



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



ÅKE HALLSTEDT

# Varsam ombyggnad av ventilationssystem för äldre hus

R37: 1994

Teoridel till Ventilations-  
guiden för ombyggnad



**R37:1994**

**VARSAM OMBYGGNAD AV  
VENTILATIONSSYSTEM I ÄLDRE HUS**

**Teoridel till Ventilationsguiden för ombyggnad**

**Åke Hallstedt**

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 930695-4 från  
Byggeforskningsrådet till AIB Installationskonsult AB.**

## REFERAT

Denna rapport utgör teoridel till Ventilationsguiden för ombyggnad (BFRs projektnr 920492-8)

Rapporten innehåller fördjupande teoretiska delar, tekniska beskrivningar och vägledningar. Den innehåller bl a: beskrivning av det befintliga byggnadsbeståndets byggnadsteknik m m avseende konsekvenser för ventilationen, en problemorientering av ventilationsstatus i det befintliga beståndet av flerbostadshus, en teoretisk genomgång av termik och vindpåverkan och dessas betydelse för systemutformningen, metoder för analys och åtgärder i befintlig kanalisering och slutligen en översikt av metoder för klimat- och komfortmätning.

I Bygghörsningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R36:1994

ISBN 91-540-5680-2  
Bygghörsningsrådet, Stockholm

**gotab** 12312, Stockholm 1994

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1.</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>DET ÄLDRE FLERBOSTADSBESTÅNDET</b>	<b>2</b>
2.1	Hustyper byggda före mitten av 1970-talet	2
2.2	Flerbostadshusens byggnadsteknik och produktionsmetoder	6
2.2.1	Värmeisolering i ytterväggar	6
2.2.2	Byggnadens täthet	7
2.3	Byggnadens placering	8
2.3.1	Uteluftens kvalitet	8
2.3.2	Buller utifrån	8
2.4	Flerbostadshusens installationsteknik	9
2.4.1	Självdraagsventilation (S-system)	9
2.4.2	Mekanisk frånluftsventilation (F-system)	10
2.4.3	Uppvärmningssystem	12
2.4.4	Vatten och avlopp	12
<b>3.</b>	<b>VENTILATION I ÄLDRE FLERBOSTADSHUS MED SJÄLVDRAGS- ELLER FRÅNLUFTSSYSTEM</b>	<b>13</b>
3.1	Allmänt	13
3.1.1	Ventilation i hus med självdraagsventilation	14
3.1.2	Ventilation i flerbostadshus med mekanisk ventilation	15
3.2	Resultat från enkätundersökningen " Upplevt inneklimat i Stockholms bostadsbestånd"	17
<b>4.</b>	<b>MYNDIGHETSKRAV VID OMBYGGNAD AV VENTILATIONSSYSTEM</b>	<b>19</b>
4.1	Plan- och bygglagen	19
4.2	Gällande lagstiftning för inneklimat	20

<b>5.</b>	<b>VAL AV SYSTEMLÖSNING</b>	22
5.1	Ökat ventilationsflöde av termisk drivkraft	22
5.2	Vindpåverkan	23
5.3	Dragfri tilluft	25
5.3.1	Uteluftsdon vid ombyggnad- krav och egenskaper	26
5.4	Renovering av ventilationskanaler	30
5.4.1	Läckage i äldre kanaler	30
5.4.2	Tätning av äldre kanalsystem	31
5.5	Elanvändning för fläktdrift i äldre flerbostadshus	34
5.6	Förluster vid fläktdrift	36
5.6.1	Fläktmotorns förluster	37
5.6.2	Remväxelns förluster	37
5.6.3	Fläktens förluster	38
5.6.4	Övriga förluster	39
5.7	Direktdrift	39
<b>6.</b>	<b>ALLMÄNT OM KLIMAT- OCH KOM- FORTMÄTNING</b>	41
6.1	Allmänt	41
6.2	Temperaturmätning	41
6.2.1	Lufttemperatur i rum	41
6.2.2	Operativ temperatur	42
6.2.3	Temperaturgradient	42
6.2.4	Lufttemperatur i kanal	42
6.2.5	Ytemperatur	42
6.3	Mätning av lufthastighet	43
6.3.1	Lufthastigheter i rum	43
6.3.2	Ventilationsflöden i kanaler och don	43
6.4	Mätning av luftfuktighet	46
6.5	Mätning av specifikt luftflöde, luftutbyteseffektivitet	47

Normer och litteratur

## 1. INLEDNING

Ambitionen med denna skrift är inte att skriva en handbok om ventilation utan att underlätta förståelsen för de olika systemlösningarna i "Ventilationsguiden - varsam ombyggnad". Förutsättningar och erfarenheter som har betydelse vid en varsam ombyggnad av ventilationssystem i självdragshus eller hus med frånluftssystem kommer att redovisas.

Valet av systemlösning vid en ombyggnad är oftast en kompromiss mellan en mängd olika behov och vad som är möjligt att genomföra till en rimlig kostnad. Därför är det viktigt att byggherren redan i inledande projekteringsskede kartlägger förutsättningarna och definierar kravnivån.

I äldre hus finns kvaliteter som bör tas tillvara. Kunskapen om hur de äldre systemen fungerar är därför viktig. De stora kanalareorna i äldre kanalsystem är t ex en förutsättning för att med hjälp av termiken skapa effektiva system till en rimlig kostnad. Man kan också se det som att termiken skapar dragproblem och ökade uppvärmningskostnader om inte de termiska krafterna kan kontrolleras. Äldre otäta kanalsystem klarar inte tillräckliga ventilationsflöden och läcker lukter mellan lägenheter i huset.

För att förstå hur förutsättningarna i en äldre fastighet påverkar möjligheterna att åstadkomma bra och effektiva ventilationsystem, inleds denna skrift med en systematisk genomgång av de äldre flerbostadshusens installations- och byggnadsteknik.

## 2. DET ÄLDRE FLERBOSTADSBESTÅNDET

### 2.1 Hustyper byggda före mitten av 1970-talet.

Fram till 1930-talet byggdes de flesta flerbostadshus vanligen 3 till 5 våningar höga, i så kallad *sluten kvartersbebyggelse*.

Efter 1930 har *lamellhusen* blivit den dominerande hustypen vid flerbostadsbyggande.

I de större städerna uppfördes vanligen den slutna kvartersbebyggelsen med ytterväggar av tegel, ofta fler än 5- våningar höga.

Hus på mindre orter byggdes i trä, ofta med reverterade fasader.

Vindsbjälklagen utfördes som brandbotten av stortegel lagda på golvträ och golvbjälkar. Blindbotten bestod ofta av en fyllning av grus eller sand.

I början av 1900-talet började betong användas som grundläggning och i källargolv.

En speciell typ av kvartersbebyggelse sk Landshövdingehuset började byggas i Göteborg år 1875. Husen uppfördes i 3 våningar med bottenvåningen i tegel och de två översta våningarna i trä. Landshövdingehuset uppfördes utan källare.

De bärande ytterväggarna består av liggande plank, utom under fönster där panelen är stående.

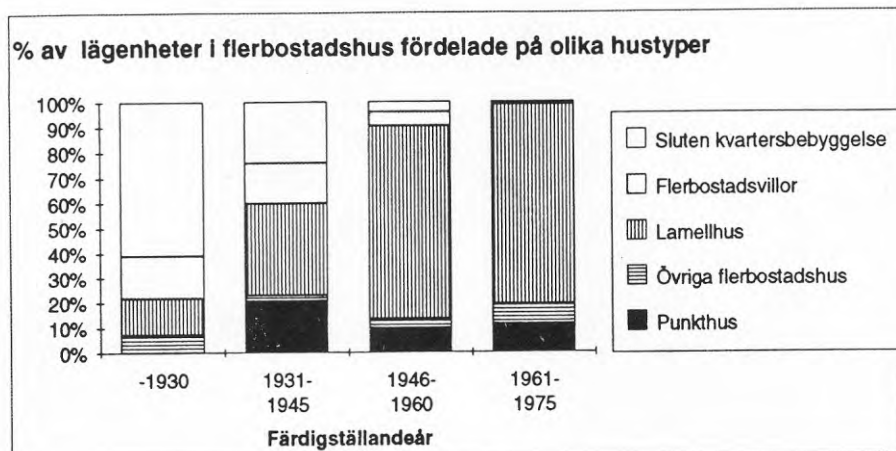


Fig 2.1 Lägenheter i flerbostadshus fördelade på olika hustyp och färdigställandeår





Fig 2.2 Sluten kvartersbebyggelse 1913

Lamellhus introducerades på 1930-talet. Lättbetong kom att successivt ersätta tegel som fasadmateriel. Husen byggdes inte längre som slutna kvarter utan som friliggande längor.

Lamellhusen byggdes antingen som tjockhus (HSB) eller smalhus. Tjockhusen, ca 14-16 meter djupa, byggdes med mörka trapphus och enkelsidiga lägenheter. Smalhusen där trapphusen är ljusa och lägenheterna genomgående, uppfördes med varierande husdjup mellan 8-12 meter.

Ökade krav på värmeisolering under krigsåren medförde att husen gjordes tätare. Fasadmuren isolerades invändigt med träullsplattor.

Källarmurar och bjälklag gjöts i armerad betong. Under 40-talet blev det även vanligt att gjuta vindsbjälklaget i armerad betong.

På 1950-talet startades tillverkningen av prefabricerade betongelement.

När lamellhusen från 60- och 70-talet under miljonprogrammet byggdes användes nya produktionsmetoder. Nya helhetslösningar tog i bruk, byggproduktionen blev en noga tidsstyrd process, förtillverkning av byggelement slog igenom och produktionen inriktades på ett fåtal varianter etc.

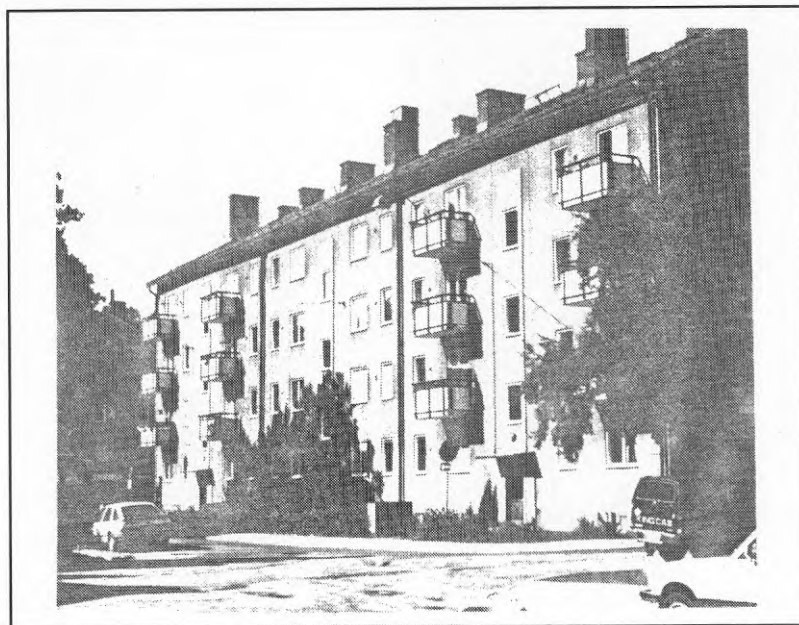


Fig 2.3 Lamellhus 1940-talet

Husen uppfördes fristående i 2-3 våningar, källarlösa utan hiss. Taken är plana eller svagt sluttande.

Tvärgående bärande mellanväggar och gavlar samt bjälklag gjöts på plats i betong.

Icke bärande utfackningsvägg utgjordes av isolerande regelstomme med gipsskivor och plastfolie. Fasadmateriäl är puts, fasadtegel eller betong.

Högre lamellhus, ofta 8-9 våningar sk skivhus byggdes under 60-talet i nya snabbt producerade bostadsområden i städernas utkanter.

Husen är ofta grupperade i samma riktning. Stommen är platsbyggd. Fasaden är byggd av lättbetong eller icke bärande fasadskivor. Badrummen är mörka.

Under 1960-talets slut byggdes många lamellhus med bärande betongstomme och fasad av prefabricerade träelement. En speciell typ av lamellhus som introducerades på 70-talet är loftgångshuset.

Elementbyggda lamellhus med bärande sandwichelement i fasad slog igenom i mitten av 70-talet.



Fig 2.4 Lamellhus 1960-talet

Punkthus började byggas under 1930-talet. De första punkthusen saknade hiss och byggdes i 3-5 våningar. I slutet av 1930-talet byggdes husen med hiss i 6-8 våningar.

I stort sätt samma byggnadsteknik som för lamellhusen från samma tidsepok tillämpades. På 1950-talet blev lättbetonghus med 8-9 våningar vanliga.



Fig 2.5 Punkthus 1950-talet

## 2.2 Flerbostadshusens byggnadsteknik

### 2.2.1 Värmeisolering i ytterväggar

Värmeegenomgången, U-värdet har succesivt förbättrats.

U-värdet för ytterväggar för flerbostadshus var fram till 1930 inte bättre än 1,0-1,35 W/m<sup>2</sup>°C och för vindbjälklaget ca 0,7W/m<sup>2</sup>°C.

Av flerbostadshusen byggda före 1975 är ungefär hälften byggda före 1960.

Ytterväggarnas U-värden i detta bestånd ligger mellan 0,65 och 1,35 W/m<sup>2</sup>°C.

Dessa värden är teoretiska och isolergraden försämras med otätheter, köldbryggor, fukt e tc.

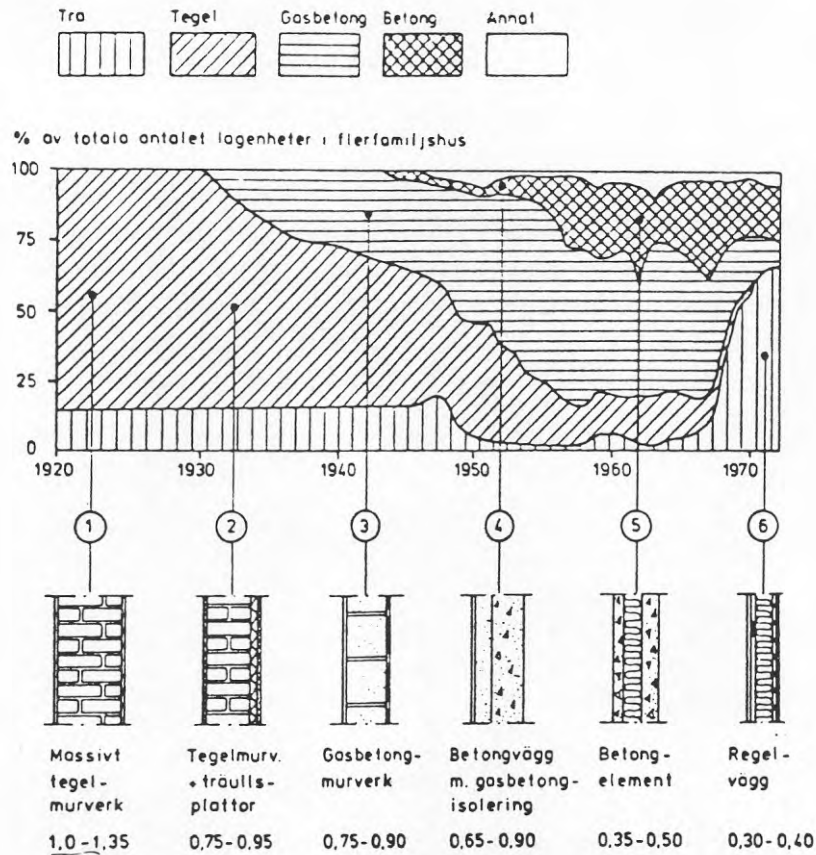


Fig 2.6 Huvudsakligt förekommande byggnadsmaterial i ytterväggar i flerbostadshus samt exempel på vanligt förekommande väggtyper med ungefärliga U-värden (W/m<sup>2</sup>°C) Ref. (2)

### 2.2.2 Byggnadens täthet

Lägenhetens täthet mot yttervägg bestämmer hur mycket friskluft som infiltreras vid sidan av uteluftsintag. Stora otätheter innebär också ökad infiltration vid vindpåverkan och låga utetemperaturer. Lägenhetens täthet mot andra lägenheter och mot trapphus bestämmer spridningen av lukt, skämd luft och brandgaser mellan lägenheterna.

Vanliga läckageställen mot uteluften är springor mellan fönsterbågar och karm, otätheter mellan karm och yttervägg, vid dörrar och otätheter vid anslutningar mot balkong.

Läckage mellan lägenheterna förekommer framförallt i anslutningar mellan lägenhets-

skiljande vägg och bjälklag, vid håltagningar och genomföringar, i skarvar mellan väggelement, via sprickor i otäta ventilationskanaler, sprickor i väggar, springor i trägolv, mot trapphus etc.

I ett projekt redovisat i SIB - meddelande M:21, har täthetsmätningar före och efter ombyggnad av 6 st självdragshus genomförts. Ett viktigt resultat från projektet är att tätheten hos bjälklag och hos lägenhets-skiljande väggar i vissa fall blev sämre efter ombyggnaden.

Läckage vid genomföringar, otätheter vid anslutning golv mot vägg samt dåligt utförda tätningar runt håltagningar resulterade i att luftläckningen mellan lägenheter ökade.

Objekt	Täthet (oms/h)		Förändring (%)
	Före	Efter	
LOKET 8 Stockholm	4.0	6.1	+ 52
BRYNÄS 80:2 Gävle	1.5	4.1	+ 173
NESTOR 6 Malmö	3.5	3.4	- 3
BULTEN 9 Stockholm	5.4	10.7	+ 98
MIDGÅRD 15 Stockholm	9.0	5.7	- 37
HOFORS 18:1	1.8	1.3	- 28

Fig 2.7 Resultat från täthetsprovning i 6 st självdragshus före och efter ombyggnad. Luftomsättningarna är redovisade som medelvärden. Det genomsnittliga luftläckaget vid + - 50Pa tryckskillnad skall inte överstiga 0,8 l/s m<sup>2</sup> för bostäder (BBR 9:212). Ref. (15)

## 2.3 Byggnadens placering

### 2.3.1 Uteluftens kvalitet

Bilavgaser från starkt trafikerade gator står för större delen av de luftföroreningar som läcker in i flerbostadshus med självdraagsventilation eller mekanisk frånluftsventilation. Värst är kombinationen av mycket bilar på smal gata omgiven av höga hus. Lokalt kan även luftföroreningar från textiler, industrier, sopförbränningsanläggningar ge besvär.

Förändring av trafikmiljön har ofta skett efter att huset byggdes.

Uteluftintaget kan vara felaktigt placerat i förhållande till parkering, trafikerad gata eller frånluftskanal.

Vid ombyggnad kan det bli nödvändigt att sätta igen uteluftsdonen mot gatan och suga tilluften från plats med godtagbar luftkvalitet. Detta medför stora kostnader i form av nya kanaldragningar som tar plats, håltagningar mm. Nya fönster kan behövas för att minska inläckningen av bilavgaser. En annan lösning är att installera från- och tilluftssystem som rätt injusterat blir okänsligt för termiska krafter och vindpåverkan.

### 2.3.2 Buller utifrån

Förändringar i trafikmiljön kan medföra ökad biltrafik och därmed störande buller. Byte till 3-glasfönster eller komplettering med en tredje ruta kan förbättra reduktionstalet.

Eftersom samtidigt fönstren blir tätare kan komplettering med uteluftsdon bli aktuell.

#### *Akustisk lösning*

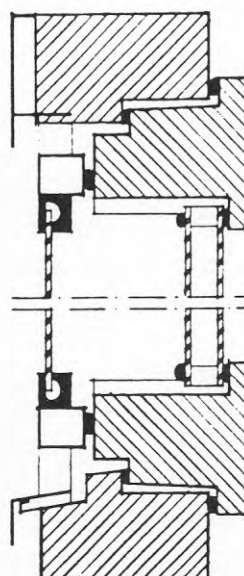


Fig 2.8 Kopplade fönster, isolerruta och tjock enkelruta på stort avstånd, samt dubbla tätningslister är en akustisk lösning för att åstadkomma ljudisoleri mot utomhusbuller. Ref. (24)

## 2.4 Flerbostadshusens installationsteknik

### 2.4.1 Självdragsventilation (S-system)

Drivkraften i självdragssystemet är beroende av temperaturdifferensen mellan ute och inne, höjdskillnaden mellan uteluftintagets placering och utlopp samt tryckskillnader p ga vindpåverkan. Drivkraften varierar från ca 0 till 15 pa.

Ytterväggens täthet har stor betydelse för luftväxlingen. Självdragssystemet är relativt okänsligt för små vindkrafter mot yttervägg. Vid större vindhastigheter har vindsuget på skorstenstoppen stor inverkan på luftväxlingens storlek. Lägenheterna ventileras genom att den uteluft som strömmar in genom otätheter i ytterväggen eller via uteluftsventiler evakueras genom vertikala kanaler som mynnar ut i skorstenstoppen. Sämst ventilation får normalt lägenheter i högst belägna våningsplan. I de lägenheter som är belägna närmast marken kan problem med drag uppstå.

En vindstilla sommardag kommer inte självdragssystemet att fungera vilket är en nackdel eftersom luftfuktigheten inomhus är som störst sommartid. På orter med mycket blåst, t ex Göteborg, kan dock självdragsventilationen bli störst under den varma årstiden.

Fördelar med självdragssystemet är att det är enkelt, tyst och driftsäkert samt ger de boende stora möjligheter att genom t ex vädring själva påverka ventilationen.

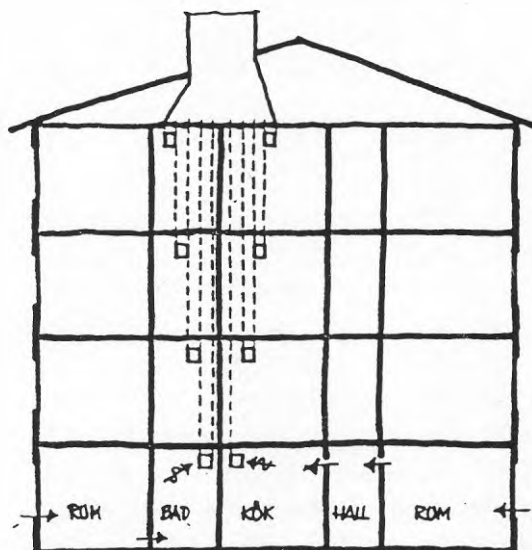
De första murade kanalerna var gemensamma kanaler. Under 1880-talet övergick man till separata kanaler för olika lägenheter. Ventilationskanalerna utgörs av skorstenstockens material, tegel, asbestbetongtrummor, armerad puts, eternit samt plåtkanaler i självdragssystem från senare datum. De flesta kanalerna är utförda av tegel med varierande tvärsnitt beroende på tidsålder. Murade kanaler av tegel är ofta alltför otäta för att klara fläktventilation med kontrollventiler.

Självdragssystemet finns framförallt i den slutna kvartersbebyggelsen och i lamellhusen byggda före mitten av 1960-talet.

Självdragssystemen brukar delas upp i två grupper *decentraliserade* och *centraliserade*. I decentraliserade system evakueras luft normalt från lägenhetens samtliga rum. Detta system är mer utrymmeskrävande än det centraliserade där luft endast sugts ut från bad och kök.

Överluft till våtutrymmen utan fönster sker via springor mellan dörrblad och karm. Överluftspringor saknas normalt till våtutrymmen med öppningsbart fönster eller uteluftsdon samt i självdragssystem typ "Stockholmsventilation".

I mörka badrum byggda med "Stockholmsventilation" ventileras varje badrum via separata tillufts- och frånluftskanaler. Uteluft tillförs via don i badrumsväggen nära golvet.



*Uteluft tas in genom springventiler vid fönster eller otätheter i vägg mot sovrum, vardagsrum. För att drag ej skall uppstå måste luften tillföras med låg hastighet och ej ha för låg temperatur. Den tillförda luften skall som överluft via springor i underkant dörrar transporteras till kök, bad eller WC. Klimatskärmens täthet har stor inverkan på systemets funktion. Fler uteluftsdon minskar inläckningen via otätheter.*

Fig 2.9 Centraliserat självdragssystem. Ref (22)

#### 2.4.2 Mekanisk frånluftsventilation (F-system)

Ventilationsflödet vid frånluftsventilation beror förutom av fläktens sugkraft även av vind och termiska krafter. Systemet påverkas mindre av termiska krafter än självdragssystemet. Hur mycket beror på vilken tryckuppsättning systemet arbetar med jämfört med det tryck som skapas av termik och vindpåverkan.

För höga hus kan inverkan av utetemperatur och vind medföra en betydande ökning av ventilationsflödet. Ytterväggars täthet har mindre inverkan på luftväxlingens storlek än för ett självdragssystem.

Frånluftsventilation med axialfläktar och låga tryckuppsättningar började installeras på 1930-talet. Axialfläktars tryckuppsättning är låg, ca 50 Pa.



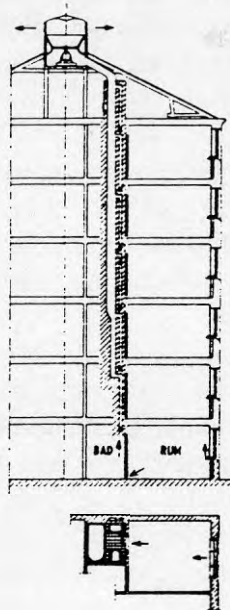


Fig 2.10 Axialfläkt med gemensam huvudkanal.  
Ref. (1)

På 1950-talet blev centrifugalfläktar med högre tryckuppsättningar vanliga. Användandet av centrifugalfläktar och kontrollventiler som frånluftsdon medför att systemet jämfört med självdragssystemet blir mindre känsligt för ändringar i det yttre klimatet och möjligt att injustera. Kontrollventilen tillåter att ett högre tryckfall kan läggas över donet utan att ljudnivån ökar.

Totaltryckfallet för centrifugalfläktar i ett rent F-system brukar vara mellan ca 100 och 250 Pa.

Takfläktar med huv ovan yttertak introducerades i samband med " miljonprogrammet " på mitten av 60-talet.

Som följd av energibesparande åtgärder på 70-talet utvecklades system för värmeåtervinning ur frånluften, sk FX- och FTX-system.

Kanaler i de äldre F-systemen med låga tryckfall är ofta byggkanaler av tegel, lättbetong block, asbestcement etc. Den mest använda kanaltypen, kanaler av varmförzinkad plåt, blev vanlig när kontrollventilation introducerades. Kanaler byggda före 1960-talet är ofta otäta i skarvar, sprickor och rensluckor. Med kontrollventiler och högre tryckfall i systemet är det viktigt att kanalerna är täta.

Frånluftsventilation från senare tid är oftast byggda med separata kanaler från varje don till suglåda på vind. I äldre hustyper, t ex höga punkthus har system med gemensamma kanaler använts.

I de äldre systemen med kanaler av tegel, prefabricerade kanaler saknas oftast injusteringsspjäll. Mekanisk frånluftsventilation finns framförallt i lamellhus och punkthus byggda efter början av 1950-talet.

### 2.4.3 Uppvärmningssystem

Lägenheterna värmdes fram till 1900-talets början enbart med egna kakelugnar, köksspisar och öppna spisar.

Under 1920-30-talen blev centraluppvärmning med radiatorer som tillfördes hetvatten eller ånga vanliga i flerbostadshus. I en del hus byggda under 1950-talet installerades centraluppvärmning med varmluft.

Rörsystem och radiatorer har en livslängd på ca 50 år. Radiatorsystem byggda före 1940-talet kan alltså vara i behov av utbyte vid ombyggnad. I äldre hus är ofta värmerören förlagda i vägg eller slitsar. Detta medför stora ombyggnadskostnader vid rörbyte. Skäl att byta ut gamla fungerande gjutjärnsradiatorer kan finnas efter tilläggsisolering och fönsterbyte, som ger minskat värmebehov och nya planlösningar där radiatorernas placering ändras. I samband med lägenhetsrenoveringar har man i många fall endast bytt radiatorventiler.

Kakelugnar kan förekomma i äldre hus. Kakelugnar med otäta rökkanaler brukar antingen muras igen eller behållas som frånluftskanaler med frånluftsdon på kakelugnen. En anledning till att kakelugnar kan ha proppats är problemet med inrykning av rökgaser i hus som byggts om till frånluftsventilation.

### 2.4.4 Vatten och avlopp

Vattenclosetter blev vanliga i slutet av 1800-talet. Bad- och duschrum kom succesivt efter 1910-talet.

Kallvattenledningar är i regel förzinkade stålrör och varmvattenrören av koppar, isolerade med organiskt material eller mineralull.

En stor del av rörinstallationerna för avlopp och kallvatten i husen före 1960-talet och från miljöprogrammets tid är i behov av renoveringsåtgärder. Avloppsledningar av gjutjärn brukar vara i sådant skick att de måste bytas efter ca 30 år.

Livslängden för kallvattenledningar av förzinkade rör beräknas vara ca 25 år.

Kopparrör håller längre, ca 50 år. Blandare och armaturer kräver kontinuerligt underhåll iform av ompackningar etc.

### 3. VENTILATION I ÄLDRE FLERBOSTADSHUS MED SJÄLVDRAGS- ELLER FRÅNLUFTS- SYSTEM

#### 3.1 Allmänt

Ventilationens huvudsyfte i bostäder är att byta ut förorenad luft mot "frisk"luft. Luften skall tillföras "dragfritt" i tillräcklig mängd och av rätt temperatur och fuktighet.

Föroreningskällor kan t ex vara:

- \* lukter som människan är upphov, till t ex tobaksrök och matos
- \* koldioxid som avges av människor och vid förbränning.
- \* hälsofarliga ämnen från byggnadsmaterial.
- \* fukt
- \* mögel, kvalster
- \* luftföroreningar som följer med uteluften in.

Halten av dessa föroreningskällor är ett mått på bostadens luftkvalitet.

Enkätundersökningar av inneklimatet kan visa på vanliga brister som besvär av matos, dålig lukt, dragproblem, kalla rum, fukt- och mögelproblem i våtutrymmen, ojämn temperatur samt hälsoproblem som huvudvärk, heshet, irriterande slemhinnor etc.

Att självdragshus brukar ha dålig ventilation vid varm väderlek är bekant för de flesta.

Otillräcklig ventilation motverkas genom att vädra vid matlagning och sova med öppet fönster.

Buller från trafik, störande grannar, för låg utetemperatur tvingar dock de boende att stänga sina fönster. Med stängt fönster i sovrummet måste sovrumsdörren ofta hållas öppen för att tillräcklig luftväxling skall erhållas.

Orsaken till bristande ventilation i sovrum, kök och våtutrymmen är många. Ofta har åtgärder för att eliminera uppkomna problem medfört att nya problem uppstått. En del problem som orsakas av för låga ventilationsflöden går enkelt att avhjälpa med bättre injustering eller drift och underhåll. I vissa fall är det mer komplicerat att åtgärda ventilationen, speciellt om bristerna uppkom under projekterings- eller installationsstadiet.

Ventilationen kan dessutom ha minskat till följd av energibesparande åtgärder som tätningssarbeten eller nedvarvning av fläktar i frånluftssystem.

Ytterväggar, fönster och dörrar kan ha tätats, vilket fått till följd att dragproblem uppstått då en större mängd uteluft måste tas genom uteluftsdonen.

De boendes enda möjlighet att minska dragproblemen är ofta att stänga uteluftsdonen (ett annat sätt är att flytta sig längre bort från donet, men denna lösning på problemet har de boende för länge sedan tröttnat på).

Ytterligare tätning eller nedvarvning av fläktar har varit åtgärder för att komma tillrätta med de uppkomna komfortproblemen. Bägge åtgärderna leder till otillräcklig ventilation, speciellt sommartid då fuktbelastningen är stor.

Till den ökade uppkomsten av fuktskador i våtutrymmen bidrar också användandet av nya material i våtutrymmen och den ökade fuktbelastning som följer av att det blivit vanligare att duscha istället för att bada.

Ett vanligt sätt att klara den högre fuktbelastningen eller problem med matos är att installera småfläktar i våtutrymmen i kök och bad. Då dessa fläktars gångtid ofta styrs av de boende med timer eller via belysningen har grundventilationen minskat under perioder då fläktarna ej varit i drift. Användandet av småfläktar som punktutsug ökar problemen med lukter från andra lägenheter eller egna lägenheten och leder i regel till bakdrag i vissa frånluftskanaler.

### 3.1.1 Ventilation i hus med självdragsventilation

I samband med ombyggnad av ventilationsystemen i flerbostadshus med självdragsventilation har ett antal utredningar genomförts. Oftast har mätningarnas tyngdpunkt lagts på mätning av lägenheternas täthet, luftväxling och rumstemperatur i vistelsezonen. Eftersom förutsättningarna vid mättillfällena har varit olika för objekten, är det svårt att jämföra olika utredningar. Viktiga faktorer som utetemperatur och yttre vindpåverkan har varierat. Vissa generella slutsatser har dock konstaterats.

Bland annat:

- \* Låga specifika flöden  $< 0,1$  lgh vol/h är inte ovanligt. Stor spridning av specifikt flöde mellan olika lägenheter.
- \* Svårigheter att tillföra lägenheten uteluft (friskluft) dragfritt vintertid.
- \* Ofta otillräcklig ventilation i kök vid matlagning eller i sovrum med stängd dörr.
- \* I hus där separata utsugningsfläktar installerats kan bakdrag i frånluftskanaler uppstå. Bakdrag orsakar kallras från don och luktöverföring mellan olika lägenheter.

### 3.1.2 Ventilation i hus med mekanisk ventilation

Erfarenheter från två studier 1989 - 92 av ventilation i flerbostadshus (BFR anslag nr 900498-0 och 910916-7) redovisas i BFR- rapporten T11: 1994

I de besiktigade flerbostadshusen har 110 ventilationssystem med frånluftsventilation eller från- och tilluftsventilation undersökts.

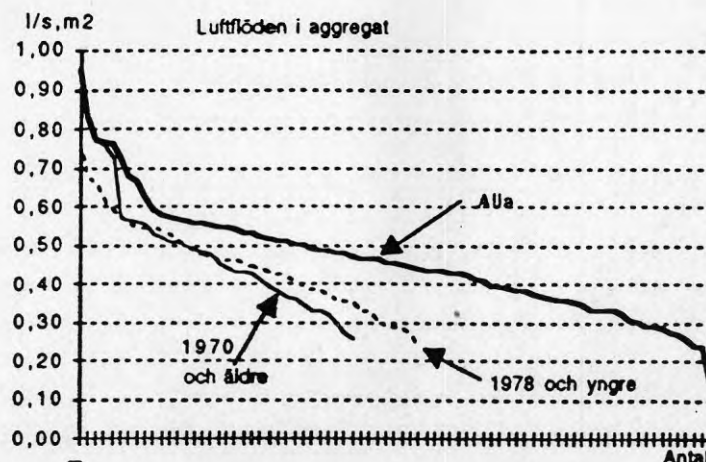
Luftflödesmätningarna som utfördes stickprovsvis genom mätning av frånluftsflöde över don i kök och våtutrymmen visar på en stor spridning mellan olika lägenheters luftomsättningar.

Flertalet av de uppmätta lägenheterna har frånluftsflöden större än byggreglernas minflöde  $0,35 \text{ l/s, m}^2$  som gäller vid nyproduktion. Dock har ca 65% av de studerade lägenheterna en luftväxling som ligger inom intervallet  $\pm 30\%$  av byggreglernas minflöde.

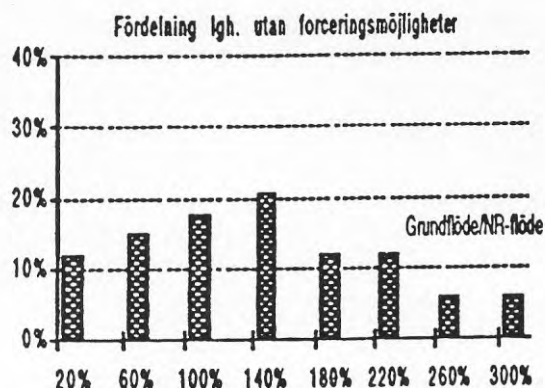
I studien framgår också att uppmätta grundflöden i kök varierar stort mellan olika lägenheter.

Normflödet för byggnader äldre än 1970 kräver luftomsättningar på  $0,53 \text{ l/s m}^2$ .

I samband med kommande funktionskontroller av ventilationssystem skall äldre anläggningar återställas så att luftflöden överensstämmer med gällande normflöden som gällde då fastigheten togs i bruk. Detta medför att i en stor del av bostadsbeståndet kommer luftflödet att behöva ökas med komfort och ljudproblem som följd. Inventering av fastigheterna visade också att i en stor del av de äldre fastigheterna var springventilerna stängda. De boende har själva åtgärdat problemen med ljud och drag.



Figur 3.1 Fördelning av luftflöde per ventilerad yta för samtliga frånluftsaggregat. Ref.(5)

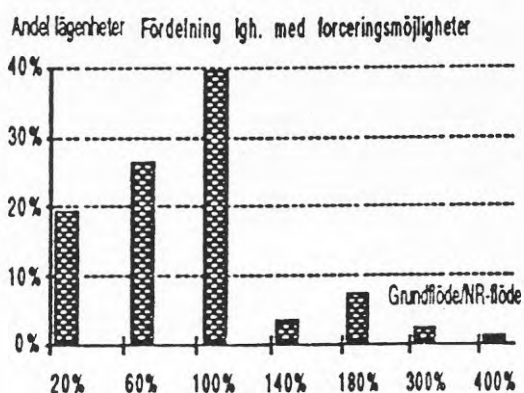


Figur 3.2 Grundflöde i kök utan forceringsmöjligheter i förhållande till dagens normflöde enligt byggreglerna. Ref. (4)

Grundflödena i kök med forceringsmöjligheter är mätta med köksspjället i grundläget. Av dessa lägenheter har ca 46 % av lägenheterna ett grundflöde som är lägre än dagens normflöde.

En förklaring till de låga grundflödena kan vara att många lägenheter har köksspjället i ständigt öppet läge, vilket

förstör ventilationen för de lägenheter som inte har forcerings läget inställt. Den skillnad i undertryck, mellan olika lägenheter, som uppstår när lägenheterna ventileras olika mycket, ger upphov till klagomål på lukter, fukt och dålig ventilation.



Figur 3.3 Grundflöde i kök med forceringsmöjligheter i förhållande till dagens normflöde enligt byggreglerna. Ref. (4)

### 3.2 Resultat från enkätundersökningen "Upplevt inneklimat i Stockholms bostadsbestånd"

Kunskaper om hur inneklimatet upplevs är viktiga när det gäller att välja en ombyggnadslösning för att uppnå rätt funktion utan onödiga kostnader.

Utrednings- och statistikkontoret (USK), Stockholms Stad, har gjort en enkätundersökning år 1992 för att skatta andelen "sjuka hus" samt kartlägga de boendes klimatupplevelser i Stockholms bostadsbestånd. Av 10 000 enkäter som skickats ut till ett slumpmässigt urval av stockholmare, boende i flerbostadshus och småhus har 78% besvarats.

De boende i flerbostadshus anger i allmänhet att de är nöjda med inomhusklimatet i lägenheten. Vid närmare granskning anser dock omkring *hälften av de boende att de besväras av att en del av lägenheten är för kall vintertid, av drag, av kalla golv samt svårigheter att själva reglera värmen.*

När de gäller de boendes hälsa visar undersökningen att boende i flerbostadshus byggda före 1961, har generellt minst besvär. Det vanligaste symptomet är trötthet. Detta anger mellan 20-30% av de boende i stadens flerbostadshus (alla hustyper) som ett besvär.

Symptom som brukar relateras till sk "sjuka hus", t ex irritation i näsa och hals upplevs som ett mindre bekymmer. I flerbostadshus byggda efter 1961 anger ca 15% av de boende att de har besvär med slemhinneirritationer. Dock anser ca hälften av de boende med slemhinneirritationer i flerbostadshus byggda efter 1976, att besvären beror på bostaden. Minst benägen att skylla besvären på bostaden är man i de äldre bostäderna byggda före 1961.

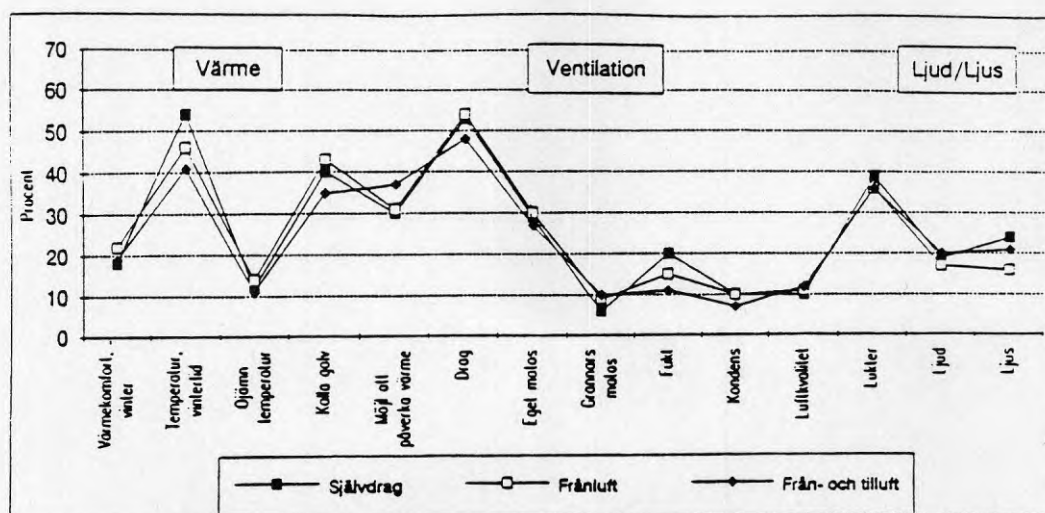


Fig 3.4 Besvärprofil över inomhusklimatet i flerbostadshus med olika typer av ventilationssystem. Andel boende. Ref (3)

Besvär med ojämn temperatur och drag i lägenheter bidrar till att de boende upplever möjligheten att själva påverka värmen i lägenheten som liten. Oavsett ventilationssystem är besvärnivåerna höga för drag, kalla golv och kalla rum vintertid.

Bäst värmekomfort ger FT-systemen när det gäller besvärupplevelser av kalla rum, kalla golv och drag.

Andel boende i flerbostadshus som besväras av lukter i lägenheterna är stor, mellan 35 och 40%, oavsett ventilationssystem.

Likheten i besvärprofil mellan olika ventilationssystem är slående med små avvikelser. Besvär med drag är exempelvis lika utbrett i hus med frånluft som med självdrag.



## 4. MYNDIGHETSKRAV VID OMBYGGNAD AV VENTILATIONSSYSTEM

### 4.1 Plan- och Bygglagen

När Plan- och Bygglagen (PBL) trädde i kraft 1987 avskaffades ombyggnadsbestämmelserna i SBN 80.

PBL får tillsvidare gälla vid ombyggnad. Föreskrifter för tillämpningen av PBL finns föreskrivna i Plan- och Byggförordningen (PBF). Till skillnad från tidigare byggnormer och nybyggnadsregler ställer Plan- och Bygglagen krav på varsamhet vid ombyggnad. Utöver varsamhetskravet skall nybyggnadskraven uppfyllas vid ombyggnad om det är skäligt.

Enligt PBL kapitel 3, §10 skall nybyggnadskraven (med hänsyn till varsamhetskravet) tillämpas i den utsträckning som är tekniskt och ekonomiskt genomförbart med hänsyn till befintlig byggnads förutsättningar, ombyggnadens omfattning och den förväntade livslängden.

Med ombyggnad avser PBL åtgärder som fordrar bygglov och avsevärt förlänger brukstiden för byggnaden eller en del av den.

Varsamhetskravet innebär att tillbyggnader och ombyggnader skall utföras så att byggnadens särdrag med avseende på byggnadstekniska, kulturhistoriska, miljömässiga värden mm beaktas.

Vid ombyggnad skall de delar som byggs om (om så är skäligt) tillföras egenskaper som beskrivs i kapitel 3, 1-8 § för nya byggnader, bla krav på energihushållning, hygien, arbetsmiljö, inomhusmiljö och material. Dessa krav är föreskrivna i de av Boverket utgivna Byggreglerna (BBR) som gäller sedan januari 1994. Byggreglerna innehåller inte detaljerade föreskrifter för hur installationer skall utföras utan ställer krav på funktionen och ger därmed byggherren större möjligheter att utforma egna lösningar. *Då man vid varje ombyggnad måste väga nybyggnadskraven mot varsamhetskravet kan Byggreglerna bli den högsta nivå vad gäller myndigheternas krav vid ombyggnad.* Därutöver kan det finnas andra skäl utifrån fastighetsägarens intressen att ibland ställa högre krav på byggnadens funktion.

Kommunen kan dessutom ställa lägre krav i detaljplan eller områdesbestämmelser än vad som sägs i kapitel 3, 1-8§ " under förutsättning att byggelsen inom området får långsiktigt godtagbara egenskaper". När det gäller andra ändringar än tillbyggnad eller ombyggnad kan lägre krav ställas enl. 3 kapitlet §10, dessa "utförs så att ändringar i skälig utsträckning uppfyller kraven i 1-8§.

Eftersom ombyggnadsregler saknas måste kommunens byggnadsnämnd själv avgöra hur PBL skall tillämpas. Utrymme för tolkningar finns dels om vad som egentligen berörs av ombyggnad i meningen byggnadspliktig ändring som förlänger brukstiden eller vad som kan anses vara annan ändring än ombyggnad och vad som dels kan antagas vara skäligt.

Som hjälp vid tillämpningen av PBL kommer Boverket att ge ut en skrift för ombyggnad 1994 där gällande lagar och regler redovisas.

Byggreglerna är föremål för en omfattande revidering för harmonisering med EG:s byggdirektiv.

Byggherren måste själv ta hela ansvaret att myndighetskraven uppfylls. Dock är det fortfarande så att delar av branschen förväntar sig att allmänna regler finns vid nybyggnad/ombyggnad.

Byggnadsnämnden är endast skyldig att göra en teoretisk granskning, dvs bedömning om myndighetskraven teoretiskt kan uppfyllas.

Om människor trivs eller ej, om rätt luftkvalitet erhålls granskas ej. Eftersom PBL och PBF tillsvidare skall tillämpas vid ombyggnad och stort utrymme ges till lokal tolkningsmöjlighet behöver inte de krav som ställs vid nybyggnad generellt uppfyllas vid ombyggnad.

Fastighetsägaren får relativt stort utrymme att själv välja lösningar som uppfyller "rimliga" kravnivåer för att ge bostäderna bra komfort.

Boverkets byggregler skall inte uppfyllas på bekostnad av att de befintliga kvaliteterna försämras. Dock har brister som har med personhälsa och säkerhet överordnad betydelse vid bedömning av åtgärd.

#### 4.2 Gällande lagstiftning för inneklimat

I *Boverkets Byggregler (BBR)* ställs krav på inneklimat i *nya byggnader*.

Tillsynsmyndighet är kommunens byggnadsnämnd.

I *Hälsoskyddslagsstiftningen* ställs krav på inneklimatet i *befintliga byggnader*. Gränser för sanitär olägenhet redovisas i Socialstyrelsens allmänna råd. Socialstyrelsens gränsvärden tillämpas av Miljö- och hälsoskyddsnämnden i kommunen vid bedömning av termisk komfort och luftkvalitet.

I begreppet sanitär olägenhet anges särskilt stränga krav för "känsliga grupper" t ex människor på dagis.

Utöver de i Byggreglerna (BBR) och Socialstyrelsens angivna kraven på inneklimat redovisar BBR även krav på luftväxling. Dessutom finns vägledande rekommendationer för inomhusklimat utgivna av Svenska inneklimatinstitutet (R1, R2) och Nordiska kommitén för Byggnadsbestämmelser (NKB rapport nr 40)

**BBR:s krav på luftväxling för bostäder:**

- \* Kök  
10 l/s, forcering med minst 75% uppfångningsförmåga hos luftdonet.
- \* Pentry, kokvrå  
15 l/s
- \* Sovrum:  
4 l/s, för varje sovplats
- \* Badrum eller duschrumbadrum med öppningsbart fönster:  
10 l/s, (om golvarean är större än 5 m<sup>2</sup>, ökas luftväxlingen med 1 l/s för varje m<sup>2</sup> därutöver)
- \* Badrum utan öppningsbart fönster:  
10 l/s (om golvarean är större än 5 m<sup>2</sup>, ökas luftväxlingen med 1 l/s för varje m<sup>2</sup> därutöver) med forcering 30 eller 15 l/s
- \* Toalett:  
10 l/s

För mindre lägenheter kan BBR:s krav på luftväxling medföra orsaka komfortproblem.

En lägenhet på 30 m<sup>2</sup> med kokvrå och mörkt badrum får en luftväxling motsvarande ca 2 ggr minimikravets uteluftsflöde 0,35 l/sm<sup>2</sup>.

Utöver krav på inneklimat, driftekonomi och underhåll skall Byggreglernas bestämmelser för skydd mot brandspridning, material och utförande, täthet och isolering, anordningar för rensning etc tillämpas.

## 5. VAL AV SYSTEMLÖSNING

### 5.1 Ökat ventilationsflöde av termisk drivkraft

I ett hus med frånluftsventilation och relativt stort totaltryckfall över fläkten påverkas inte ventilationen i någon större omfattning av lägenhetens läge i byggnadens höjded eller av temperaturskillnaden mellan inne och ute. Däremot blir ventilationstillskottet av termik betydande i ett hus med självdragsventilation eller med svaga frånluftsfläktar.

Den ökade luftomsättningen vid låga utetemperaturer innebär förutom drag- och smutsproblem även onödigt stora uppvärmningskostnader vintertid.

I ett hus med skorstenskanal med höjden  $h$  beror den termiska drivkraften av skillnaden mellan inneluftens och uteluftens densitet enligt:

$$P_{te} = h(\zeta_i - \zeta_u) = h \cdot \zeta_i (T_i - T_u) / T_u \text{ där}$$

$\zeta_i$  = luftens densitet i skorstenen,  $\text{kg/m}^3$

$\zeta_u$  = uteluftens densitet,  $\text{kg/m}^3$

$T_i$  = innetemperaturen,  $^{\circ}\text{K}$

$T_u$  = utetemperatur,  $^{\circ}\text{K}$

Vid utetemperaturen  $T_u = -10^{\circ}\text{C}$  och innetemperaturen  $T_i = +20^{\circ}\text{C}$  blir den termiska drivkraften, självdraget lika med  $P_{te} = h \cdot 1,189(293 - 263) / 263 = 0,14 \cdot h$  (mm vp)

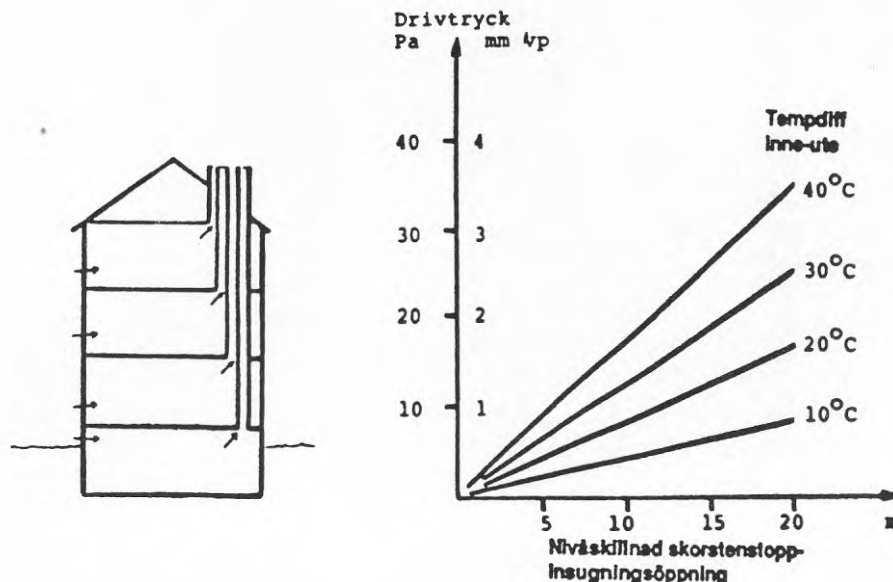


Fig 5.1 Inverkan av termik. Ref. (6)

Termiken kan ge betydande flödestillskott i ett hus med självdrag eller svaga fläktar, speciellt om byggnaden är otät eftersom även en liten tryckfallsförändring blir relativt stor i förhållande till totala drivtrycket.

Ett ventilationssystem med hårt strypta don, högt systemtryckfall är okänsligare för yttre tryckförändringar av termik eller vind.

Men ett sådant system är mer känsligt för andra tryckfallsförändringar i systemet. Ändrade inställningsvärden på frånluftsdon skapar obalans i ett sådant system. Resultatet blir minskad ventilation i vissa lägenheter samtidigt som andra lägenheter får ökad ventilation med drag och låg temperatur som följd.

## 5.2 Vindpåverkan

På en otät byggnad har vindpåverkan stor betydelse för ventilationsflödet vid högre vindstyrkor än 3-5 m/s. Genom att vinden förorsakar ett övertryck på vindsidan och ett undertryck på läsidan av byggnaden kan vinden öka ventilationsflödet, speciellt om byggnaden är fristående och otät.

Tryckskillnaden medför att vindsidan får bättre ventilation (kan innebära sänkt rumstemperatur) och läsidan får lägre luftväxling. Dock uppstår utläckning genom läväggen först vid högre vindstyrkor. Vindens inverkan kan innebära att luftomsättningen sommartid i högt belägna lägenheter blir större än under vintertid.

Det undertryck som uppstår vintertid av temperaturskillnaden inne/ute och husets höjd har en viss stabiliserande inverkan mot genomblåsning.

*Större inverkan på ventilationsluftflödets storlek har vindsuget på skorstenstoppen.*

När vinden sveper över skorstensmynningen uppstår vanligtvis ett vindsug som skapar ett undertryck i skorstenskanalerna. Vid vissa vindförhållanden kan samtidig turbulens och sug i mynningen ge både övertryck och undertryck. Detta resulterar i att luftflödet i en del kanaler får omvänd flödesriktning, i andra kanaler ökar utsuget.

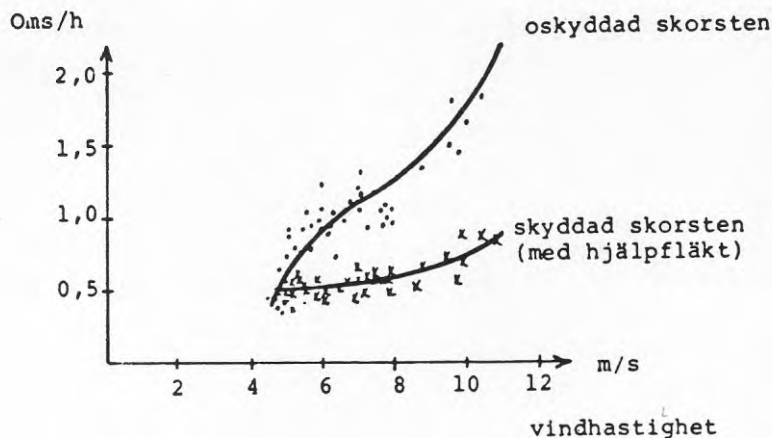


Fig 5.2 Luftomsättningen som funktion av vindhastigheten över skorstenstopp. Jämförelse mellan oskyddad och skyddad skorsten. Ref. (18)

Lennart Eriksson m fl har i en BFR rapport R67:1986 "Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning" studerat hur luftomsättningen varierar med vindhastigheten över en skorstenstopp. I rapporten jämförs flödet genom en oskyddad skorsten med flödet genom en skyddad skorsten vid olika vindstyrkor. Provet har gjorts sommartid i ett självdragshus, då den termiska drivkraften är försumbar.

Den skyddade skorstenen, sk SPAR-VEN bur har en hjälpfläkt som ej är i drift. Luftomsättningen beror alltså endast av vindpåverkan.

Försöket visar att vid vindhastigheten ca 5 m/s uppstår ett undertryck motsvarande ca 0,5 omsättningar utan inverkan av termiska krafter.

Luftomsättningen stiger snabbt vid vindhastigheter över 5 m/s. Vid ca 10 m/s har luftomsättningen ökat med mer än 300%. Eftersom det sammanlagda drivtrycket beror både av termiska drivkrafter och undertryck av vindsug på skorstenstoppen kommer under den kalla årstiden luftomsättningen att ytterligare öka vid blåst.

Frånluftssystem med högre undertryck är stabilare mot vindsugets påverkan. Dock måste större hänsyn tas till vindens inverkan på luftväxlingen om frånluftsfläktarna är svaga. Det kan ske med en varvtalsreglerad fläkt som styrs mot uttemperaturen.

Kunskaper om vindens inverkan är ofullständiga och borde utredas ytterligare i ett större sammanhang där även inverkan av systemets uppbyggnad beaktas

### 5.3 Dragfri tilluft

Det är svårt att tillföra erforderlig mängd uteluft vintertid, utan besvärande drag. Lufthastigheter med en temperatur som uppfattas besvärande uppstår alltid någonstans i närheten av donet.

Att strypa bort tilluftsflöde för att bli av med dragproblem är ingen lyckad metod. Uteluften hittar nya vägar att ta sig in genom, speciellt om lägenheten är otät. Ytterliggare tätning kring fönster och ytterdörrar ökar flödet över det strypa donet med nya drag- och ljudproblem som följd. Speciellt i hus med frånluftsventilation kan undertrycket bli besvärande.

I en otät byggnad har sambandet mellan donöppning mindre betydelse eftersom luft läcker in genom otätheter i ytterväggen. Genom strypning av donet minskar dragproblemen från själva donet men nya läckagevägar uppstår eftersom en större del av tryckfallet istället läggs över klimatskärmen, mot trapphuset etc.

I en tätare byggnad kan tilluftsflödet enklare regleras genom att ändra uteluftsdonets öppningsarea. Lägenheten skall vara tillräckligt tät så att luften väljer att passera genom donet istället för genom springor i ytterväggen. Då ställs också stora krav på donets förmåga att tillföra tilluft dragfritt i öppet läge.

Funktionen är dessutom starkt beroende av radiatorns effekt och placering i förhållande till uteluftsintaget.

Felaktiga luftflöden genom tätning av klimatskärmen eller strypning av don kan förutom komfortproblem som drag, kalla rum, luktspridning och obalans i fördelningen av luftflödet mellan olika lägenheter också orsaka fuktskador i våtutrymmen. Fuktproblem uppstår speciellt om låga ventilationsflöden kvarstår sommartid då fuktbelastningen är högre.

### 5.3.1 Uteluftsdon vid ombyggnad - krav och egenskaper

Ett uteluftsdon för friskluft skall tillföra tillföra rätt luftflöde med rätt temperatur utan att dragproblem uppstår i vistelsezonen. Tilluftsdon som motverkar ökat flöde vid sjunkande utetemperatur och av vindpåverkan bör alltid övervägas.

Donet skall vara billigt och enkelt att montera. Dessutom skall donet gärna ha andra egenskaper som lågt tryckfall, bra ljudegenskaper, vara okänsligt för nedsmutning och vara utrustat med lätt demonterbart och tvättbart filter.

Tabell 5.1 krav och egenskaper på uteluftsdon

<b>Egenskaper</b>	<b>Kommentarer</b>
Tryckfall	Tryckfallet över donet skall vara lågt så att luften väljer att passera donet istället för genom läckage och springor i ytterväggen. Donet skall ha lägre tryckfall än klimatskärmen vid strypt läge. Lämpligt dontryckfall i självdragssystem eller frånluftssystem med svaga fläktar är max 10Pa och mindre än 15 pa för övriga system.
Temperatur och vindkompensering	Don med ökande tryckfall vid sjunkande temperatur eller vid avkylning av blåst kan behövas för att motverka flödesökning p ga termik vintertid.
Luftspridning	Erforderligt luftflöde skall spridas så att lufthastigheter >0,15 m/s inte uppstår i vistelsezonen. Högre lufthastigheter än 0,15-0,20 m/s uppfattas som drag om inte tillförd luft värms till högre temperatur än rumsluften.
Nedsmutsning	Uteluftsdonet skall vara okänsligt för nedsmutsning. Nedsmutsning av donet sker snabbare om tryckfallet över donet är stort. Don placerade bakom radiatorn är svåra att rengöra. (Vippbara radiatorer har prövats för att förenkla städarbetet i ett allergianpassat flerbostadshus av JM-Byggnads och Fastighets AB)
Ljudegenskaper	Uteluftsdonet skall vara ljuddämpande så att BBR:s krav på ljudnivå ej överskrids. Ljudnivån stiger med ökat tryckfall över donet.



Tabell 5.1 forts. krav och egenskaper hos uteluftsdon.

Egenskaper	Kommentarer
Filter	Insektsfilter behövs för att hindra insekter att ta sig igenom donet. Dammfilter (kan vara kombinerat med insektsfilter) skall vara åtkomligt för rengöring med vanligt diskmedel. Finfilter kan behövas i allergianpassade bostäder.
Reglerbarhet	Detta är ett krav från bostadsföretagen och är ett resultat av svårigheten att finna ett uteluftsdon som i öppet läge alltid tillför luft av flöde och temperatur utan att dragproblem uppstår. De boende skall ha möjlighet att justera tilluftsflödet efter behov. Donet skall inte kunna stängas helt.
Montering	Ventilen skall vara lätt att montera. Flödesbehovet påverkar valet av don. Tätning mellan genomföring och yttervägg är viktig så att inte luft sugas in vid sidan av genomföringen.
Vindpåverkan	Donet skall vara utrustat med vindskydd i områden med svåra vindförhållanden.

I praktiken är det svårt att uppbringa uteluftsdon som inte ställer till dragproblem för de boende och samtidigt är billigt och enkelt att installera.

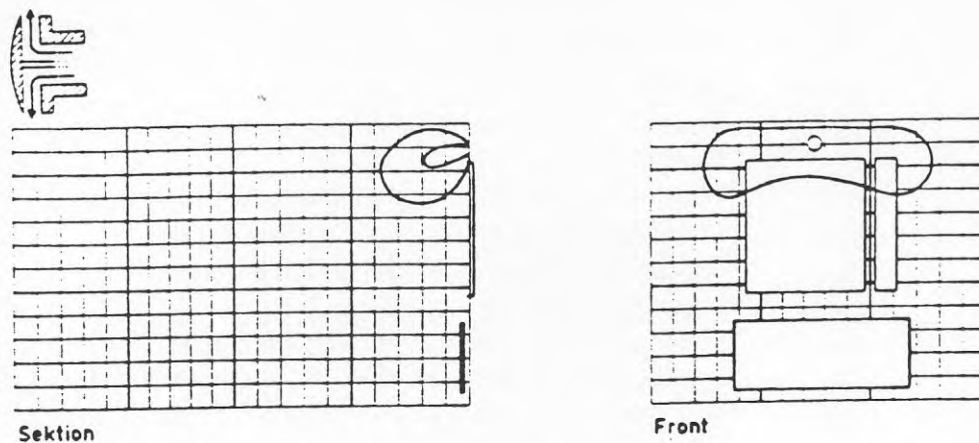
Bostadsföretagen har därför önskemål om att de boende själva skall kunna justera donet. Annars riskerar man att donen tejpas igen helt. Möjligheten för de boende att själva strypa bort tilluftsflödet medför ökad risk för otillräcklig ventilation i våtutrymmen. Dessutom ökar risken för bakdrag i frånluftskanaler och luktöverföring mellan lägenheter eftersom donens inställningar kommer att variera inom och mellan olika lägenheter.

Vid egenstyrd ventilation i bad eller kök minskar risken för otillräcklig ventilation men

problem med drag, luktöverföring och bakdrag kvarstår, speciellt vid forcering av ventilationsflödet.

Uteluftsventiler som är placerade ovanför fönstret kan vara svåra att reglera för äldre eller handikappade. Antagligen förblir dessa ventiler stängda, frisk luft tillförs rummet genom vädring eller via andra otätheter i ytterväggen

Studier av uteluftsdonens funktion har gjorts vid SIB. Meddelandet M78:19 "undersökningar av don för F- och S-system" visar på svårigheter att tillföra friskluft större än 4 l/s (vilket är BBR:s krav per sovplats i sovrum) vid utetemperaturer lägre än 0 °C. Av rapporten framgår att strömningsbilden varierar mycket med olika typer av don.



Figur 5.3 Strömningsbild hos ett tallriksliknande don vid  $30\text{m}^3/\text{h}$  ( $8,3\text{l/s}$ ) och utetemperatur  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ , Ref. (15)

Uteluftsdon med tallriksventil-liknande utseende och rund spridningsbild gav bästa testresultatet. Figur 5.3 visar spridningsbildens ytterkontur, där den tillförda luftens hastighet är  $0,15\text{ m/s}$  och dess temperatur blir lika med rumsluftens.

Tilluften pressas bakåt mot väggen och tappar snabbt fart.

För ett uteluftsdon typ springventil kommer luften att falla ned i vistelsezonen med högre hastighet än  $0,15\text{ m/s}$  vid utetemperaturer lägre än  $0\text{ }^\circ\text{C}$  se figur 5.4.

Ulf Krüger CTH har i en studie kommit fram till liknande resultat som SIB. Utredningen gäller att fastställa maximala luftflöden som kan tillföras genom olika dontyper vid olika utetemperaturer utan drag (lufthastigheter lägre än  $0,15\text{--}0,20\text{ m/s}$  och en vertikal temperaturdifferens lägre än  $3\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Omfattande mätningar av lufttemperaturer och lufthastigheter har utförts på laboratorium och i fält. Laborrietesterna visar att det trots relativt hög utetemperatur  $+10\text{ }^\circ\text{C}$  inte går att tillföra tilluftsflödet  $4\text{l/s}$  genom en springventil placerad ovanför fönstret utan att lufthastigheten överstiger  $0,20\text{ m/s}$ .

I fallet med springventilen placerad under fönstret uppmättes något lägre lufthastigheter, men på en lägre höjd ca  $0,6\text{ meter}$  över golv.

Uteluftsdon för luftintag bakom radiatorn (förvärmning av radiatorn) fungerade utan dragproblem sålänge luftflödet inte översteg  $10\text{ l/s}$

Fältmätningar som gjordes i sovrum visade att luftflöden större än  $3,5\text{ l/s}$  genom springventiler gav oacceptabla lufthastigheter i rummet sålänge utetemperaturer understeg  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .

En förutsättning för god funktion för denna dontyp är naturligtvis tillräcklig radiator-effekt både ur komfortsynpunkt och för att skydda radiatorm för sönderfrysning.

Satningar på ROT-marknaden innebär att en mängd inressanta uteluftsdon för närvarande är under utveckling.

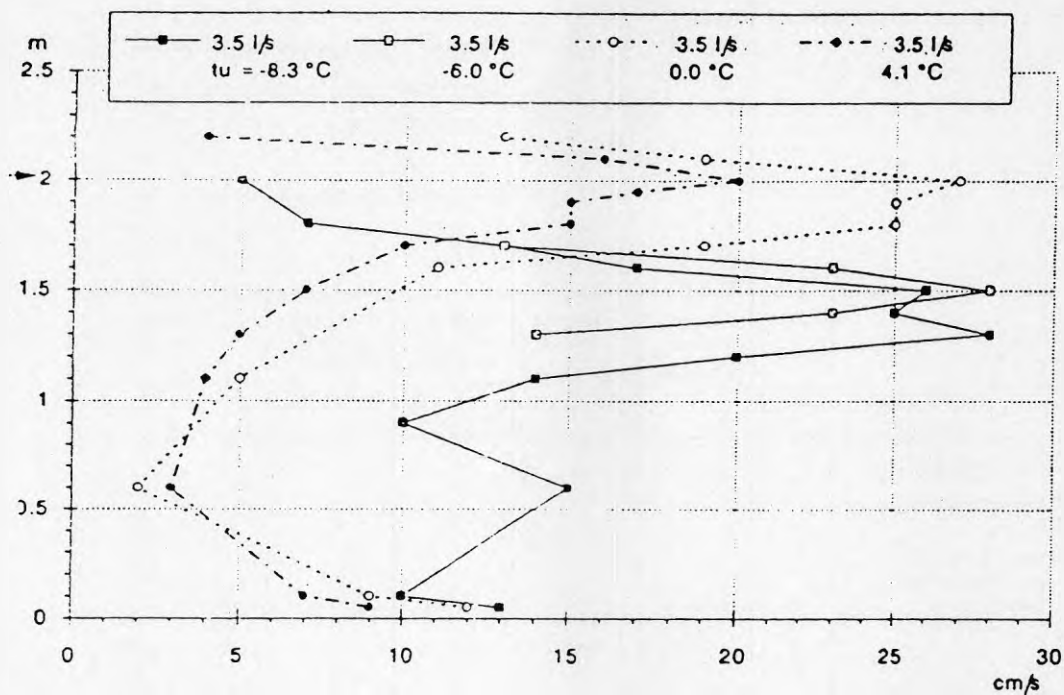


Fig 5.4 Lufthastighetsprofiler vid 3,5 l/s vid olika utetemperaturer.  
Ref. (7)

## 5.4 Renovering av ventilationskanaler

### 5.4.1 Läckage i äldre kanaler

Orsaken till otäta kanaler i äldre byggnader är oftast sprickbildning i fogar och skarvar.

Läckage i befintliga kanaler har ofta uppstått på grund av:

\* Otillfredställande skarvings- och fogningsmetoder.

\* Åldrade eller otäta material.

\* Skador som uppkommit i samband med transporten av kanaldelarna.

\* Felaktigt montage.

Kanaltyp	Antal prov	Lägsta värde $\text{m}^3/\text{h m}^2$	Högsta värde $\text{m}^3/\text{h m}^2$	Medelvärde vid 10 mm vp $\text{m}^3/\text{h m}^2$	Standardavvikelsen s $\text{m}^3/\text{h m}^2$	Anm.
<b>Vindkanaler.</b>						
Murade kanaler av tegel	9	7,6	26,0	17,9	6,3	Hus A
Murade kanaler av lättbetong (inmurade)	8	3,6	8,2	5,4	1,6	Hus B
"	10	9,2	44,5	19,8	12,4	Hus C
"	18	3,6	44,5	13,4	11,6	Hus B + C
"	13	3,6	11,1	7,2	2,7	13 bästa av 18 i hus B + C
Kanaler av eternit försänkta i valvet (omkringgjutna)	20	0,0	28,1	15,6	7,3	Hus D
Kanaler av eternit isolerade med glasull (överputsade)	6	18,6	33,1	25,9	5,1	Hus E
"	26	0,0	33,1	18,0	7,5	Hus D + E
<b>Vertikala kanaler.</b>						
Gjutna kanaler med exp. plätinnerform (glidformsgjutna)	12	0,0	3,2	1,16	1,0	Hus F
Murade kanaler av betongblock	13	5,9	27,2	10,9	6,4	Hus G
"	9	5,9	8,5	7,1	1,0	9 bästa av 13 i hus G
Eternitkanaler omkringgjutna med betong el. omkringmurade av tegel	12	0,5	7,7	3,6	2,7	Hus H
Plåtkanaler ej inputsade. Av betong prefabricerade våningshög element	17	16,2	13,2	10,6	1,8	Hus J

Tabell 5.2 Ventilationskanalers täthet vid 100 pa undertryck.

Undersökningar från Göteborg visar att speciellt murade kanaler har stort läckage, upp till  $40 \text{ m}^3/\text{m}^2$  invändig kanalarea. Ref. (20)

Läckage i skarvar är vanligast i äldre byggnader med kanaler av tegel, lättbetongelement, betong eller äldre plåtkanaler.

Moderna plåtkanaler, spirokanaler och rektangulära kanaler har god täthet i skarvarna. Dessa kanaler är utförda med fabriksmonterade skarvtätningar eller täta gejdskarvar.

Läckageflödet för de olika kanaltyperna beror av vilket undertryck kanalen utsätts för.

I ett kanalsystem med stora läckage blir energiförbrukningen högre än för ett tätt eftersom läckflödet tas från värmda utrymmen och inte inte nyttiggörs för ventilation. Detta har betydelse vid ombyggnad från självdrags- till frånluftsventilation då undertrycket ökar från ca 15 Pa till ca 50- 100 Pa.

#### 5.4.2 Tätning av äldre kanalsystem

Innan tätningsarbeten av ett kanalsystem görs bör en besiktning av kanalerna av skorstensfejarmästaren ske. Sotaren som efter avslutad renovering skall godkänna kanalerna har kunskaper om kanalernas tillstånd och kan lämna upplysningar om bla:

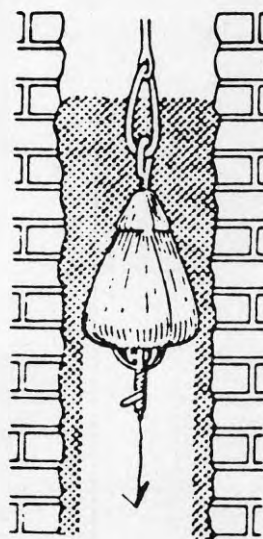
- \* Var hinder i kanalen finns
- \* Var rensluckor behövs

##### Plåtkanaler:

Tätning av skarvar kan göras med kitt både in- och utvändigt av kanalen. *Kittskarv* har stor motståndskraft mot mekanisk påverkan vid rensning, mögel mm. Däremot kan fetter i imkanaler ha en nedbrytande förmåga. Andra metoder är tätning med *ventilationstejp* och *pyroteknisk tätning*.

##### Murade och gjutna kanaler:

En mycket vanlig tätningsmetod för invändig tätning är "*Schädlermetoden*". Efter rengöring med lösningsmedel och styv krejs tätas kanalsidorna med specialbruk genom att en klocka dras uppåt i kanalen, samtidigt som bruk hålls på uppifrån. Proceduren upprepas tills önskad tjocklek erhållits.



Figur 5.5 Tätning av murad kanal enligt Schädlermetoden Ref.(2)

Metoden är speciellt lämplig för tätning av murade imkanaler och rökkanaler eftersom beläggningen inte är brännbar.

En annan vanlig tätningsmetod är att installera *böjliga metallrör* i befintliga murade kanaler.

Insatsrören som klarar höga temperaturer upp till 600 °C skarvas med skarvniplor och tätas med ventilationskitt.

Före installation måste de murade kanalerna rensas så att insatsröret får plats. Installationen är enkel. Rören matas ner uppifrån med hjälp av draglina.

Vid skarpa krökar måste ofta murkanalen öppnas så att inte röret fastnar. Håltagning krävs också vid anslutning till don där påstick behövs.

Installationröret minskar ventilationskanalens tvärsnittsytan vilket innebär högre tryckfall.

Rensningsbehovet med ett insatsrör kan öka på grund av klenare dimensioner och räfflad inneryta.

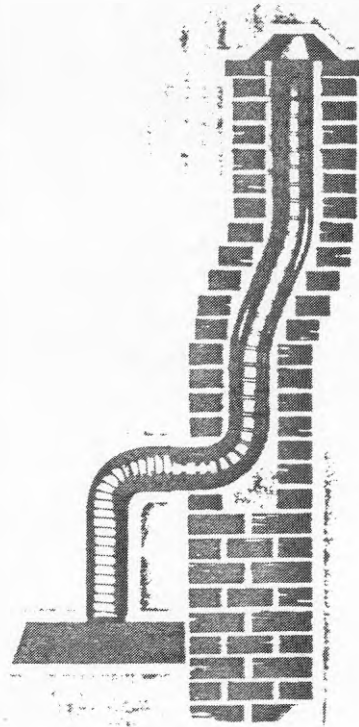


Fig 5.6 Tätning av självdragskanaler med böjliga insatsrör.

En ny patenterad metod för tätning av ventilationskanaler är tätning med *aluminiumfoder*, har på senare tid allt mer börjat användas. Metoden har fram till idag endast varit godkänd för renovering av kanaler utsatta för övertryck. Nyligen har en ny typ av aluminiumslang för undertryck testats på Statens Provningsanstalt. Provningsarna har omfattat täthetsprov vid undertryck och övertryck, tålighet mot undertryck i kanalen vid rensning med handragen stålviska.

Aluminiumslangen kan användas till alla typer av imkanaler men är inte tillämplig för rökkanaler från öppna spisar, kakelugnar e tc då fodret endast kortvarigt tål en temperatur av ca 150 °C utan att skadas. Vid tätning uppnås täthetsklass B eller C.

Efter besiktning av de befintliga ventilationskanalerna träs en ihopvikt aluminiumslang igenom kanalen med hjälp av lod och draglina. Slangens ena ände tätas, den andra änden ansluts till en luftkompressor. Luftkompressorn blåser upp slangen så att den trycks ut mot den befintliga kanalens insidor.

Håltagning i befintliga murade skorstenkanaler görs där rensluckor behövs eller där kanalen ändrar riktning mer än 45 grader. Vid krökar större 45 grader läggs böjar av spirorör in.

Anslutning till cirkulär kanal utföres med klämstos och till rektangulär kanal med ram av förzinkad eller rostfri stålplåt.

Efter montering provtryckes kanalen.

Skorstenstoppen regnskyddas med huv eftersom kanalen inte absorberar vatten.

Aluminiumstrumpans släta insida innebär att rensningen blir mjukare än tidigare och kan ske med svamp eller avfettningsmedel.

Den ihopvikta strumpan är lätt att trä igenom en befintlig ventilationskanal, bilning behövs sällan. Eftersom det tunna aluminiumfodret tar liten plats och appliceras mot kanalens insida kan största delen av den befintliga kanalens tvärsnittsytta bibehållas. Detta har stor betydelse för fläktens energiförbrukning. Motståndet i kanalen blir lågt.

### 5.5 Elanvändning för fläktdrift i äldre flerbostadshus

En studie av elåtgången i 110 ventilationsanläggningar "Eleffektiv ventilation i flerbostadshus" BFR nr 9004998-0 visar på en betydande elåtgång för de moderna systemen med värmeåtervinning och generellt låga totalverkningsgrader för samtliga system.

Vid jämförelse med kraven enligt nybyggnadsreglerna, lägsta standardnivå C i "Byggherrens guide för bostadsventilation" fås att inga av de uppmätta FX- eller FTX-systemen klarar kraven.

Dock är uppmätt elåtgång för rena F-fläktar med lägre tryckfall lägre än standardnivå C ca 0,9 kW/m<sup>3</sup>/s.

I nivå C anges följande elåtgångstal för olika system:

FTX-system, SFP=2,0 kW/m<sup>3</sup>/s  
F-system, SFP=1,0 kW/m<sup>3</sup>/s

Standardnivå C är en hög nivå. Åtgärder för att uppnå eleffektivare fläktar i bostadsventilation har visat på möjligheten att klara det specifika effektbehovet under SFP= 0,5 kW/m<sup>3</sup>/s.

*SFP (specific fan power) är eleffektbehovet per distribuerad m<sup>3</sup> luft per sekund, för både till- och frånluft tillsammans. Alltså summan av eleffekt för till- och frånluftsfläktar vanligen dividerat med frånluftsflödet.*

Uppmätt elåtgång kan också jämföras med de klasser som föreslås av Svenska inneklimatinstitutet för eleffektiv fläktdrift.

VAS 1500, SFP= 1500 W/m<sup>3</sup>/s  
VAS 2500, SFP= 2500 W/m<sup>3</sup>/s  
VAS 4000, SFP= 4000 W/m<sup>3</sup>/s

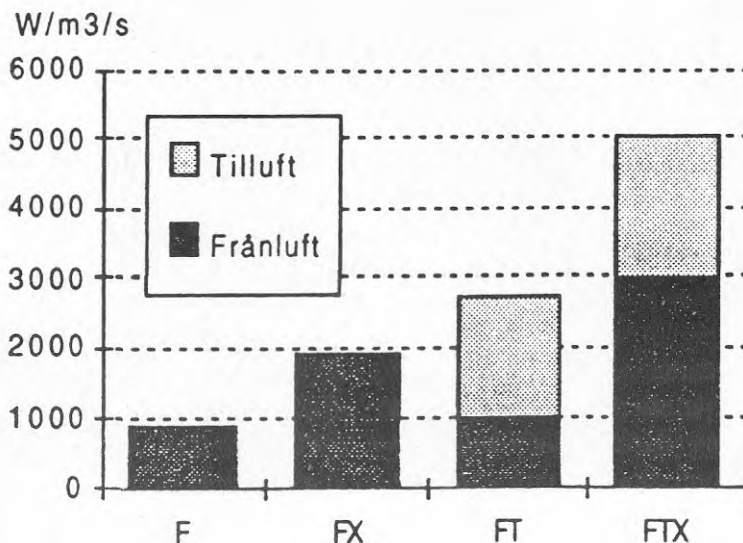


Fig 5.7 Specifik effektbehov efter systemtyp i 110 ventilationsanläggningar. Ref. (4)



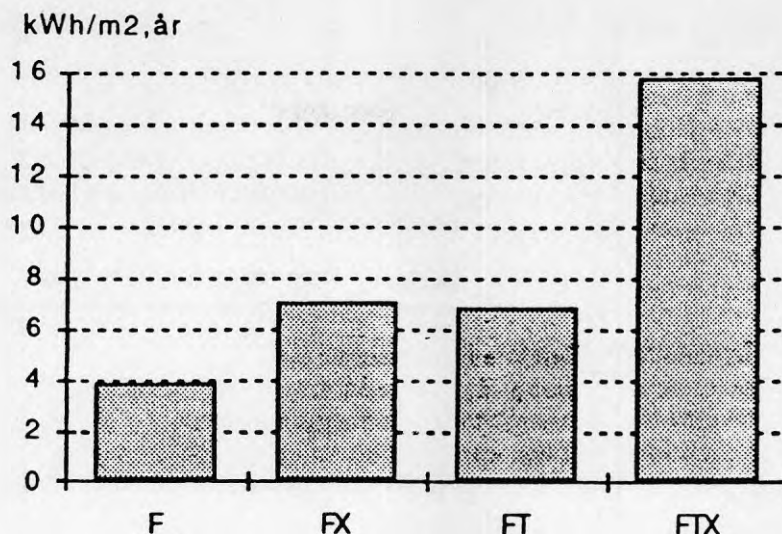


Fig 5.8 Elanvändning för ventilation i 110 ventilationsanläggningar, Ref. (4)

Om elåtgången i figur 5.7, för de olika systemen beräknas årsvis och fördelas på ventilerad yta fås figur 5.8.

Energianvändningen för FTX-system är betydande, nästan i storlek med hushålls-elförbrukningen. I jämförelse med energiförbrukningen till uppvärmning i ett äldre flerbostadshus är dock elenergianvändningen för fläktdrift i F-systemen försumbar. I ett äldre flerbostadshus med F-ventilation är kostnaden för fläktel mellan ca 2000 och 6000 kr per år.

Åtgärder för att minska drivelen i befintliga frånluftssystem är framförallt intressant när flera fläktar måste bytas ut pga uttjänt livslängd, ombyggnad för annat flödesbehov etc.

Energikostnadens andel av livstidskostnaden för en fläkt är trots allt ca 90 %.

Genomsnittlig totalverkningsgrad för de undersökta systemen är ca 20 % dvs endast en femtedel av tillförd elenergi till fläktmotorn nyttiggörs för lufttransport. För individuella fläktar blir totalverkningsgraden ännu lägre, ca 7 %.

Den specifika elåtgången (SFP) påverkas av systemets tryckfall och installationernas totalverkningsgrad. Tryckfallet påverkas av systemutformning och dimensionering av kanaler, don etc. Totalverkningsgraden för en remdriven fläkt beror av systemets delverkningsgrader för elmotorn, fläkten och remväxeln. Andra faktorer som kan ha stor påverkan är nedsmutsade fläkthjul, excentriskt monterade remskivor etc.

## 5.6 Förluster vid fläktdrift.

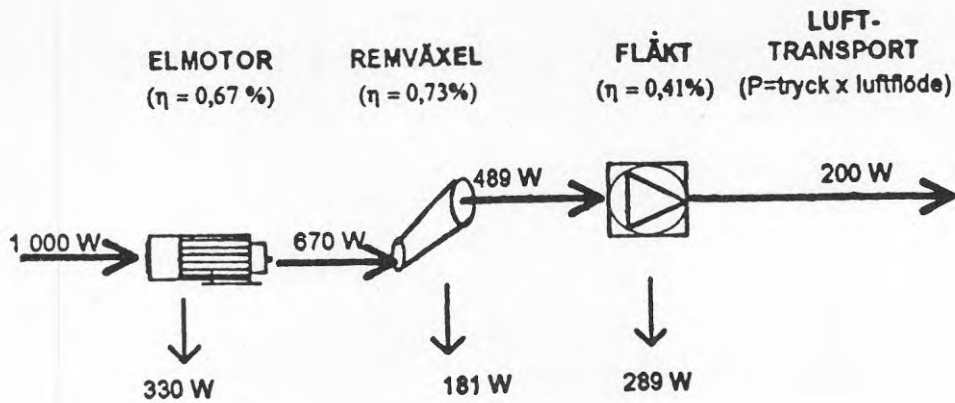


Fig 5.9 Exempel på elanvändning för ett aggregat med 20 % totalverkningsgrad.

Förlusterna i fläktaggregat kan fördela sig enligt fig 5.9.

Några definitioner:

Totalverkningsgraden  $\eta_{tot}$  beräknas som förhållandet mellan den av fläkten nyttiggjorda energin för lufttransport och tillförd eleenergi till fläktemotorn.

$$\eta_{tot} = P_d * Q / P_{el} * 100 \% \text{ där}$$

$P_d$  är statiskt totaltryck

$Q$  är totalluftflöde

$P_{el}$  är elmotorns effektkrav

Eftersom den totala elåtgången för ett aggregat vid ett givet tryck och flöde beror av de olika aggregatdelarnas förluster kan totalverkningsgraden vid remdrift skrivas som:

$$\eta_{tot} = \eta_m * \eta_r * \eta_f \text{ där}$$

$\eta_m$  är elmotorns verkningsgrad

$\eta_r$  är remdriftens verkningsgrad

$\eta_f$  är fläktens verkningsgrad

Eftersom sambandet mellan de olika parametrar som påverkar elåtgången vid fläktdrift är komplicerad måste systemet noggrant analyseras.

En viktig del av bedömningen av åtgärder för att uppnå el-effektivare ventilation vid verkligt flödesbehov är mätningar av luftflöde, ventilationssystemets statiska tryckuppsättning och eleffektbehov. Dessutom behövs uppgifter på driftdata och fabrikantdata för fläktar och elmotorer. Fabrikaternas redovisning för olika komponenter är dock ofta bristfällig i äldre anläggningar.

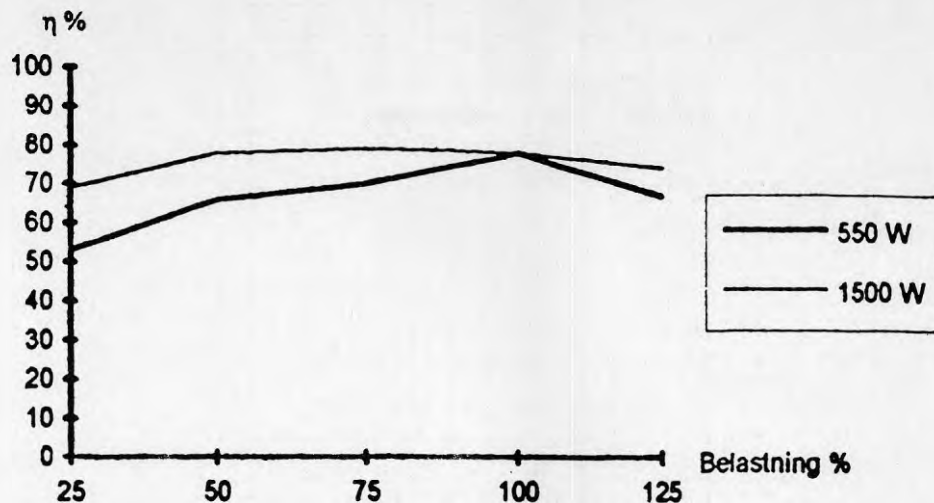


Fig 5.10 Motorverkningsgrad för 550 W resp 1500 W standardmotor, 4-poler, 1500 r/min vid olika belastningar, ur katalogdata.

### 5.6.1 fläktmorns förluster

Elmotorns verkningsgrad kan beräknas utifrån uppmätt el-effekt till fläktmotorn och ur fabrikantdata. Motorns belastning  $B$ , beräknas genom passningsberäkning som uppmätt eleffekt multiplicerat med elmotorns verkningsgrad dividerad med motorns märkeffekt enligt:

$$B = \frac{P_{el} * \eta_m}{P_{axel} / P_{märk}}$$

där  $P_{axel}$  är elmotorns axel-effekt och  $P_{märk}$  är motorns märkeffekt.

Motorns verkningsgrad fås ur fabrikantdata vid aktuell belastning.

Fig 5.10 visar att mindre elmotorer har betydligt lägre verkningsgrad än större elmotorer vid låga belastningar (normalt 15-30 % förluster)

För motorer över 1,1 kW märkeffekt påverkas verkningsgraden endast marginellt så länge belastningen är 50 % eller mer. För mindre motorer sjunker verkningsgraden direkt när motorn inte är fullt belastad.

### 5.6.8 Remväxels förluster

Remförluster är ej möjliga att mäta med konventionella instrument.

Verkningsgraden ökar med axel-effekten, men beror också på remskivornas montage, remmens utformning etc (se figur 5.11).

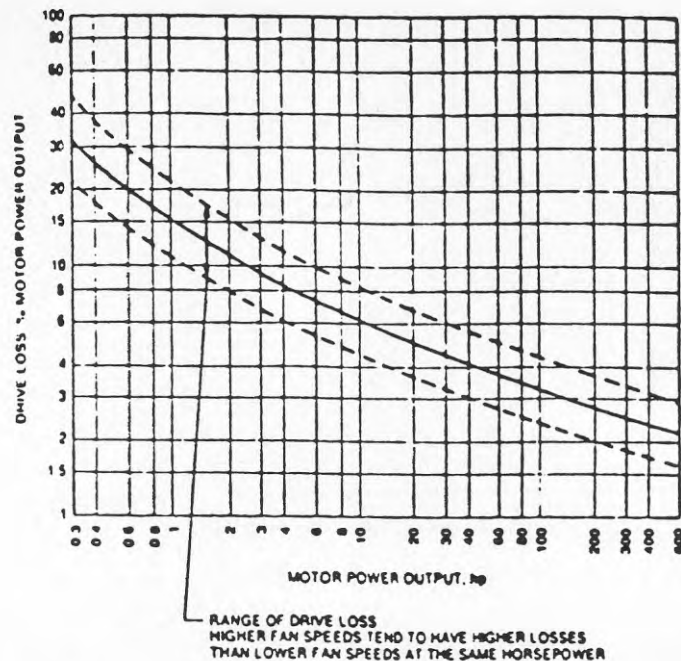


Fig 5.11 Uppskattade remförluster i förhållande till elmotorns axeleffekt. 1 hp= 0,746 kW. Ref.( 8)

### 5.6.3 Fläktens förluster

Fläktförluster beräknas utifrån verkningsgrad enligt fläkt-diagram.

En fläkt med bakåtböjda skovlar har normalt högre verkningsgrad än en fläkt med framåtböjda skovlar. Maximal teoretisk verkningsgrad för bakåtböjda fläktar är ca 85 % och för framåtböjda ca 70 %.

Fördelen med framåtböjda fläktar jämfört med bakåtböjda är framförallt mindre installationsmått. Fläktar med bakåtböjda skovlar har lägre underhållskostnader då dessa är lättare att rengöra.

I system med forceringsmöjligheter i kök eller bad, används i äldre anläggningar genomgående fläktar med framåtböjda skovlar med flacka fläktkurvor.

Skall B-hjul väljas i stället för att upprätthålla systemtrycket vid forcering krävs någon form av varvtalsreglering.

I studien av de 110 ventilationsanläggningarna gjordes kontinuerliga mätningar på fem FX-system med varvtalsreglering i två bostadsområden under en vecka. Mätresultatet visade att trots forcering i lägenheterna påverkades inte huvudflödet mer än högst 5 % över dygnet. Orsaken är sannolikt att förändringen av tryckfall över lägenheternas forceringsdon inte någon nämnvärd grad påverkar systemets tryck fram till tryckgivaren. Forceringsluften hämtades alltså genom omfördelning från övriga lägenheter.

Mot denna bakgrund är det meningslöst att dimensionera fläkten för ett stort sammanlagrat luftflöde om systemet med sina tryckförluster ändå omfördelar luften och inte "släpper fram" tryckändringen till tryckgivaren före fläkten.

#### 5.6.4 Övriga förluster

De verkliga förlusterna i ett ventilationssystem är ofta högre än de teoretiskt beräknade förlusterna, utifrån fabrikantdata. Fabrikantdata gäller under ideala förhållanden i laboratorium. Systemeffekter uppstår vid olämplig utformning av kanalanslutningar till aggregat, luftrotation i fläktinloppet, ojämn hastighetsprofil i fläktinlopp och fläktutlopp.

#### 5.7 Direkt drift

Direkt drift eliminerar remförluster och minskar kostnaden för underhåll och rebyten. En stor fördel med direkt drift är också att möjligheten till varvtalsreglering förenklar injustering av flödet.

I småhus är spänningsreglering den dominerande tekniken för varvtalsreglering av fläktar.

Reglerutrustning för spänningsreglering är relativt billig i inköp och okomplicerad att sköta. Vid nedreglering av varvtalet fås förluster genom att eftersläpningen ökar. Motorns verkningsgrad försämras då kraftigt. Den alstrade värmen i elmotorn måste kylas bort. Förlusten ökar i proportion till hur varvtalet regleras ned.

Med ytterrotormotorer i direkt-drivna fläktar placeras rotorn i fläktinloppet vilket innebär att rotorn blir effektivt kyld.

Placering av rotorn i fläktinloppet kan störa luftströmmen och medföra att fläkten får lägre totalverkningsgrad än om den satt utanför motorn.

Frekvensreglering ger mindre förluster än vid spänningsreglering vid nedreglering, normalt endast 5 - 10 %. Dock kan totalverkningsgraden för både elmotor och omriktare bli låg vid låg last. Låg last försämrar som bekant elmotorns verkningsgrad (se figur 5.12).

Tekniken är ofta dyrare i inköp än reglerutrustning för spänningsreglering men kostnadsnivån sjunker snabbt i och med att tekniken utvecklas. Nu har motorer med integrerade frekvensomformare tagits fram för fläkt drift.

Vid varvtalsreglering kan övertonsströmmar genereras, problem med störningar på egna eller andras abonnenters elnät kan uppstå. Kablaget mellan omformare och motor måste vara skärmat och jordat för att inte ge radiostörningar. Dessutom finns filter för att ta bort störningar. Dessa filter ökar kostnaden för utrustningen.

## TOTALVERKNINGSGRAD: OMRIKTARE OCH MOTOR I FLÅKTDRIFT

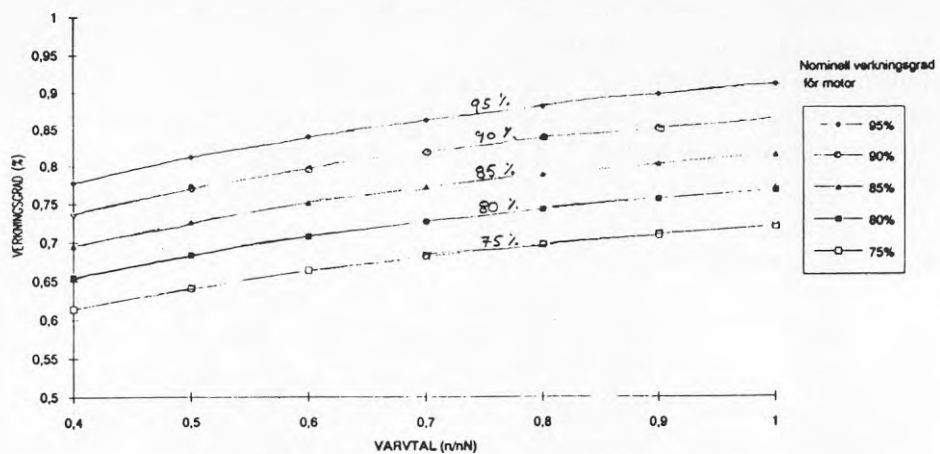


Fig 6.14 Totalverkningsgrad för omriktare och motor enl. mätning av AAB industrial systems.

Fig 5.12 Totalverkningsgrad för omriktare och motor enl. mätning av AAB industrial systems.

## 6. KLIMAT- OCH KOMFORTMÄTNINGAR- ÖVERSIKT

### 6.1 Allmänt

Inneklimatet har betydelse för människors komfort, trivsel och prestationsförmåga. Det termiska inneklimatet påverkas av flera olika faktorer som lufttemperatur, luftfuktighet, lufthastighet od. Klimatupplevelsen beror inte endast av inneklimatet utan också av vilka aktiviteter människan utför och av vilken klädsel hon bär.

Mätningar av tex lufttemperatur, yttemperatur, fukthalter, föroreningar i ineluften etc ger också värdefulla kunskaper för att komma till rätta med problem som har med byggnadens konstruktion och energiförbrukning att göra.

Mätning av yttemperatur kan vara ett sätt att lokalisera köldbryggor, minska risken för kondensation och därmed begränsa mögel och fuktskador.

### 6.2 Temperaturmätning

Kontroll av luftrörelser i rummet ndikerar kortslutningar i ventilationen eller felaktiga tryckförhållanden inom lägenheten. Ett badrum kan tex vara dåligt ventilerat trots att det låter om frånluftsdonet, eftersom luften kan ta fel väg. Högre luftomsättning behöver inte medföra bättre ventilation.

I detta kapitel beskrivs kortfattat några "enkla" mätmetoder av de olika klimatparametrar som redovisas utifrån boendekrav och förvaltarkrav i Ventilationsguiden.



Figur 6.1 Elektrisk temperaturmätare

#### 6.2.1 Lufttemperatur i rum:

Lufttemperaturen i ett rum bör mätas i flera punkter vertikalt 0,1-1,7 meter över golv i vistelsezonen. Enkla strålningskyddade termometrar ger tillräcklig noggrannhet.

Elektriska termometrar, sk termoelement är lämpliga om mätningen skall ske under längre period och lagras. Inställningstiden måste vara kort.

För motståndstermometer blir avläsningstiden ca 1-3 minuter, för kvicksilvertermometrar längre, upp till 10 minuter.

Det är viktigt att tänka på att:

- \* *Termometerens känselkropp skall avskärmas från strålning från sol och omgivande ytor som fönster eller radiator. Om inte känselkroppen kan avskärmas skall man undvika att mäta för nära kalla eller varma ytor, i dragiga eller solbelysta områden. Avskärmningen skall utföras så att den inte stör luftströmmen kring känselkroppen.*
- \* *Om flera termometrar används skall dessa jämföras mot varandra. Termometrarna skall regelbundet kontrolleras mot en känd temperatur, tex i isbad.*

### 6.2.2 Operativ temperatur

Operativ temperatur kan beräknas efter uppmätning av lufttemperatur och yttemperaturer i rummet eller genom mätning direkt med globtermometer.

### 6.2.3 Temperaturgradient

Mätning sker i ett plan med vanlig termometer i ett plan på 0,1- 0,8 och 1.1 meter övergolv.

### 6.2.4 Lufttemperatur i kanal

Då temperaturskiktningar kan uppstå, speciellt efter uteluftsintag eller efter aggregat måste mätning av lufttemperatur i kanal ske i flera punkter över kanalens tvärsnittsytta.

Mätningen utförs enklast med elektrisk termometer.

### 6.2.5 Yttemperatur

Yttemperaturer mäts enkelt med elektrisk snabbtermometer med anslutningsgivare anpassade för plan eller buktig yta.

Andra sätt är att mäta med IR-kamera eller IR-termometer som mäter värmestrålningen från ytan.

Det är viktigt att tänka på att:

- \* *Instrumentets inställningstid måste vara tillräckligt lång för att avlästa värden blir stabila.*
- \* *Kontakten mellan givar-element och yta måste vara god. Givaren får ej beröras eller flyttas under mätfallet så att inte kroppsvärme eller friktionsvärme påverkar mätningens resultat.*
- \* *Mätning med IR-kamera skall göras vinkelrätt mot ytan. Avståndet får inte vara för stort. Hänsyn skall tas till ytans strålningsegenskaper och emissionstal.*



## 6.3 Mätning av Lufthastighet

### 6.3.1 Lufthastigheter i rum

Luft rörelser i rum och tryckskillnader mellan rum kan enkelt studeras med hjälp av rök från rökflaska eller rökgenerator. Rökens förflyttning ger besked om kallras, stillastående luft, kortslutning etc.

Kortslutning mellan till- och frånluftsdon kontrolleras genom att rök tillförs i tillluftsdonet.

Genom att tillföra rök i dörröppningen kan luftströmningen mellan två rum studeras.

Vanligtvis används en varmtrådsanemometer för mätning av lufthastigheten.

Instrumentet skall kunna mäta luftflödet i alla riktningar. Vid mätning av låga lufthastigheter kan anemometer av roterande typ användas.

Lämpligt mätområde är 0.05-1 m/s. Inställningstiden bör inte överstiga 1 sekund så att toppvärden, avvikelse från medelhastigheten registreras.

Vid noggrannare mätningar behöver lufthastighetens avvikelse från medelhastigheten mätas. En vanlig varmtrådsanemometer klarar inte att mäta och beräkna standardavvikelsen. Instrumentet måste kopplas till en analysdel som integrerar de uppmätta lufthastigheterna under korta mätintervall och räknar fram medelvärde och standardavvikelse.

### 6.3.2 Ventilationsflöden i kanaler och don

#### Ventilationsflöden i kanaler:

Nordiska ventilationsgruppen (NVG) har utarbetat inom de nordiska länderna för mätning av luftflöden vilka sammanställts i skriften T32:1982, reviderad utgåva 1993.

I T32:1982 rekommenderas framförallt metoderna:

- \* *Mätning med prandtlrör*
- \* *Mätning med fast mät don eller strypfläns*
- \* *Mätning med spårgas*

Med rekommenderade metoder menas mätmetoder med metodfel mindre än 10%.



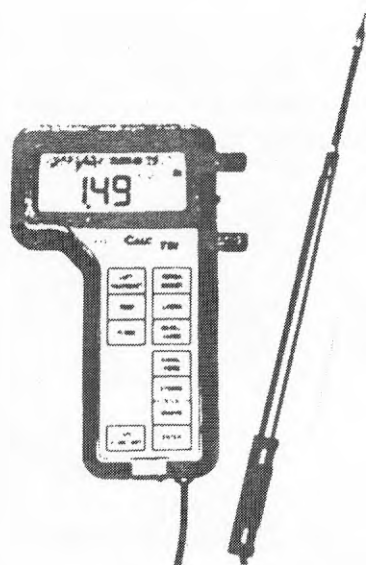
Figur 6.2 Prandtlrörsmätning

Prandtlrörsmätning kräver ostört mätsnitt, dvs tillräckliga avstånd till störningar och mätning av dynamiskt tryck måste ske i flera punkter över tvärsnittets yta. Dynamiskt tryck avläses med mickromanometer.

Mätinstrumenten dvs prandlröret och mickromanometer är billiga i inköp men mätmetoden kan vara tidskrävande. I kanalsystem med otillräckliga raksträckor eller små luftflöden ger metoden mätvärden av låg onoggrannhet.

I dag används ofta varmtrådsanemometer istället för prandlrör vid bestämning av lufthastighet i ventilationskanaler. Mätning med varmtrådsanemometer är mindre tidskrävande än prandlrörs-mätning. För att inte erhålla ett för högt mätfel ( större än 10 %) är det viktigt att mätsonden är smal och att anemometern kalibreras vid den temperatur i kanalen som råder vid mät-tillfället.

Samma mätmetod, A1 som vid prandlrörs-mätning gäller.



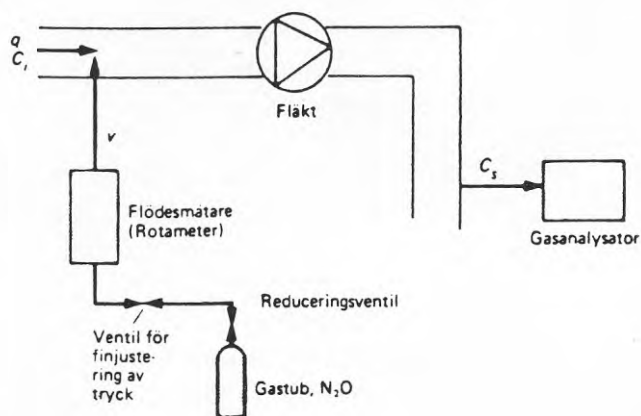
Figur 6.3 varmtrådsanemometer typ lufthastighets-mätare.

Ett fast mätdon är avsett för fast installation. En vanlig typ, mät-korsröret består av två rör ställda i kors. Rören för mätning av totaltryck är försedda med hål riktade mot luftriktningen.

Uppmätt tryckskillnad används för att avläsa flödet i diagram från tillverkaren.

Spårgasmätning för bestämning av luftflöde är en relativt snabb metod men utrustningen är dyr. Till skillnad från andra metoder är det en fördel om störningar i kanalsystemet existerar.

Metoden bygger på att ett känt spårgasflöde injiceras i ventila-tionskanalen. Efter ombland-ning med ventilationsluften vilket lättare sker om spjäll, filter, avstick etc. finns i luftvägen mäts spårgas-koncentrationen med en gasan-alsator. Förhållandet mellan injicerat spårgasflöde och upp-mätt spårgaskoncentration är ett mått på luftflödet.



Figur 6.4 Principskiss för mät-uppställning vid mät-ning av luftflöde med spårgas. Ref. (31)

### Mätning av frånluftsflöden.

Luftflödet genom ett frånluftsdon kan mätas med en stofsörsedd varmtråds- eller vinghjulsanemometer. Mätstosen som innehåller varmtrådsanemometerns givare placeras över frånluftsdonet och lufthastigheten avläses.

Mätstosar pasande till olika fabrikat av varmtrådsanemometrar finns i handeln.

På senare tid har även så kallade luftflödesmätare, stos med fast installerad flödesgivare blivit vanliga. Instrumentet måste kalibreras tillsammans med det don som används. Dessutom skall uppmätt luftflöde korrigeras för tryckfallet över stosen. Kalibreringskurva medföljer instrumentet.



Fig 6.5 Mätning av frånluftsflöde med stofsörsedd anemometer

Andra metoder för mätning av frånluftsflöde genom frånluftsdon som beskrivs i T32:1983 är:

- \* *Mätning av lufthastigheten i fyra punkter med varmtrådsanemometer (metod B1)*
- \* *Tryckfallsmätning med sond (metod B21)*
- \* *Tryckfallsmätning med fast mätuttag (metod B22)*
- \* *Mätning med vinghjulsanemometer på intags-galler (metod B5)*

### Mätning av tilluftsflöden.

Mätning av luftflöde genom tilluftsdon kan på liknande sätt som vid mätning på frånluftdon utföras med stofsörsedd varmtråds- eller vinghjulsanemometer. För att mätning av lufthastigheten skall ske i en jämn mätprofil måste mätstosen förlängas minst tre gånger den hydrauliska diametern.

Mätinstrumentet skall vara kalibrerat med aktuellt don.

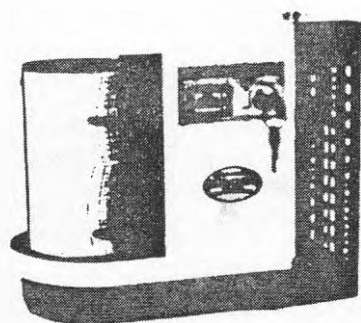
Ett annat sätt att mäta tilluftsflödet genom don är att använda sig av en mätpåse med en bestämd volym, monterad på en ram som placeras över donet. Genom att mäta tiden det tar att fylla påsen till ett visst övertryck kan luftflödet beräknas.

## 6.4 Mätning av luftfuktighet

Luftens maximala innehåll av vattenånga ökar med luftens temperatur.

Nu finns det portabla mätinstrument för mätning av temperatur och fukt. Dessa har allt mer ersatt slungpsykrometrar och hårhygrometrar.

Hygrometern (termohydrograf) lämpar sig då man vill göra långtidsmätningar. Mätvärdena ritas ut på diagramrullar.



Figur 6.6 Termohydrograf. Bättre noggrannhet fås med en slungpsykometer.

Psykometern består av en våt och en torr termometer. När hygrometern "snurrar", avdunstar vatten från den våta termotern. Vid avdunstningen blir den våta termometerens temperatur lägre än den torra.

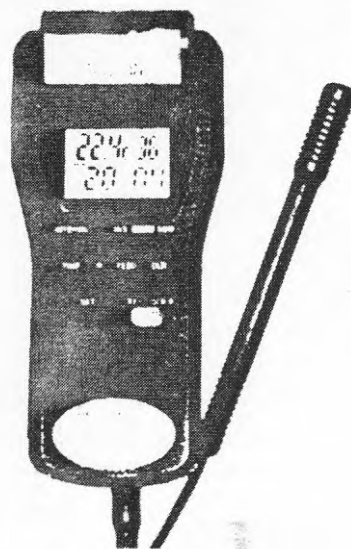
Temperaturskillnaden mellan termometrarna är ett mått på den relativa fuktigheten, kan avläsas i tabell.

Portabla elektriska fukt-mättningsinstrument för mätning av relativ fukthalt och lufttemperatur har allt mer kommit att ersätta psykrometern och hygrometern.

Den relativa fuktigheten beräknas som förhållandet mellan uppmätt fukthalt i luften och maximal fukthalt luften kan innehålla vid mättillfället.

Vid mätning av luftfuktighet är det viktigt att tänka på att:

- \* Mät inte i områden med drag (eller i så fall avskärma givaren) eller i närheten till strålande ytor, tex radiatorer, lysrör och fönster.
- \* Mät under tillräcklig lång tid så att mätvärdena blir stabila.



Figur 6.7 Portabel termohygrometer

## 6.5 Mätning av specifikt luftflöde, luftutbyteseffektivitet

Specifikt luftflöde är ett mått på tilluftsflödets storlek och beräknas som  $n = q/v$  ( $m^3/h/m^3$  eller  $\text{rumsvolym/h}$ ). Tidigare angavs det specifika flödet som luftomsättningar i sorten ggr/h. Detta var missvisande eftersom sorten ggr/h ger intrycket av att luften byts ut så många gånger per timme.

Den vanligaste metoden att bestämma specifikt luftflöde i en byggnad är att mäta tilluftsflöden genom don. Nackdelen med metoden är att den är tidskrävande och tar ej hänsyn till återluftsandelen eller ofrivillig ventilation genom klimatskärmen.

Med noggrannare metoder med spårgasmätning mäts även den ofrivilliga ventilationen.

Tre metoder finns:

- 1) *Avklingningsmetoden*
- 2) *Konstantflödesmetoden*
- 3) *Konstant koncentrationsmetoden*

Av dessa metoder är avklingningsmetoden den vanligast förekommande metoden.

Principen för metoden är att en bestämd koncentration spårgas tex  $N_2O$  blandas ut i rummets luft. För att erhålla fullständig omblandning, dvs samma spårgaskoncentration överallt i rumsluften används fläktar för att blanda om luften. Efter att ha stängt av tillförseln av spårgas mäts spårgaskoncentrationen i luften som en funktion av tiden med gasanalysator.

Hur snabbt gaskoncentrationen sjunker är ett mått på tillförd tilluft till lägenheten.

Spårgas kan också användas för att kartlägga hur luftföroreningar sprids mellan lägenheter. Spårgas tillsätts i rum där luftföroreningar misstänks läcka ut till omgivande lägenheter genom rör genomföringar, sprickor i skorstenstock, via trapphus etc.

Läckagets spridningväg och storlek kontrolleras genom mätning av spårgaskoncentrationen i "problemrummen".

*Det specifika luftflödet är endast ett mått på hur mycket luft som strömmar genom rummet och inte hur effektivt rummet ventileras. I ett dåligt ventilerat rum kan tex tilluften strömma direkt till frånluftsdonet utan att ventilera rummet, så kallad kortslutning uppstår.*

*Luftutbyteseffektiviteten är ett mått på hur effektivt ventilationssystemet utnyttjar tilluften för att byta ut rumsluften. Man också säga att luftutbyteseffektiviteten är mått på den tid det tar att byta ut all luft i hela rummet i förhållande till den teoretiskt kortaste utbytestiden.*

Eftersom rumsluft består av luft av olika ålder, tex har uteluft som just tillförts rummet en låg ålder jämfört med annan rumsluft, är det viktigt att bestämma rumsluftens åldersfördelning.

Luftens medelålder kan antingen vara lokal medelålder eller medelålder i rummet.

**Lokal medelålder** är luftens medelålder i aktuellt område  $\tau$ , dvs den tid det tar för luften att komma fram till ifrågavarande område.

Lokal medelålder kan bestämmas med avklingningsmetoden men med avstängda blandningsfläktar efter att likformig utblandning av spårgas i rummet erhållits.

**Luftens medelålder i rummet** är den tid det tillförda ventilationsflödet i medeltal uppehåller sig i rummet. Luftens medelålder i rummet bestäms genom mätning i frånluften.

**Luftutbyteseffektiviteten  $\epsilon_a$**  beräknas enligt:

$$\epsilon_a = \tau_n / 2 * \tau * 100\% =$$

$$\tau_n / \tau_r * 100\%$$

Den nominella tidsfaktorn  $\tau_n$  är den tid den tillförda ventilationsluften i medel uppehåller sig i rummet.

$\tau_n$  är samtidigt den teoretiskt kortaste utbytestiden för luften i rummet och beräknas som rummets volym dividerat med tilluftsflödet, alltså:

$$\tau_n = v / q \text{ h}$$

Man kan teoretiskt visa att den tid det tar i medeltal för att byta ut hela rumsluften,

**luftutbytestiden  $\tau_r$**  motsvarar dubbla medelåldern för all luft i rummet,

$$\text{alltså } \tau_r = 2 * \tau$$

På grund av hinder i form av möbler eller annat i rummet kommer dock inte all luft att vara utbytt efter utbytestiden. Vid utbytestiden kvarstår ca 14% av ursprunglig luft i rummet.

Medelåldern beror av hur luften strömmar genom rummet.

Lägst medelålder och därmed kortast luftutbytestid erhålls vid kolvströmning, ett idealt fall som i praktiken aldrig uppstår.

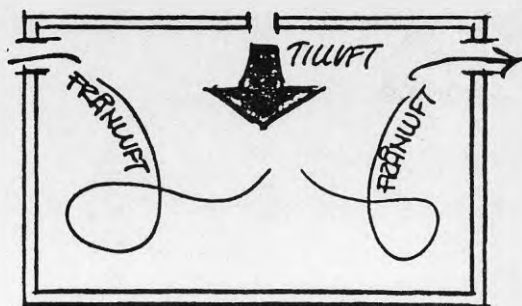


Fig 6.8 Ombländande ventilation

Vid fullständig ombländning blir luftens medelålder dubbelt så hög som vid kolvströmning. Effektiviteten beror främst på tilluftstemperatur i förhållande till rumstemperatur, lokalhöjd och donplacering.

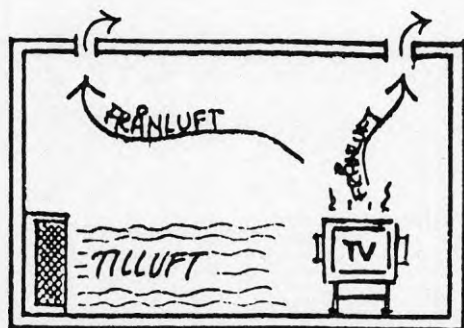


Fig 6.9 Deplacerande ventilation

Den deplacerande ventilationen som påminner om kolvströmning har normalt bättre luftutbyteseffektivitet än ombländande ventilation.

Vid ombländande ventilation kan större värmelaster kylas. Ombländande ventilation ger lägre temperaturskillnader i rummet, men risken för nedslag av kall luft i vistelsezonen ökar.

Ett approximativt mått på luftutbyteseffektiviteten kan beräknas som förhållandet mellan lutningarna av avklingningskurvan utan ombländning och med ombländning enligt:

$$\epsilon_a = \lambda_{uf} / 2 * \lambda_{mf} * 100\%$$

$\lambda_{uf}$  = Lutningen utan påtvingad ombländning

$\lambda_{mf}$  = Lutningen med påtvingad ombländning (blandningsfläktar eller liknande)

Se figur 6.10

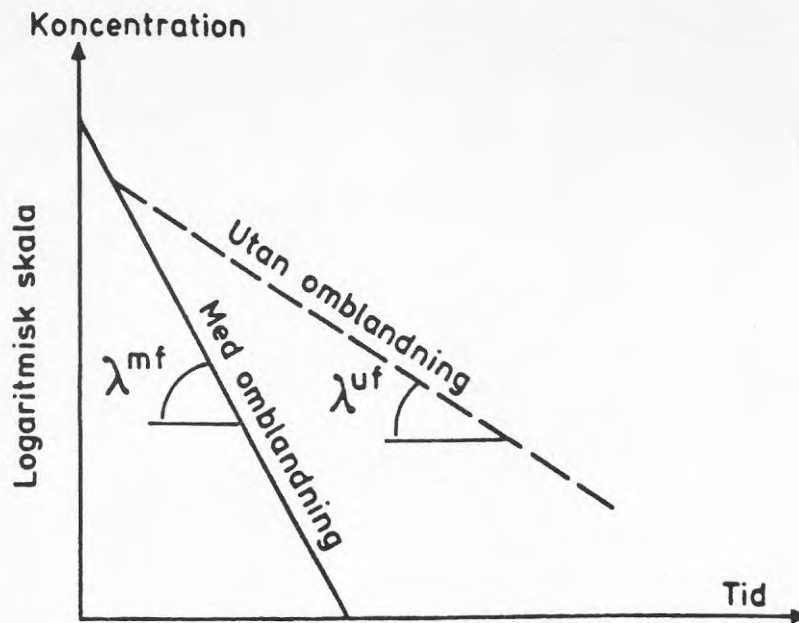


Fig 6.10 Approximativ beräkning av luftutbyteseffektiviteten  
Ref. (29)



## Normer och referenslitteratur

- (1) **VVS-Handboken,, Förlags AB VVS, 1963**
- (2) **Ombyggnadsteknik, institutionen för byggnadsteknik, KTH 1980**
- (3) **Upplevt inneklimat i Stockholms bostadsbestånd, USK 1992**
- (4) **Eleffektiv ventilation i flerbostadshus, BFR anslag 9004498-0**
- (5) **BFR studie, anslag 910916-7**
- (6) **Konferensrapport 1992, Hus och ventilation vid ombyggnad "natur och teknik i samverkan" L Eriksson**
- (7) **Laboratory tests and field measurements of air velocities in residential buildings, U Kruger, CTH 1992**
- (8) **Energiekonomi, val av fläktar och kanalutformning, Document D10:1991,CTH**
- (9) **Nybyggnadsregler 1**  
Föreskrifter och allmänna råd, Boverkets författningssamling:  
BFS 1988:18, NR 1 med tillägg  
BFS 1988:28, NR 2  
BFS 1988:38, NR 3
- (10) **Klassindelade inneklimatsystem.**  
Riktlinjer R 1 - Projektering och upphandling  
Svenska inneklimatinstitutet, 1990
- (11) **Klassindelade inneklimatsystem.**  
Riktlinjer A 1 - Projektering och upphandling  
Svenska inneklimatinstitutet, 1991
- (12) **Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus**  
Studier av ventilationssystem  
Byggeforskningsrådet, T18:1989
- (13) **Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus, del 1**  
Statens institut för byggnadsforskning, meddelande: M85:9

- (14) **Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus, del 2**  
Från S- till F-system  
Statens institut för byggnadsforskning, meddelande: M12
- (15) **Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus, del 3**  
Statens institut för byggnadsforskning, meddelande: M:21
- (16) **Fläktförstärkt och styrd självdragsventilation**  
En förstudie  
Byggeforskningsrådet R7:1990
- (17) **Kontrollerad naturlig ventilation med värmeåtervinning**  
Utvärdering av ett experimentbyggnadsprojekt  
Byggeforskningsrådet R66:1988
- (18) **Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning**  
Byggeforskningsrådet R67: 1986
- (19) **Ventilationstekniska lösningar i ombyggda flerbostadshus, del 2**  
Från S- till F-system  
Statens institut för byggnadsforskning, meddelande: M12
- (20) **Ventilation i 3-vån. lamellhus**  
Teknisk - ekonomisk utredning  
Handlingar nr 3, Svenska Riksbyggen, Stockholm
- (21) **Värderingsmall för olika ventilationstekniska lösningar**  
Problemanalys och checklista  
Byggeforskningsrådet, R62:1985
- (22) **Självdragsventilation, ombyggnadsåtgärder**  
SABO, Svensk byggtjänst
- (23) **Självdragsventilation, förbättringsåtgärder**  
SABO, Svensk byggtjänst
- (24) **Det tysta huset**  
Byggeforskningsrådet, T9:1991
- (25) **Buller och ljudisolering**  
Begreppsförklaringar, krav och standarder  
Byggeforskningsrådet, T17:1991

- (26) **Tätning av ventilationskanaler i byggnader**  
Byggeforskningsrådet, R7:1983
- (27) **Räkna med luftläckningen**  
Samspel byggnad - ventilation  
Byggeforskningsrådet R1:1984
- (28) **Värmeåtervinning ur ventilationsluft**  
Byggeforskningsrådet T14:1983
- (29) **Luftutbytes- och ventilationseffektivitet**  
Nya hjälpmedel för ventilationskonstruktörer  
Statens institut för byggnadsforskning, meddelande: M22
- (30) **Instrument för mätning av lufthastighet, luftflöden, tryckdifferens**  
Nordiska ventilationsgruppen (NVG)  
Statens institut för byggnadsforskning, meddelande: M83:5
- (31) **Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer**  
Nordiska ventilationsgruppen (NVG), SIB  
Byggeforskningsrådet T32:1982, Reviderad utgåva 1993
- (32) **Utbildningsmaterial för bostadsförbättring, ventilation**  
Bostadsstyrelsen - Statens planverk, 1987







**R37:1994**  
ISBN 91-540-5682-9  
Bygghälsan, Stockholm

Art.nr: 6814037  
Abonnementsgrupp:  
W. Installationer

Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna

Cirkapris: 101 kr inkl moms