

Ventilation och luftläckning i olika typer av byggnader

Tyvärr har begreppet "ofrivillig ventilation" kommit att betyda det luftläckage som förekommer utöver normalt önskad luftomsättning i hus. Man har försökt mäta denna ofrivilliga ventilation genom att täta frånluftöppningar och sedan med gasanalys studera vilken luftomsättning huset får med avstängd ventilation. Detta innebär att man mäter ett oftast rätt ointressant fall. Genom att stänga av frånluftkanalerna elimineras en av de naturliga drivkrafterna - den termiska stigverkan - som i jämförelse med vindpåverkan har lång varaktighet under året.

Som en följd av detta synsätt har också litteraturuppgifterna om den sk ofrivilliga ventilationen och dess förhållande till de verkliga förhållandena vid drift kommit att bli vilseledande. Författaren har själv fallit i denna fälla och angett som en sannolik korrelation mellan "ofrivillig ventilation" och luftomsättning vid över-/undertrycksmätning vid normtrycket 50 Pa, ett förhållande av ca 1:20. Se Tabell 1.

Naturligtvis måste såväl vindkrafter som termisk stigverkan få påverka byggnaden i full utsträckning för att den naturliga luftläckningen genom husets skal skall bli lika stor som den som förekommer under drift. Luftläckningen kan självfallet både mätas och beräknas. Vid Tyréns Företagsgrupp AB har gjorts försök att beräkna luftläckningen i ett typiskt småhus.

Begreppet "ofrivillig ventilation" har fått en olycklig användning, eftersom det kommit att få beteckna luftläckage under förhållanden som inte motsvarar normala driftsförhållanden. Det hävdar civilingenjör Nils-Eric Lindskoug, Tyréns AB, i denna artikel där han vill revidera begreppet och kommer till slutsatsen att otäthet hos byggnader är en mer dominerande orsak till energiförluster än man hittills anat.

För ett vanligt cellkontor skulle ett luftläckage motsvarande en halv luftoms förklara större delen av den diskrepans som statistiken avspeglar mellan teoretiska beräkningar och verkligheten. Ett kontorshus byggt enligt nya byggnormens krav skulle kanske kunna ha ner mot 25 kWh/m³ i förbrukningstal snarare än de 110 som förbrukas enligt statistiken. Om tillräcklig täthet kan uppnås skulle ingen tillsatsvärme alls erfordras i sådana hus.

FAKTARUTA

Täthet hos byggnader mäts på följande sätt: Byggnaden sätts under övertryck eller undertryck, varvid normerat tryck är 50 Pa. Det läckflöde som uppstår mäts exempelvis vid eller över de fläktar som upprätthåller över- eller undertrycket.

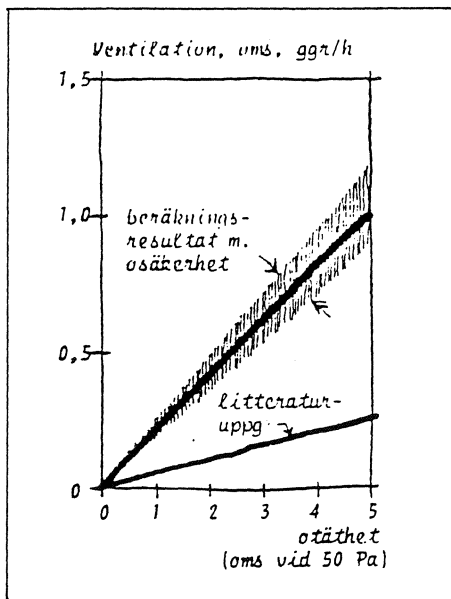
En byggnads otäthet kan alltså objektivt uttryckas som läckflöde vid trycket 50 Pa räknat i antal luftomsättningar.

I våra beräkningar har samhöriga värden på vindstyrkor och temperaturdifferenser noterats för ett helt år med en för ändamålet tillräcklig grad av upplösning. Därefter har luftläckningen in och ut genom byggnadens samtliga ytter-ytor beräknats och summerats. Beräkningarna har baserats på de täthetsegenskaper man kan uppmäta hos byggnader med hjälp av över- eller undertrycksmätning (se faktaruta).

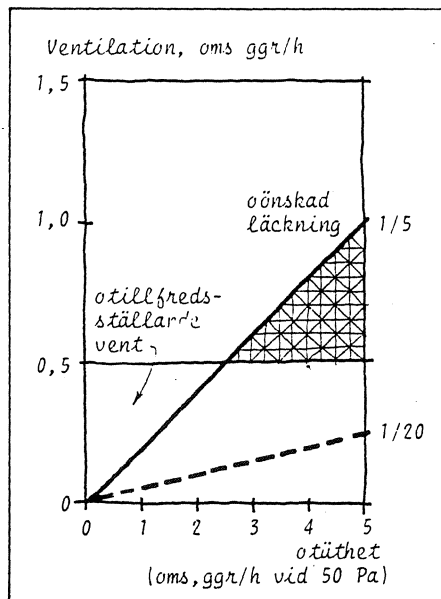
Mätning med gasanalys av "natural infiltration" (ofrivillig ventilation)	Mätning av flöde vid över- eller undertryck i hela huset
m ³ /h	m ³ /h
50 - 150	1000 - 3000
stort antal	ett relativt fåtal
Slutsats: relation 1:20	

Tabell 1. Litteraturuppgifter 1976 avseende täthet (otäthet) hos bostadshus, mest småhus.

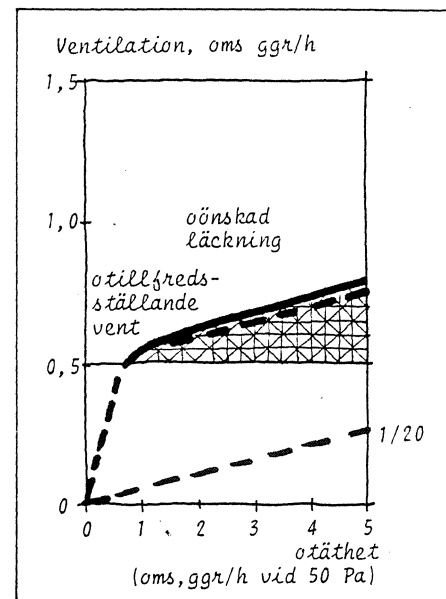
Anm: Det finns i litteraturen redovisade samband av upp till 1:50, vilka styrkts med regressionsanalys.



Figur 1. Ungefärlig luftomsättning i ett småhus i Stockholm som funktion av dess otäthet (otäthet = luftflöde uttryckt i antal luftomsättningar vid över- eller undertrycket 50 Pa).



Figur 2. Önskad läckning vid självdragsventilation (småhus, Stockholm).



Figur 3. Önskad läckning vid mekanisk frånluftsventilation (småhus, Stockholm).

I Figur 1 visas läckflödet uttryckt i luftomsättningar/h genomsnittligt över året under naturliga förhållanden som funktion av luftflödet vid normtrycket 50 Pa. Beräkningarna har inte kunnat göras helt entydiga. Det undertryck som uppstår i ett småhus vid påverkan av termik och vind är inte enkelt åtkomligt. Vi har därför gjort ett antal ansatser varvid dessa undertryck varierats från noll till maximalt värde. Resultatet har gett ett osäkerhetsområde, vilket också redovisas i figuren.

Det som har beräknats kan väl närmast karakteriseras som självdragsventilationens storlek i ett småhus med öppna ventilationskanaler och med de otätheter som kunnat uppmätas vid en tryckmätning. Den kanske mest intressanta slutsatsen är att luftläckningen tycks vara betydligt större än vad som antytts av den förmodade korrelation författaren tyckt sig finna i litteraturen. I stället för 1/20 av läckningen vid 50 Pa förefaller läckningen (=ventilationen) över året bli av storleksordningen 1/5 av samma flöde.

Önskad luftläckning vid olika typer av ventilation i småhus

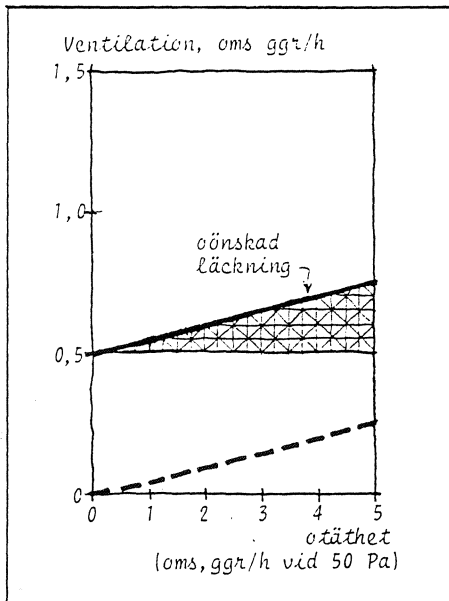
Om man utgår ifrån att de genomförda beräkningarna är helt korrekta och entydiga, kommer man till den i och för sig självklara slutsatsen att självdragsventilation endast ger tillfredsställande luftomsättning när

husen är relativt otäta. Om man antar att 0,5 luftomsättningar ger lagom ventilation i en bostad, måste huset enligt beräkningarna minst ha en "otäthet" motsvarande siffran 2,5 (d v s 2,5 luftomsättningar vid tryckmätning och 50 Pa). Ventilation över 0,5 luftomsättningar är önskad luftläckning, Figur 2.

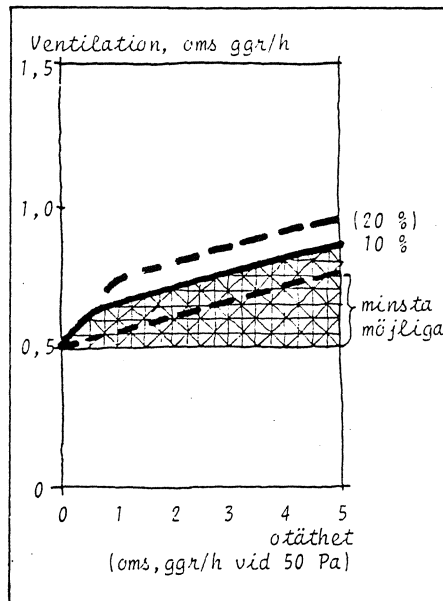
Problemet är emellertid ännu något mer komplicerat. En genomsnittlig luftomsättning av 0,5 med självdrag innebär dålig ventilation sommartid och kanske en onödigt hög ventilation på vintern. Detta lämnas tills vidare därhän i denna diskussion.

Vid frånluftventilation ökar drivkrafterna och man kan anta att funktionslinjen blir något brantare än den vid självdrag. Enligt uppskattningar i Figur 3 skulle man alltså erhålla en någorlunda tillfredsställande ventilation vid en täthet hos småhusen motsvarande "otäthetstalet" ca 2. En högre otäthet än vad som motsvarar talet 2 skulle alltså enligt dessa resonemang ge en mindre tillfredsställande energiekonomi.

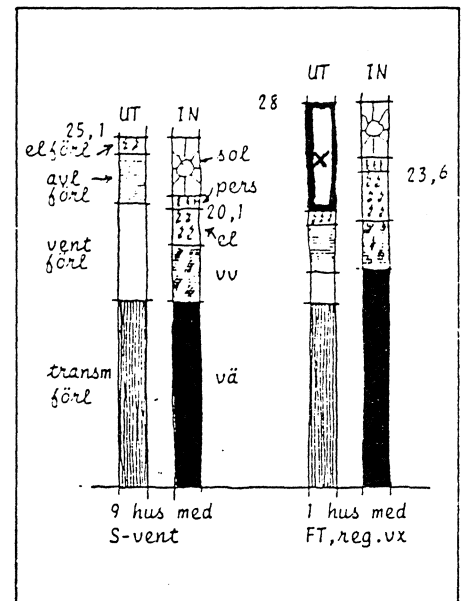
Vid FT-ventilation är problemen betydligt mer komplicerade. Önskad ventilation erhålls genom mekanisk tilluft och den luftläckning som uppkommer genom att husets skal är otätt är självfallet helt och hållet önskad. De vanliga mätningarna av "ofrivillig ventilation" med stängda ventilationskanaler ger här en verklig anvisning om hur stort det minsta tänkbara önskade luftläckaget kan antas vara. Observera att detta värde endast är teoretiskt möjligt om man



Figur 4. Önskad luftläckning vid FT-ventilation och perfekt balans (småhus, Stockholm).



Figur 5. Önskad läckning vid FT-ventilation och max 10 % (alt 20 %) obalans mellan F- och T-flöden (småhus, Stockholm).



Figur 6. Energibalanser från Tillberga. En hittills oförklarad energiförbrukningspost i huset med FT-ventilation uppgår till 7 å 8 MWh/år. X betecknar denna oförklarade förbrukningspost.

förutsätter oändligt stora tryckfall över tilluft- och frånluftöppningar. Dessutom fordras fullständig balans mellan tilluft och frånluft, *Figur 4*.

Obalans mellan till- och frånluft kan ge ett synnerligen kraftigt utslag. En obalans av 10 Pa bör ge en önskad luftläckning enligt *Figur 5*. Det är dock inte sannolikt att nämnvärd obalans i tryckhänseende kan upprätthållas i mycket otäta hus. Funktionslinjen böjer därför sannolikt av som skisserats i figuren.

Finns nu några bevis för att denna logik är riktig? Från författarens erfarenhetssfär finns en gammal surdeg, publicerad i *Teknisk Tidskrift 1963 H77*, om tio provhus i Tillberga. Nio av husen hade självdragsventilation och energiförbrukningen följde mycket väl då sedvanliga uppskattningar. Det tionde huset hade mekanisk ventilation med till- och frånluft och värmeåtervinning. Vi tvingades där konstatera att huset hade en så pass mycket högre energiförbrukning än den teoretiskt beräknade, som motsvarade minst 0,5 luftomsättningar i extra luftläckning, *Figur 6*.

En mängd mätningar gjordes, men inga tillfredsställande förklaringar kunde ges till detta. Husen i Tillberga uppmättes med gasanalys. Tätheten ansågs vara mycket god. Med stängda ventilationskanaler var den "ofrivilliga ventilationen" ca 0,1 luftomsättning vid -3° och 3 m/sek vindstyrka. Enno Abel, som genomförde mätningarna, hade kanske en föraning om

problemets komplicerade karaktär, varför han genomförde mätning även med öppna frånluftkanaler. Luftomsättningstalet blev då 0,7 i stället för 0,1; *Figur 7*. Enligt figur och enligt tidigare resonemang bör alltså "otätheten" för Tillberghuset ha legat mellan 2 och 4 vid mättillfället.

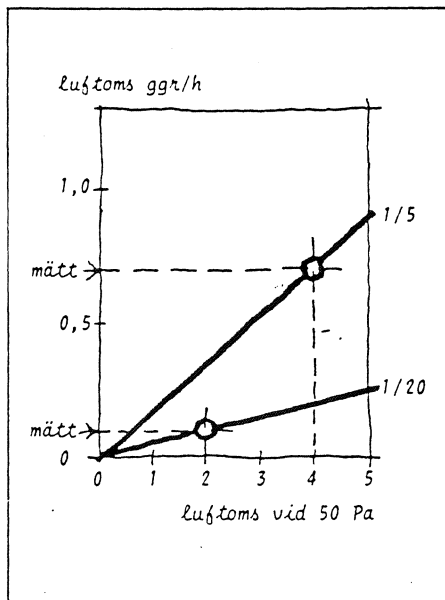
Kombinerar figurerna 5 och 7 erhålls ett osäkerhetsområde som gäller just för det huset i Tillberga som försetts med FT-ventilation. Det är bara att konstatera att den uppmätta merförbrukningen faller i osäkerhetsområdets övre del, *Figur 8*.

Även om det kanske är för tidigt att dra några mer definitiva slutsatser förefaller det dock som om otäthet skulle kunna vara en kanske än mer dominerande orsak till energiförluster än vad man kanske hittills anat. Kraven på täthet måste därför ställas höga för att till- och frånluftventilation skall ge de goda resultat man har anledning att förvänta.

Nu gällande bestämmelser för täthet

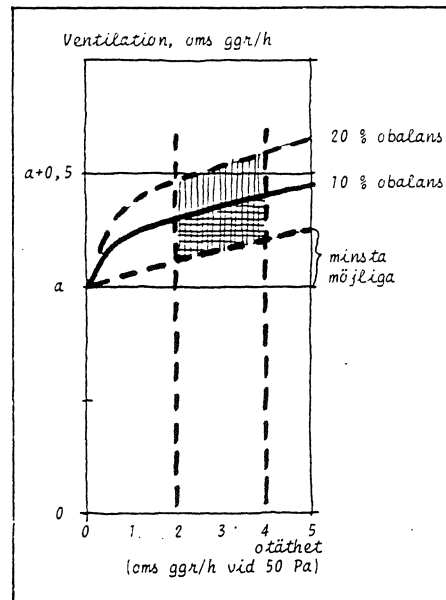
I planverkets Supplement 1 till SBN 1975 anges att byggnader skall utföras så täta att luftläckningen vid 50 Pa blir ca 0,3 omsättningar/k för småhus, *Figur 9*. I vår tidigare nomenklatur är detta liktydigt med att "otätheten är 0,3".

Detta om bestämmelserna tolkas så, att summan av byggnadsdelarnas luftläckning skall bli den färdiga



Figur 7. Uppmätta läcktal i försökshus i Tillberga vid stängd resp öppen frånluftsventilation samt jämförelse med karakteristiska funktioner enligt litteraturuppgifter och enligt teoretiska beräkningar.

Figur 8. Önskad luftläckning i ett FT-ventilerat hus i Tillberga (Tekn Tidskrift 1963, H77). Merförbrukningen av energi utöver den beräknade antogs bero på ca 0,5 oms/h i önskad läckning. Nivån "a" var något över 1 oms/h.



byggnadens totala luftläckning. I remissbehandlingen protesterade byggnadsindustrin med eftertryck mot de rigorösa bestämmelserna. Planverket gjorde då en betydande reträtt och har i en kommentar i praktiken undanröjt kraven på en bättre täthet. Man medger nu 10–15 gånger högre luftläckning än summan av byggnadsdelarnas respektive luftläckning, *Figur 9*.

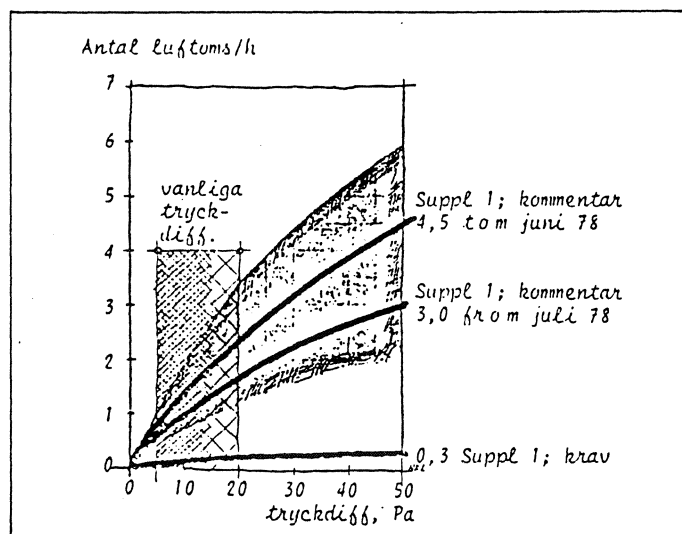
För det enfamiljshus som varit föremål för våra beräkningar, ger den idag medgivna otätheten alltså sannolikt mycket höga energiförluster vid FT-ventilation. Det förefaller alltså sannolikt att man bör skärpa kraven väsentligt i samband med införande av FT-ventilation.

Med tanke på att FT-ventilation skulle kunna innebära både energivinster och en förbättrad hygien i alla nya bostäder vore det synnerligen olyckligt om felaktiga tillämpningsregler gör att FT-ventilationen kommer i vanrykte. Hittillsvarande praktiska erfarenheter med FT-ventilation i bostadshus borde stämma till eftertanke. I de allra flesta fall som författaren känner till har inte ekonomin vid FT-ventilation och värmeåtervinning blivit den förväntade. Författarens provhus i Tillberga är ett talande exempel på detta.

Konsekvenser för andra typer av hus

Energibalansberäkningar för typiska cellkontor ger sällan högre transmissionsförluster än ca 30 kWh/m³

byggnadsvolym. I ett genomräknat exempel är det nödvändiga uteluftflödet inte mer än ca 10 kWh/m³ (ingen värmeåtervinning, 33 % drifttid). I vissa kontorshus från 1950- och 60-talen förekommer betydligt högre värden på ventilationen, men inte ens med dessa kommer man upp i mer än 50 à 60 kWh/m³ byggnadsvolym som en teoretisk total energiförbrukning per år. Då är sol och personvärme fråndraget med 10 kWh/m³.



Figur 9. Normernas täthetskrav i jämförelse med vanliga resultat (tonat fält) från fältmätningar på småhus av varierande ålder.

Enligt hittills tillgängliga statistiksiffror ligger förbrukningen inom gruppen "lokaler" på ca 110 kWh/m³. Det finns då fortfarande en viss osäkerhet kvar om Sveriges totala lokalvolym är korrekt uppskattad. Siffran ca 400 × 10⁶ m³ syns emellertid vara godtagen och används i många prognossammanhang och det är med denna som utgångspunkt som ca 110 kWh/m³ nettoenergi kan framräknas.

Enligt Tamura m fl (1) läckte fyra av fem stora kontorshus i Toronto motsvarande ett luftomsättningstal av 2,5 vid 50 Pa och det femte huset inte mindre än 5 omsättningar. Jämförs med figur 5 framgår att 1/2 luftomsättning utan vidare kan vara en karakteristisk önskad läckning för större byggnader av typ kontor. Det får nämligen ihåkommas att de beräkningar som genomförts och som ligger till grund för figurerna avser småhus. Stora hus är ju på ett helt annat sätt utsatta för termik, varvid rätt kraftiga undertryck förekommer i de lägsta våningarna – och övertryck i de högre (jfr Rydberg m fl (2)).

Med den långa "drifttid" som luftläckning har och med de höga temperaturer som förekommer i kontor och liknande byggnader motsvarar 1/2 luftomsättning nära 30 kWh/m³, år. Därmed skulle större delen av diskrepansen mellan enkla teoretiska beräkningar avseende energiåtgången i sådana hus och verkligheten som statistiken avspeglar den kunna förklaras.

I ett typiskt modernt kontorshus byggt enligt den nya energinormen är transmissionsförlusterna bara ca 15 kWh/m³. Enligt energinormen skall ventilationen förses med värmeåtervinning om den återvunna värmen kan användas. Då blir ventilationsförlusten inte mer än ca 5 kWh/m³. Med moderna tätningsmetoder behöver inte luftläckagen överstiga 10 kWh/m³. Ett karakteristiskt förbrukningstal borde på detta sätt kunna bli snarare 25 kWh/m³ (praktiskt värde något högre) än de 110 kWh/m³ som idag förbrukas enligt statistiken. Se *Tabell 2*.

I ett sådant hus ger solinstrålning och personvärme samt el energiöverskott under den helt övervägande delen av året. Kylning måste alltså tillgripas, men detta innebär knappast något avsteg från dagens praxis. Med en värmepump borde energi kunna flyttas i erforderlig utsträckning både i tid och rum, så att tillsatsvärme kan undvikas.

Slutord

Ju mer bilden klarnar beträffande betydelsen av täta hus, desto mer entydigt framstår detta som något av

Tabell 2. Ett något provokativt exempel på tänkbara energibalanser för cellkontor i Stockholm (kWh/m³ byggnadsvolym).

	60-tals kontor	70-tals kontor	Kontor enl nya energinormen
Transmission	30	30	15
Styrd vent	30	10 ^{x)}	5 ^{x)}
Varmvatten och kallvatten	1	1	1
Solinstrålning	- 10	- 10	- 5
Personvärme	- 2	- 2	- 2
Summa	49	29	14
Luftläckning	60 (1 oms)	30 ($\frac{1}{2}$ oms)	10 ($\frac{1}{6}$ oms)
Total nettoenergi	109	59	24
Varav el	20	20	20

x) Motsvarar 1/2 luftoms räknat på hela byggnadsvolymen under 30 % av all tid - med nya energinormen antas värmeåtervinning.

det viktigaste i energibesparingsproblematiken. Om det nu är så att en myckenhet luft onödigtvis värms upp till rumtemperatur genom att husen onödigtvis är alldeles för otäta, kan vi förhoppningsvis relativt enkelt komma till rätta med problemet genom att målmedvetet utveckla metoder för tätning av hus.

Värmeåtervinning från ventilationsluft, som också har andra fördelar utöver sin goda ekonomi, kan felaktigt tillskrivas skulden för ett ogynnsammare ekonomiskt utfall än beräknat, om sådana anläggningar installeras i otäta hus.

Det är stora energibelopp det kan röra sig om i detta sammanhang. 1/2 luftomsättning av läckluft i hela vårt byggbestånd motsvarar 35 TWh netto, motsvarande ca 5 Mt importolja. Naturligtvis kan siffran 1/2 luftomsättning inte på något sätt beläggas med bevisning. Det förefaller dock inte författaren osannolikt att den ligger i rätt härad.

Referenser

- (1) Lindh, A, Lindskoug, N-E, "Hur täta hus?", Byggmästaren nr 4 1976.
- (2) Rydberg, J, "Om ventilationssystemets funktion", VVS nr 2 1968.