är proportionella mot k-värdet och beror främst av byggnadstekniken. Ventilationsförlusterna beror av ventilationstekniken. Luftläckningen beror av både byggnads- och ventilationstekniken och utgör ett gemensamt problem – tidigare i alltför stor utsträckning ett ingenmansland.

För att skapa skydd mot väder och vind och kunna bo dragligt har vi alltid haft att hantera täthet, värmeisolering och värmetröghet, *Figur 1*, där tätheten har såväl direkt som indirekt betydelse för inomhusklimat och värmeförbrukning. Artikelrubriken är en medveten generalisering.

Den direkta betydelsen är självklar. Den indirekta betydelsen ligger dels i att otäthet i vissa fall ger upphov till

inre luftströmning i och reduktion av värmeisoleringens effekt, dels i att otätheten, liksom givetvis värmeisoleringen, inverkar på byggnadens "värmekvarhållande" förmåga, dvs på värmetrögheten.

Av de tre egenskaperna är värmeisoleringen den enda man kunnat "räkna på". Resultatet har blivit att isoleringen kommit i första rummet och de övriga i skymundan. Vi har sålunda fixerats till

k-värdet som godhetstal för byggnaders omslutningsytor, t ex ytterväggar, när det gäller skydd mot väder och vind.

Det hindrar naturligtvis inte att vi varit medvetna om att luftläckningen har stor betydelse. Dess roll kan illustreras som i *Figur 2*. På grund av att luftläckning tidigare inte varit beräkningsbar har den "hamnat i ett ingenmansland" mellan byggnads- och installationsteknik.

Man kan konstatera att transmissionsförlusterna i huvudsak – inte helt – är konstruktionsberoende under det att luftläckningsförlusterna beror av totalsystemet byggnad/ventilationssystem. Man kan också konstatera att det finns en avsevärd brist på kunskap när det gäller byggnaders funktion med hänsyn till luftläckning.

I det följande skall storleksordningen av energiförluster av luftläckning belysas med ett exempel. Som utgångspunkt väljs utetemperaturen 0°C, som är ett ofta förekommande fall i vårt klimat.

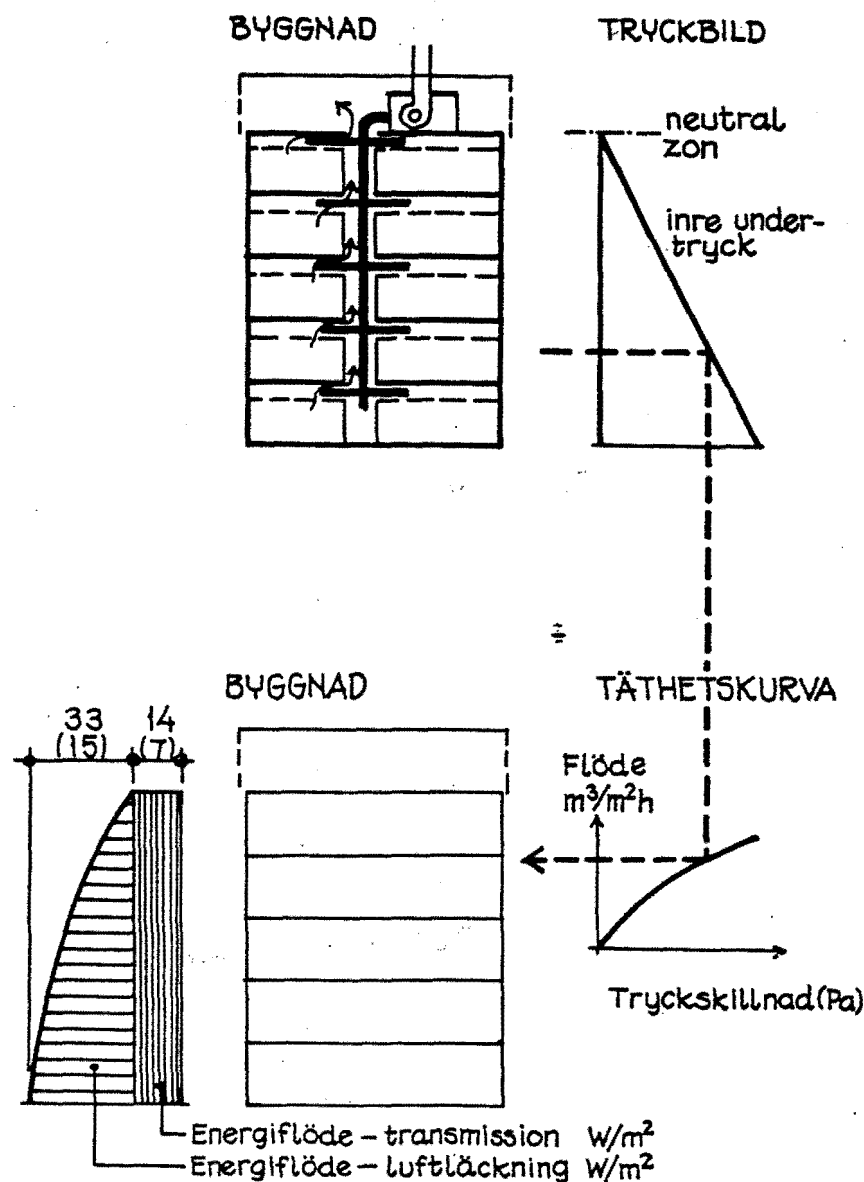
Hur stora är förlusterna av luftläckning?

Normalt är beräkning av luftläckning något komplicerad. Det finns emellertid vissa specialfall när luftläckningen kan beräknas på ett enkelt sätt.

Ett sådant specialfall är det vanliga tillståndet hos många kontorshus. *Figur 3* visar en femvånings kontorsbyggnad som ventileras av ett från- och tilluftsystem. Ofta finner man att håltagningar i bjälklagen aldrig blivit igenjutna efter det att ventilationsinstallationerna utförts. De väggar som omger

Figur 3. Femvånings kontorshus

a. Vid sidan av den kontrollerade ventilationen finns ett parallellt naturligt ventilationssystem.



b. Energiflöde genom yttervägg

Normens täthetsvärden $n_{50} \left[\frac{\text{oms}}{\text{h} \cdot 50 \text{ Pa}} \right]$ avser tryckprovning och är för:

småhus $n_{50} \frac{3,0}{2,0} \left. \vphantom{\frac{3,0}{2,0}} \right\} \rightarrow q_{50} = 4,5 \text{ à } 6 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot 50 \text{ Pa}} \right]$
 2 vån. hus $\frac{2,0}{1,0}$
 flervån. hus $\frac{1,0}{1,0}$

Värdena kan omräknas till specifikt läckage per kvadratmeter vägg och blir:

Figur 4. Rekommenderade värden för täthet hos bostäder.

de vertikala kanalerna är också otäta, i synnerhet där de horisontella förgreningarna bryter igenom väggarna. Detta innebär att:

- ☐ Byggnaden är inre otät i vertikal riktning.
- ☐ Förutom det reguljära ventilations-systemet finns ett parallellt självdrags-system.

Resultatet är att tryckskillnaden över ytterväggen ser ut som till höger i Figur 3a. Tryckfallet är 0 i en neutral zon nära byggnadens topp. Nedåt finns ett tilltagande tryckfall från ut- till insidan. Detta tryckfall beror av temperatur-skillnaden ute/inne.

För att beskriva det förenklade be-räkningssättet för luftläckningen och för att ge en uppfattning om storleks-ordningen av förluster av läckning res-pektive transmission görs följande an-taganden:

Väggarnas k-värde = $0,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Fönstrens k-värde = $3,0 \text{ W/m}^2\text{°C}$

(30 % av fasadytan antas vara fönster)

Solinläckningen = 30 W/m^2

Inomhustemperatur = $+20\text{°C}$

Utomhustemperatur = 0°C

Specifikt läckage $q_{50} = 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h } 50 \text{ Pa}$

Det specifika läckaget, kräver några kommentarer. Figur 4 anger normernas krav på täthet i bostadshus – för kontorshus saknas normer. Normvärdena anger antalet omsättningar per timme vid tryckprovning vid 50 Pa. Om man antar "normala" utformningar av de tre huskategorierna småhus, tvåvåningshus och högre bostadshus och därmed sammanhängande förhållande mellan total omslutningsyta och inre byggnadsvolym, kan värdena omräknas i specifikt läckage, $q_{50} = 4,5 \text{ à } 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h } 50 \text{ Pa}$. Det valda värdet i exemplet är representativt som genomsnittsvärde för kontorshus och svarar således mot en otäthet som är 2 à 2,5 gånger större än normvärdena för bostadshus. Täthetskurvan för en m^2 yttervägg i byggnaden illustreras till höger i Figur 3b.

Energiflöde av transmission 14 W/m^2 väggyta illustreras till vänster i Figur 3b av den vertikalt linjerade ytan. Ener-giflödet avser transmission genom väg-gar och fönster med hänsyn tagen till solinläckning.

Det förenklade sättet att beräkna luftläckning är helt enkelt att kombi-nera tryckbilden till höger i Figur 3a med täthetskurvan till höger i Figur 3b. Resultatet motsvarar ett energiflöde av luftläckning som beskrivs av den hori-sontellt linjerade ytan till vänster i Fi-gur 3b. Energiflödet som förorsakas av

Tabell 1. Typindelning av byggnader som totalsystem

Vent.-system	Flervåningshus				Småhus	
	Inre otäta i främst vertikalled		Inre täta i främst vertikalled		Inre otäta	
	1 Täta ytterv.	2 Otäta ytterv.	3 Täta ytterv.	4 Otäta ytterv.	5 Täta ytterv.	6 Otäta ytterv.
S						
F						
FT						

luftläckning är alltså mycket stort – vid basen av byggnaden 33 W/m².

Om byggnaden antas ha planmått 50×15 m motsvarar luftläckningen ett genomsnittligt tillskott av ventilationen med 0,54 oms/h. Om byggnaden tänks försedd med "normenliga väggar", dvs k-värden 0,3 och 0,2 för väggar resp fönster och specifik täthet $q_{50} = 5,5$ blir storleken av både transmissions- och luftläckningsförluster ungefär hälften. Värden inom parentes anger 7 resp 15 W/m² vid byggnadens bas.

□ *En högst lönsam åtgärd:* Det ovan beskrivna exemplet avser ett specialfall beroende på dominerande öppningar i bjälklag som tillåter ett parallellt naturligt ventilationssystem och en energitjuv. När denna eliminerats genom att täta hålen i övre och undre bjälklag – kan byggnaden tryckbalanseras och en försvarlig mängd energi kan sparas till mycket låg kostnad. Detta är en av hörnstenarna för Östen Sandbergs förtjänstfulla pionjärarbete.

De indirekta effekterna

Hittills har endast den direkta effekten av luftläckning berörts och då endast av termiska drivkrafter – inte vind. I fråga om de indirekta effekterna gäller att:

□ Om ytterväggarna är känsliga för påtvingad konvektion kan transmissionsförlusterna längst ned vara väsentligt större än längst upp. Det stationära trycktillståndet motsvarar vid byggnadens bas ett yttre övertryck av ca 13 Pa, dvs av samma storleksordning som för vinkelrät anblåsning av vind med 5 à 6 m/s.

□ Möjligheterna att utnyttja värmelagringen för att spara energi genom intermittent uppvärmning påverkas. Tids-

konstanten för byggnadens undre våning är omkring hälften av den övre våningens.

Hög tid att tänka om

Luftläckningen har alltså en mycket stor betydelse för energiförlusterna. Förståelse för byggnadens funktion från energi- och komfortsynpunkt kräver därför förståelse av täthetens betydelse.

Eftersom vi nu har börjat kunna hantera luftläckningsförlusterna är det dags att söka komma loss ur k-värdesfixeringen och att söka förstå funktions-sätten hos byggnader, dvs totalsystemen byggnad + installationssystem.

Beräkningsmetoder för energiförbrukning kan, oavsett hur för övrigt sofistikerade och omfattande dataprogram som används, knappast anses realistiska om inte luftläckningen finns inbegripen i beräkningarna.

Resultat och erfarenheter

– se upp med generalisering

Som ett resultat av de senaste årens teoretiska och experimentella studier som gjorts hos Tyréns presenteras i *Tabell 1* en form av syntes. Den innebär en klassificering av byggnadstyper som skiljer sig från varandra när det gäller luftläckning.

□ I vertikalled är byggnaderna indelade med hänsyn till ventilationssystem. Naturlig ventilation, frånluftsventilation och från- och tilluftsventilation.

□ Horisontellt finns en distinktion mellan flervåningsbyggnader och småhus-hallbyggnader.

□ Dessa kategorier är underindelade i byggnader som huvudsakligen är otäta

respektive täta i vertikalled. (Vertikalt otäta kontorshus fungerar på ett helt annat sätt än vertikalt täta flerbostadshus.)

□ Var och en av dessa är i sin tur indelade med hänsyn till tätheten hos ytterväggarna. Det finns naturligtvis ingen klar skiljelinje mellan täta och otäta ytterväggar. Men massiva murverksväggar kan betraktas som täta och utfackningsväggar/regelväggar som regel otäta.

□ Det finns även flytande gränser i tabellens vertikalled. Det tidigare redovisade kontorshuset är t ex en hybrid mellan systemen FT 2 och S 2.

Med tabellen som utgångspunkt och kännedom om hur de olika systemen fungerar kan man konstatera följande: En energisparåtgärd som har en viss effekt i en "ruta" i tabellen kan ha en helt annan effekt om den utförs i en byggnad i en annan ruta.

□ *Ett par exempel.* Tidigare har i denna tidskrift redovisats att luftläckningen i otäta småhus försedda med FT-system (ruta FT 6) är systematiskt större än i motsvarande hus försedd med F-system (ruta F 6).

Tätningåtgärder, t ex av fönster, i otäta hus med FT-system (t ex FT 2 och FT 4) kan betraktas som lönsamma åtgärder. Motsvarande åtgärder i frånluftsventilerade hus (F 2 resp F 4) ger betydligt blygsammare eller ingen energibesparing alls.

Man kan sålunda inte generalisera vare sig i horisontell eller vertikal riktning i tabellen.

Slutord

För att undanröja missuppfattningar vill jag göra klart att avsikten med denna uppsats inte varit att förringa värmeisoleringens betydelse och heller inte påstå att lätta väggar inte kan göras täta.

Den har istället varit att betona nödvändigheten av att bredda och fördjupa kunskaperna när det gäller byggnaders funktion. Detta inte bara när det gäller att spara energi, utan också för att "bevaka" inomhuskomforten och byggnadens goda bestånd efter insatta energisparåtgärder. Dessutom måste kunskaper till på alla nivåer i arbetet för att skilja mellan väsentligheter och "hokuspokus".