

RAPPORT 18

CARL MICHAEL JOHANNESSON

VÄRMELÄCKAGE I SAMBAND MED ÖPPNANDE AV YTTERDÖRRAR

Ytterdörrars betydelse i fråga om energiläckage har under senare tid undersökts med avseende på täthet och värmegenomgångstal. Däremot har hittills inte funnits några undersökningar som avser passerandet av ytterdörrar och därvid uppkomna energiförluster eller komfortproblem. I denna rapport undersöks de effekter som dörröppnande för med sig i fråga om energiförluster och förändringar av inomhusklimatet.

FÖRORD

Ytterdörrars betydelse i fråga om energiläckage har under senare tid undersökts med avseende på täthet och värmegenomgångstal. Däremot har hittills inte funnits några undersökningar som avser passerandet av ytterdörrar och därvid uppkomna energiförluster eller komfortproblemen. I denna rapport undersöks de effekter som dörröppnande för med sig i fråga om energiförluster och förändringar av inomhusklimatet.

Energiförlusterna i samband med öppnande av ytterdörrar finns beskrivna i olika teoretiska modeller. Där anges luftflödet per tidsenhet under skilda grundförutsättningar. Till dessa förutsättningar hör 1/ tryckskillnad uppkommen p g a temperaturskillnad, 2/ tryckskillnad p g a vindlast. Dessutom är luftflödet beroende av rumsvolymerens inbördes storlek. De värden som erhålls ur de teoretiska modellerna är emellertid approximativa och kan endast användas tillsammans med någon form av kollationering t ex i laboriemodeller eller i fältförsök. Vid sådana beräkningar som här avses, erhålls sådana energiförluster under årets kallaste månader, att någon form av begränsning av luftflödet vid passerandet genom ytterdörrar vore ur ekonomisk synpunkt försvarbart. Därmed kommer vi in på ett av syftena med denna studie: att utföra dörren och området närmast därintill på ett sådant sätt, att onödiga energiförluster elimineras.

Ett betraktande av de hallutrymmen som idag utförs i nybyggnader ger vid handen att större delen av dem står i direkt förbindelse med vardagsrum, kök eller t o m hela övriga byggnaden. I samband med öppnandet av t ex en ytterdörr strömmar en viss mängd uppvärmd inomhusluft ut. Storleken av denna luftvolym står i proportion till dörröppningstid och till temperaturen hos den luftvolym som dörren gränsar mot. För att värma upp den volym kall luft som i stället kommit in åtgår en viss mängd energi. Hittills utförda beräkningar visar att kostnaden för denna uppvärmning är så stor att en begränsning av luftflödet skulle vara lönsam.

22 AUG 1980

Därtill kommer det krav på komfort som kräver en motsvarande övertemperatur för att motverka effekterna av dörröppnandet. Kan kravet på en övertemperatur elimineras genom andra åtgärder, skulle energiförlusterna inom byggnaden minskas avsevärt.

Går vi tillbaka några årtionden i tiden, var den slutna hallen något av en självklarhet. Detta hade främst två orsaker; dörrarna var tunna och otäta. Även om vi idag har tätare och bättre isolerade ytterdörrar, så finns det inget som talar för att inomhusklimatet skulle bli sämre om någon form av luftsluss användes. Olägenheter i form av drag skulle minska och samtidigt skulle troligen värmebalansen inom byggnaden kunna hållas mer stabil. Därmed har vi uttalat det andra syftet med denna studie: att förbättra inomhusklimatet genom att minska biverkningarna till följd av öppnande av ytterdörrar.

INNEHÅLL

- 0.1 Förord
- 2 Inledning
- 3 Syfte

- 1 ALLMÄNNA BESTÄMMELSER
 - 1 Täthet
 - 2 Värmeisolering
 - 3 Funktionskrav

- 2 TILLVERKNINGSNORMER
 - 1 Omfattning
 - 2 SIS-normer

- 3 TILLVERKARE

- 4 MODELLFÖRSÖK
 - 1 Inledning
 - 1.1 Dörröppningstid
 - 2 Teoretisk modell
 - 2.1 Grundförutsättningar
 - 2.2 Strömningsbilden i en dörröppning
 - 2.3 Lufthastigheten i öppningen
 - 2.4 Luftflödet i öppningen mellan två rum
 - 2.5 Luftflödet i en ytterdörröppning
 - 2.6 Vindlast
 - 2.7 Luftridåer

- 5 LABORATORIEMODELL
 - 1.1 Modell utförd vid institutionen
 - 1.2 Förutsättningar vid modellförsök
 - 1.3 Utförande av modellförsök
 - 1.4 Begränsningar i modellförsöken
 - 2.1 Försök i klimatkammare
 - 2.2 Utrustning
 - 2.3 Resultat

- 6 BERÄKNINGAR
 - 1 Entréutrymmen - exempel
 - 2 Dörröppningstid och volym varierar
 - 3 Utetemperatur och volym varierar
 - 4 Lufthastigheten i en dörröppning

LITTERATUR

BILAGOR

- Bilaga 1 Tillverkningsnormer för dörrar.
- 2 Tillverkare och agenter för dörrar.
 - 3 Tillverkare och agenter för entréfläktar och varmluftsaggregat.
 - 4 Försöksmodell vid institutionen.
Provning visande händelseförloppet vid öppnande av en dörr mellan ett uppvärmt och ett kallt rum (vattenmodell).
 - 5 Försöksprotokoll för erhållande av dörröppningstid vid passerande av viss dörr.

INLEDNING

Föreliggande studie är uppdelad på tre avsnitt

- allmänna bestämmelser och tillverkningsnormer
- teoretiska modeller
- laboratorieförsök

Avsikten med denna rapport är att visa att det hos många byggnader sker ett okontrollerat energiflöde i samband med dörr- och fönsteröppningar. Detta läckage är så stort, att förbättringsåtgärder vore självklara om brukarna vore medvetna om de kostnader läckaget för med sig. Samtidigt är energiläckage genom fasta konstruktioner alltför väl känt av såväl brukare och planerare för att någon idag skulle försumma att isolera golv, väggar och tak väl. Likaså börjar allmänheten bli varse läckage i form av otätheter i byggnadens konstruktion.

En av de till synes självklara besparingsåtgärder som till stor del hittills försummats är läckage i samband med in- och utgående genom ytterdörrar. Detta trots att de flesta tidigt blivit lärda att vara rädda om värmen inomhus. Bostäders och arbetsplatserns planlösningar har blivit öppna och ljusbringande, men det har fått ske till priset av ökade uppvärmningskostnader. De småhus som har en centralt belägen trappa utan någon form av avskärmning från ytterdörren är åtskilliga. Utvecklingen tycks snarare leda till ytterligare öppna planlösningar än till avskilda luftslussar typ vindfång.

I rapporten påvisas den ökade energiförlusten som beror av vissa planlösningar i förhållande till sådana med t ex vindfång som begränsar den utbytta luftmängden. Dessutom innebär ett sådant vindfång en förbättring av inomhusklimatet med ett minskat golvdrag som följd.

SYFTE

Syftet med rapporten är att påvisa sådana planlösningar i området närmast omkring ytterdörren som är ofördelaktiga ur energibesparingssynpunkt och i inomhusklimathänseende samt att föreslå åtgärder som kan minska effekterna av lufttransporten genom en öppen ytterdörr.

1 ALLMÄNNA BESTÄMMELSER

1.1 Täthet

I SBN 75 har Statens Planverk höjt kraven på dörrars utformning med avseende på täthet jämfört med tidigare bestämmelser som endast föreskrev att konstruktion som i sig själv inte var tillräckligt vindtät skulle förses med vindskydd så att oläglig luftströmning eller värme- genomgång förhindrades. (SBN 67 33:32).

Tabell 33:3 Högsta godtagna luftläckning, m³/m² h

Byggnadsdel	Tryck- skillnad Pa	Byggnad med höjd i våningar		
		1 - 2	3 - 8	> 8
Vägg mot det fria	50	0,4	0,2	0,2
Fönster och dörr mot det fria (av- ser tätheten hos springan mellan karm och fönsterbåge resp. dörrblad)	50	1,7	1,7	1,7
	300	5,6	5,6	5,6
	500	--	--	7,9
Tak mot det fria samt bjälklag mot det fria eller mot ventilerat utrymme	50	0,2	0,1	0,1

TABELL 1

SBN 75, tabell 33:3, Högsta godtagna luftläckning för en byggnadsdel.

En viss förbistring kan råda vid tillämpningen av de nya normerna. Provning vid tryckskillnaderna 50, 300 och 500 Pa skall enligt utsago användas för resp ytterdörr i entréplan, fönsterdörr eller dörr belägen högre än markplanet (= Fönster klass B) och dörr belägen > 8 vån (= Fönster klass C). De provningar som SP utfört har utförts på nivån 50 Pa, en nivå som samtliga dörrar klarat. Därvid är att notera att dörrarnas nyckelhål och brevinkast tätats. Vid nivån 300 Pa, vilket endast utförts när uppdragsgivaren särskilt begärt det, har i vissa fall en viss utböjning/inbuktning av dörrbladet kunnat noteras. Samtidigt som provningarna utförts har dock en viss tve- tydighet i gällande bestämmelser iakttagits. Tillämplig- heten för nivåerna 50 Pa och 300 Pa är på intet sätt självklar, t ex för loftgångshus.

Tabell 1 gäller dörrar som omger lokaler som avses att värmas upp till minst $+10^{\circ}\text{C}$. Provningsen avser dörr inkl karm och gäller för både över- och undertryck.

Beträffande kontroll av redan utförda konstruktioner kommer stickprov att göras och föranstaltas av Byggnadsnämnd när den finner anledning att föreskriva sådan. Den metod som kommer att användas nämns inte närmare än att den är av Planverket godtagen. Fabrikstillverkade byggnadsdelar kontrolleras enligt SBN 75 12:12.

1.2 Värmeisolering

1.2.1 För lokaler som avses att värmas upp till mer än $+18^{\circ}\text{C}$ gäller de värmegenomgångskoefficienter som anges i tabell 33:21 kol 3 och 4. (SBN 75 33:21)

Tabell 33:21 Högsta tillåten värmegenomgångskoefficient (k-värde), $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$, för byggnadsdel till rum som avses att uppvärmas till mer än $+18^{\circ}\text{C}$

Byggnadsdel		Krav enligt :211 i temperaturzoner enl. fig. 33:21		Gränsvärden enligt :212 i temperaturzoner enl. fig. 33:21	
Grupp	Beskrivning	I+II	III+IV	I+II	III+IV
1	2	3	4	5	6
1	Vägg direkt mot det fria eller genom jord mot det fria	0,25	0,30	0,50	0,60
2	Tak resp vindsbjälklag jämte ovanförliggande yttertak mot det fria	0,17	0,20	0,50	0,60
3	Golvbjälklag mot det fria	0,17	0,20	0,35	0,40
4	Golvbjälklag mot slutet utrymme med ventilationsöppningar som inte överstiger $0,20\text{ m}^2$ per 100 m^2 bjälklagsarea	0,30	0,30	0,40	0,45
5	Golvkonstruktion på jord (se :247)	0,30	0,30	0,40	0,40
6	Fönster och dörr mot det fria				
6.1	Ej glasförsedd del av dörr (inklusive karm)	1,00	1,00	1,50	1,50
6.2	Fönster samt fönster i dörr (inklusive båge och karm) ^a	2,00	2,00	3,00 ^b	3,00 ^b
7	Vägg och bjälklag mot förråd i källare eller annat i viss mån uppvärmt utrymme med temperatur som kan understiga $+10^{\circ}\text{C}$ men inte 0°C	0,50	0,50	-	-
8	Vägg och bjälklag mot trapphus, rum i källare eller annat uppvärmt utrymme med temperatur som kan understiga $+18^{\circ}\text{C}$ men inte $+10^{\circ}\text{C}$	1,00	1,00	-	-

^a Karm och båge skall vara så utformade att olägliga köldbryggor inte uppkommer.

^b Avser k-värde för glasdelen. I rum där arean av fönster och fönsterdörrar inom karmyttermått (A_f) uppgår till 60 % eller mera av den invändiga väggarean gäller värdet 2,50. I A_f medräknas inte arean av ej glasförsedd vädringslucka och ej glasförsedd del av fönsterdörr.

TABELL 2. SBN 75, tab 33:21

Värdet för dörr 1,00 i samtliga temperaturzoner anses rimligt att uppnå enligt dörrfabrikanter och SP.

- 1.2.2 För lokaler som avses att värmas upp till högst + 18°C men till minst + 10°C godtas att ovanstående tabellkrav överskrids med max 50% (SBN 75 33:222).
- 1.2.3 För lokaler som avses att värmas upp till lägre temperatur än + 10°C men till minst 0°C godtas att ovanstående krav överskrids med 100% (SBN 75 33:223).
- 1.2.4 För lokaler med överskottsvärme (från arbetsprocess eller dylikt) tillåts högre k-värden än ovan angivna. Tillämpningen av detta tillstånd lämnas i särskild publikation från Planverket (SBN 75 33:23).
- 1.2.5 De värmeövergångsmotstånd som tillåts för en byggnadsdels fria ytor anges i tabell 33:244 (SBN 75).

Tabell 33:244 Värmeövergångsmotstånd $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

Byggnadsdel	$m_i + m_u$
Fönster och dörr mot det fria	0,20
Vägg och tak mot det fria	0,25
Golvbjälklag	0,30
Vägg, tak och golvbjälklag mot uppvärmd lokal med lägre temperatur	0,35

TABELL 3. SBN 75, tab 33:244
Värmeövergångsmotstånd $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

SBN anger alternativa m_i -värden enligt SBN 75 tabell 35:23 samt m_u -värden som påvisas vara tillämpliga (SBN 75 33:244). Därvid beräknas varje ytas bidrag till medelstrålningstemperaturen enligt figur 35:22a där ytemperaturen θ_y för byggnadsdel mot det fria beräknas enligt formel 35:23

$$\theta_y = \theta_{lm} - m_i \cdot h (\theta_{lm} - LUT) \quad (\text{SBN 75 35:23})$$

Förklaring:

θ_{lm} rumsluftens medeltemperatur, $^\circ\text{C}$

m_i det inre övergångsmotståndet, $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/w}$

k byggnadsdelens k-värde

LUT = DUT

Tabell 35:23 Godtagna beräkningsvärden för inre värmeövergångsmotståndet vid beräkning av ytemperatur

Byggnadsdel	m_i $m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$	Anmärkning
Fönster	0,12	
Yttervägg med fönster	0,12 0,20	Övriga rumsytor mot uppvärmt utrymme Fler än en rumsyta mot ouppvärt utrymme eller det fria
Yttervägg utan fönster	0,25	
Golv	0,25 0,35	En yttervägg med fönster Fler än en rumsyta mot ouppvärt utrymme eller det fria
Tak	0,20 0,30	En yttervägg med fönster Fler än en rumsyta mot ouppvärt utrymme eller det fria

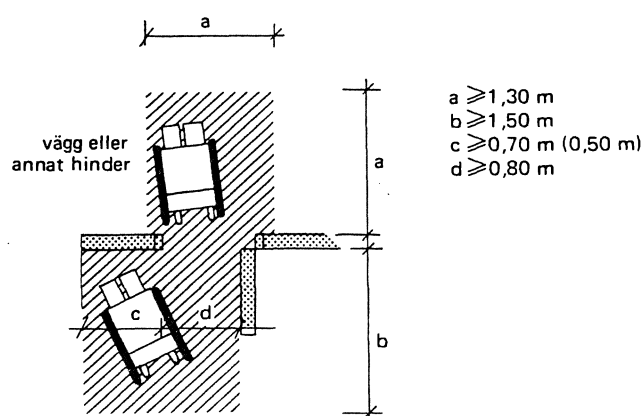
TABELL 4. SBN 75, tab 35:23

Ett dörrparti ingår i några av byggnadsdelarna Yttervägg med fönster eller Yttervägg utan fönster. Samtidigt anges den "riktade operativa temperaturen" $\theta_{op} = \frac{\theta_1 + \theta_4}{2}$ där θ anger luftens temperatur i en kontrollpunkt och θ_4 anger den riktade medelstrålnings-temperaturen med avseende på kontrollpunkten mot rummets begränsningsytor. (SBN 75 35:22)

Kontrollzonen som inringas av θ_{op} begränsas av ett plan parallellt med resp lokals begränsningsytor. För en ytterdörr är detta plan beläget 1,5 m från denna. (SBN 75 35:21)

1.3 Funktionskrav

- 1.3.1 De s k handikappkraven medför att en dörr i en förflyttningsväg skall utformas så att den ger tillräcklig öppning för passage och kan öppnas och stängas från en rullstol. (SBN 75 62:12) Se figur.



FIGUR 1. SBN 75, figur 62:12. Entré med fria mått a - d som medger passage med rullstol.

Vad som i tillverkningshänseende däremot är svårare att tillfredsställa är tröskelhöjden vars mått skall vara lägre än 25 mm för att godtagas. (SBN 75 62:12)

- 1.3.2 Med avseende på barnsäkerhet nämns inget särskilt om ytterdörr. Däremot beaktas fönsterdörren. Denna godtas om den förses med säkerhetsbeslag och spärranordning. Dessutom skall glasen vara av en tjocklek av minst 3 mm och härdade (bostad) eller 5 mm planglas i lokaler för barntillsyn e d. (SBN 75 41:11 och 41:5)

2 TILLVERKNINGSNORMER

- 2.1 Svensk standard, SIS, anger standard för flertalet i marknaden förekommande dörrar. T ex ytterdörrar i bostadshus, dörrsnickerier, lätta innerdörrar av trä, d:o med glasöppning, d:o med särskilda krav på hållfasthet, brand- eller ljudisolering, ladudörrar, garageportar etc.

Därvid anger normerna i flertalet fall måttoleranser. Se Bilaga 1.

3 TILLVERKARE

- 3.1 Svensk Byggtjänst AB har gjort en datasammanställning över tillverkare och generalagenter för ytterdörrar. Dessa anges i bilaga 2.

T = tillverkare

S = säljare

G = generalagent

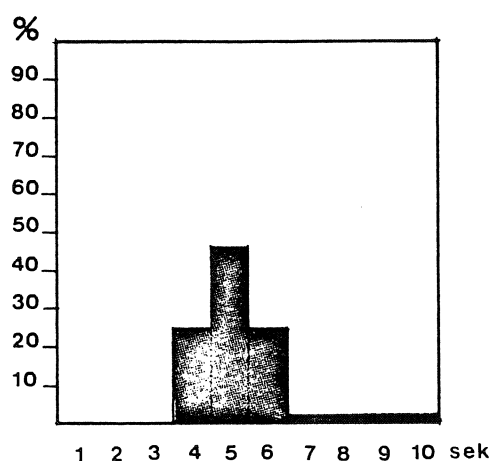
I detta sammanhang har det även varit av intresse att studera entréfläktar och varmluftsaggregat. De som marknaden erbjuder är dock få. De flesta är i första hand avsedda för industrier eller lagerlokaler och offentliga miljöer. Se bilaga 3.

Vid färdigställandet av denna rapport föreligger ännu ej de s k datalistor som Svensk Byggtjänst utarbetar i sin helhet. Därför redovisas här endast den förteckning som anges i Svensk Byggkatalog.

4 MODELLFÖRSÖK

4.1 Förloppet vid öppnandet av en ytterdörr är alltför komplicerat för att man enbart genom fältstudier skall kunna skaffa sig mer än en uppfattning om luftens rörelse mellan två rum. Därför är det för fortsatta beräkningar av luftflödet genom dörröppningar nödvändigt att studera teoretiska modeller samt att få värdena kontrollerade i laboriemodeller. De frågor som laborieundersökningarna avser att besvara är frekvensen dörröppningar för olika byggnader samt temperaturvariationer i det rum som ytterdörren begränsar mot ytterluften.

4.1.1 För att erhålla ett värde på dörröppningstid utfördes ett försöksprotokoll (se Bilaga 5) där dörröppningstid och antal personer som samtidigt passerade dörren ut- eller in antecknades. Undersökningen gav svar på en ungefärlig dörröppningstid vid passerandet av låst och olåst ytterdörr. Tiden för öppnandet och passerandet var i medeltal 5 sek, med ~ 3,5 sek som snabbaste genomgång och ca 10 sek som långsammaste. Se figur 2. Undersökningen omfattar tre olika normala dörrtyper med 100 passager.



FIGUR 2. Procentuell fördelning av öppettid hos ytterdörr i samband med passage.

4.1.2 I det följande behandlas två typer av modeller, dels den teoretiska och dels laboriemodeller i förminskad skala. Den teoretiska modellen anger luftflödet vid olika temperaturer, öppningstider och volymer hos rummet, alternativt byggnaden. Laborieförsöken ger svar på förloppets fortskridande i detalj samt ger ett underlag för fortsatta fältundersökningar.

En viss försiktighet vid användandet av de erhållna värdena är emellertid tillrådlig. Många skilda faktorer inverkar vid de använda jämviktsekvationerna och betydelsen av främst den utjämning som sker efter en viss tid måste först utvärderas innan jämförelser kan göras. De förhållanden som de teoretiska modellerna arbetar med är så ideala, d v s vindryck, otätheter etc påverkar ej förloppet. Därför används de teoretiska modellerna endast som referens vid de fortsatta beräkningarna.

Händelseförloppet mellan 0 och 10 sek är de för detta ändamål intressantaste, eftersom det är där som de största skillnaderna uppstår mellan stora och små rum, vilket skall visas i det följande. Detta förutsatt att otätheter i övrigt inom byggnaden har så marginell betydelse att skorstenseffekter m m inte inverkar störande på försöken. Ett fortsatt arbete får ge svar på överensstämmelse mellan teoretisk modell och verklighet för tider som överskrider 10 sek.

4.2 Teoretisk modell

4.2.1 Här skall studeras luftströmningen mellan två rum under så ideala förhållanden. Rummen som avses kan då antingen vara två begränsade volymer, inomhusrum, V_1 och V_2 , eller en begränsad volym kontra utomhusmiljön, V_∞ . För de fall en bostadsmiljö skall simuleras, förutsätts att temperaturen, t_i , är högre inomhus än utomhus, t_u . Densiteten är avhängig av temperaturskillnaden enligt $\rho = 1,293 \cdot \frac{273}{273+t}$ där luftens densitet vid $t 20^\circ\text{C} = 1,293 \text{ kg/m}^3$.

$$\text{Rumstemperaturen } t_i \geq t_u \text{ alt } t_{i1} \geq t_{i2}$$

$$\text{Trycken } p_i \leq p_u \text{ alt } p_{i1} < p_{i2}$$

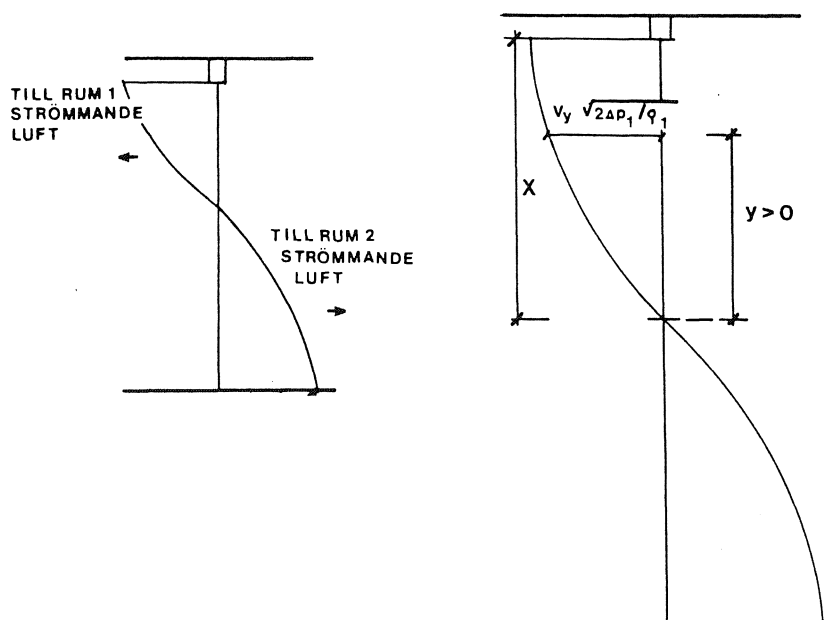
Luftströmningen sker genom ett rektangulärt dörrhål med bredden B och höjden H .

4.2.2 Med de förutsättningar som här råder, sker en luftström från rum (U) till rum (i) alt (i₂) till (i₁). I den prototyp som avses i dessa försök råder ingen tryckskillnad, p g a vind utan endast densitetsskillnad p g a temperaturdifferensen. För en byggnads inomhusklimat torde detta vara jämförbart med att en dörr mellan ett uppvärmt bostadsrum och ett ouppvärt rum, t ex förråd, öppnas. På en viss höjd (y) över neutrala zonen råder ett visst tryck som är beroende av densitetsskillnaden (se figur 1), eftersom utbytet av luft sker p g a temperaturdifferensen.

$$p_{1y} = p_0 - \rho_1 g y \text{ i rum 1 och}$$

$$p_{2y} = p_\infty - \rho - \rho_2 g y \text{ i rum 2}$$

p_0 betecknar det gemensamma lufttrycket vid $y = 0$.



FIGUR 3

Hastigheten på luftströmmarna tilltar med avståndet från neutrala zonen.

(Efter Pettersson, 3.)

- 4.2.3 Tryckdifferensen innebär en luftströmning från rum 2 till rum 1 och för negativa värden på y sker en luftströmning från rum 1 till rum 2. Lufthastigheten i strömmarna varierar med höjden. Se figur 3

$$y > 0 \quad V_y = \sqrt{2\Delta p_y / \rho_2} \quad /1/$$

$$y < 0 \quad V_y = \sqrt{2\Delta p_y / \rho_1} \quad /2/$$

- 4.2.4 Flödet per m^2 öppning kan efter vissa approximationer erhållas ur ekvationen (Pettersson, 3)

$$\dot{q} = 0,05 (H\Delta T)^{0,5} \quad /3/$$

där $\dot{q} = m^3/m^2 \cdot \text{sek}$

H = öppningens höjd

Δ = temperaturdifferens mellan rummen.

En behandling av denna ekvation för erhållandet av utjämningsförloppet, d v s hur lång tid det tar för att utjämna temperaturen i de båda rummen är svår att utföra utan grova approximeringar. Av detta förstås också att ekvation (3) inte är tillämplig vid långvariga förlopp samt att skillnaden i volym mellan rummen är av betydelse för noggrannheten i beräkningarna.

- 4.2.5 I de fall det ena rummet är mycket större än det andra, t ex ett bostadsrum som gränsar mot det fria, kan flödets storlek beskrivas i följande ekvation (Pettersson, 3)

$$Q = V_2 \ln \left| 1 + \frac{0,4BH}{V_2} \sqrt{\frac{2gH}{\rho_1}} \cdot \tau \right| \quad /4/$$

där V_2 = rummets volym (m^3)

B = öppningens bredd (m)

H = " höjd (m)

g = gravitationskonstanten

ρ_1 = densitet hos ytterluften (kg/m^3)

ρ_2 = densitet hos innerluften (kg/m^3)

τ = tiden (sek)

Ur detta erhålls antal luftomsättningar n för ett rum ventilerat mot det fria, ty $Q/V = n$. Vissa begränsningar och reservationer för den senare beräkningsmetoden måste dock genast göras för det fall den skall användas för byggnader. Ekvation /4/ förutsätter t ex att byggnaden är helt tät. Så är ju sällan fallet, vare sig det beror på otät-

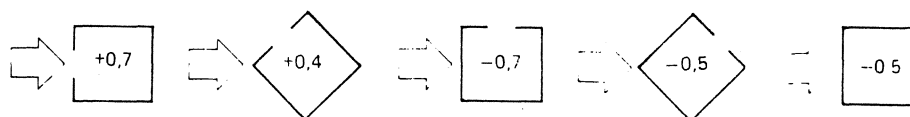
heter i fogar eller att vädringsluckor, ventiler eller fönster står öppna. I de fall en genomströmning äger rum är ekv /4/ alltså inte tillämplig, utan betydligt mer ogynnsamma värden ur uppvärmningssynpunkt uppstår.

Svårigheterna vid mätning av dessa förhållanden som är avhängiga av vindtryck, topografi, luftfuktighet m m, gör att de får anstå till den fortsatta forskning som denna studie kan ge upphov till.

4.2.6 Vindlast

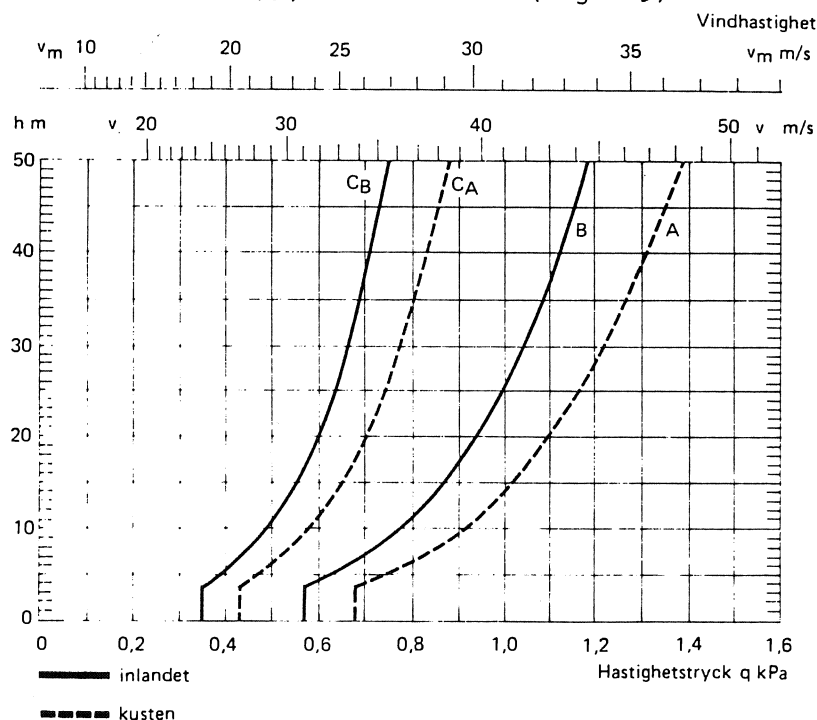
Om ett vindtryck samtidigt ligger på en sida uppstår en besvärlig flödessituation. Formfaktorerna för byggnadens olika sidor erhålls ur SBN 75, kap 21:62.

Om endast en öppning finns, erhålls formfaktorerna enligt SBN 75 fig 21:632. (Figur 4)



FIGUR 4. SBN 75, 21:632. Formfaktorer för invändig vindlast i hus med någon större öppning i en begränsningsyta. Undertryck betecknas negativt, övertryck positivt.

Vindhastigheten och motsvarande hastighetstryck i kPa erhålls ur SBN 75, tab 21:621. (Figur 5)



Figur 21:621 Dimensionerande momentan vindhastighet v och hastighetstryck q . Medelvindhastigheten v_m är $0,75 v$.

FIGUR 5 (SBN 75 21:621)

Vindlasten vinkelrätt mot en yta beräknas uppgå till

$$W = \mu \cdot q \cdot A \quad (5) \quad (\text{SBN 75 21:61a})$$

där W = vindlast (kN)

μ = formfaktor

q = hastighetstryck (kPa)

A = Area (m^2)

Hastighetstrycket kan vidare erhållas ur $q = \frac{\rho \cdot V^2}{2}$ vilket approximerat skrives

$$q = 0,6 V^2 \text{ Pa} \quad (6)$$

där V = vindens hastighet (m/s)

Vindens medelhastighet i Stockholm är ca 2,7 Beaufort
 $\approx 3 \text{ m/sek}$ (Taesler, Klimatdata för Sverige).

Insatt i ekvation (6) erhålls

$$q_{\text{medel}} = \text{ca } 5,4 \text{ Pa}$$

I det fall trycket $\Delta p > 0$ och $\Delta T > 0$ erhålls tryckskillnaden i punkten y (1)

$$\Delta p_y = g y \{\rho_2 - \rho_1\} - \Delta p$$

Luftens hastighet genom öppningen kan skrivas

$$V_y = \sqrt{2(gy\Delta\rho - \Delta p)} / \rho_2 \text{ för } y > \Delta p / g\Delta\rho$$

resp

$$V_y = \sqrt{2(gy\Delta\rho - \Delta p)} / \rho_1 \text{ för } y < \Delta p / g\Delta\rho$$

Flödet genom den undre delen av öppningen tecknas

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \frac{2B\zeta}{3} \sqrt{2g\Delta\rho/\rho_1} -X + \frac{\Delta p}{g\Delta\rho} \quad 3/2$$

och för den övre delen

$$\dot{Q}_{2 \rightarrow 1} = \frac{2B\zeta}{3} \sqrt{2g\Delta\rho/\rho_2} X - \frac{\Delta p}{g\Delta\rho} \quad 3/2$$

För att förenkla dessa båda ekvationer är det lämpligt att förutsätta en flödesbalans, $\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \dot{Q}_{2 \rightarrow 1}$ erhålls efter viss förenkling (Pettersson, 3)

$$X = \frac{H}{2} + \frac{\Delta p}{g\Delta\rho}$$

varvid erhålls $\dot{Q}_{2 \rightarrow 1} = 0$ om

$$\Delta p = Hg \frac{\Delta\rho}{2}$$

d v s fullständigt skydd för inströmning av luft från rum 2 till rum 1.

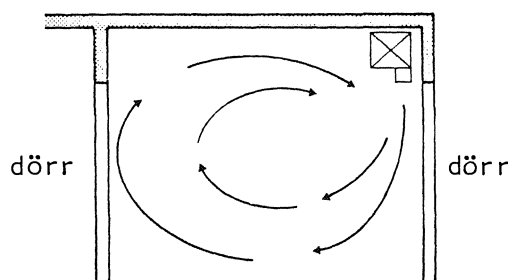
Den luftmängd som krävs för att uppnå skydd mot inströmning från rum 2 till rum 1 kan efter förenklingar och med tidigare använda värden skrivas

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = 0,14(H\Delta T)^{0,5}$$

Det förväntade förloppet vid sådana ventilationsfall får utvärderas i modellförsök och i fältförsök.

4.2.7 Luftport

En luftport syftar till att hindra luftväxling genom ett dörrhål utan dörr i en byggnad. Det används för närvarande luftportar i varuhus och industrilokaler medan det för bostadshus är sällsynt. Principen för en luftport eller luftridå visas i figur 5.



FIGUR 5. Luftridå med inblåsning från taket.

Flera principer för luftstrålens verkningssätt kan särskiljas:

- luften sugas på motsatt sida av inblåsningsspalten
- den utblåsta luften cirkulerar
- innerluften i byggnaden används - utblåset är en del av frånluftssystemet
- luftslussen utgör ett eget system varvid den utblåsta luften verkar på olika sätt.

För beräkning av luftstrålens medelhastighet används ekvationen $v = (2\Delta p / \rho)^{0,5}$. Räckvidden för strålen erhålls genom ekvationen $y/h = \frac{v}{h \cdot u_0} \cdot \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{z}{h \cdot \cos \alpha_0}\right)^{1,5} + \operatorname{tg} \alpha_0 \frac{z}{h}$ om $y/h = 0$ insättes. (Skåret (2))

v = hastighet (m/s)

h = spalthöjd (m)

u_0 = referenshastighet (m/s) hos tilluften

p = tryck (N/m^2)

ρ = densitet (kg/m^3)

Den gynnsammaste utblåsningsvinkeln ligger vid ca $\alpha_0 = 55^\circ$.

Den inblåsningshastighet som tillämpas är beroende av huruvida inblåsning sker från en eller två sidor. Enligt Valbjørn (9) erhålls inblåsningshastigheten som erfordras i spalten ur ekvationerna:

$$v = 4,3 \sqrt{B/b} \text{ vid enkelsidig inblåsning}$$

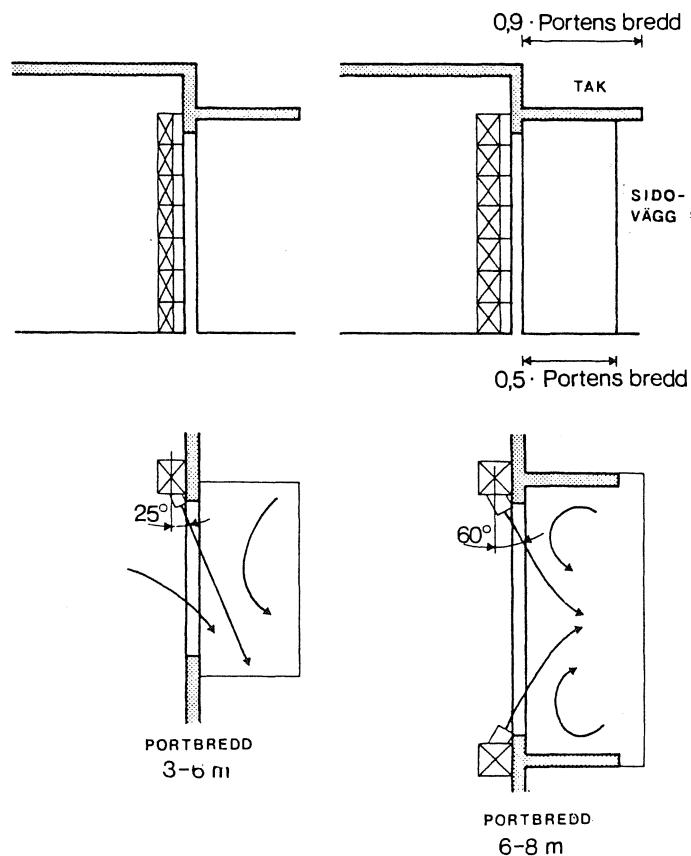
$$v = 2,3 \sqrt{B/b} \text{ vid dubbelsidig inblåsning}$$

B = öppningens bredd (m) i inblåsningsriktningen

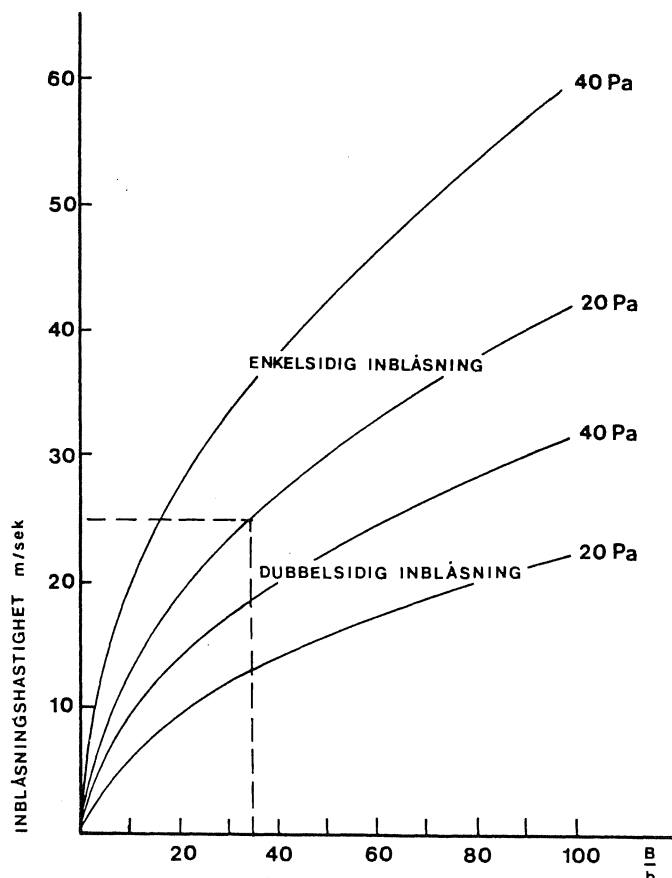
b = luftspaltens bredd (m).

Formeln förutsätter ett vindtryck motsvarande 6 m/sek som ligger på ytterdörren.

I figur 6 visas olika exempel på verkningssätt för luftslussar. För att motverka ett högre lufttryck inomhus p g a temperaturdifferens ute/inne eller p g a vindtryck erfordras en högre inblåsningshastighet. Se figur 7.



FIGUR 6. Invändiga luftridåer med inblåsning från sidan. (Valbjørn, 9)



FIGUR 7. Inblåsningshastighet för luftridåer för att motverka en tryckskillnad på 20 resp 40 Pa över öppningen. B är portens bredd, b är inblåsningsspaltens bredd. (Valbjørn, 9)

Ett enkelt räkneexempel ger vid handen att förfarandet med en luftridå ter sig relativt billigt i jämförelse med att luften inifrån strömmar ut i samband med öppnande av ytterdörren. Ingår luftridån i ett frånluftssystem, är kostnaden för den genomströmmande luften obetydlig. Detsamma är fallet om uteluften används. Effekten hos motorn som driver luftridån uppgår till i storleksordningen 5 kW för en port på 2 x 3 m, och den energi som erfordras för att driva den motorn under de korta moment det är fråga om är också liten i sammanhanget. En fortsatt diskussion får bedöma om det är realistiskt att förse en mindre byggnad med sådana apparater. Ett bostadshus t ex med relativt begränsade dörrar - är det där försvarbart eller ens lämpligt med en sådan form av luftport?

Exempel: Luftridån använder sig av inne-luft där $t_i = 20^{\circ}\text{C}$. Utomhustemperaturen $t_u = -10^{\circ}\text{C}$ $B = 1\text{ m}$ och $b = 0,1\text{ m}$. För att motverka ett vindtryck på 8 m/sek som antas ligga på ytterdörren, multipliceras vindhastigheten med 1,4. Den lufthastighet som då erhålls uppgår till 30 m/s. För en dörröppning som varar i 10 sek åtgår ca 0,4 kWh för att återuppvärma den luft som gått förlorad. (motsvarande energiåtgången vid dörröppning till en normalstor villa eller lägenhet på ca 300 m³, se sid 36)

Den energi som åtgått för att driva fläktmotorn under samma tid uppgår till ca 0.015 kWh. Vinsten ligger inte främst i en ekonomisk besparing. I stället ligger den i det förbättrade inomhusklimatet, varvid en stor del av det drag som uppkommer i samband med dörröppningar elimineras.

5 LABORATORIEMODELL

- 5.1.1 Den laboratoriemodell som är utförd vid Institutionen är utförd i skala 1:10. (Figur 9) Den modellen får anses vara en inledande försöksmodell där vissa försöktekniska förhållanden kan registreras på ett sådant sätt att framtida laboratoriemodeller i reducerad skala kan utföras på ett ändamålsenligt sätt. Rummet som står som prototyp har en längd av 4,5 m och en höjd av 2,5 m, vilket kan anses vara ett normalt förhållande längd/höjd hos bostadsrum i det svenska byggnadsbeståndet. Spalten som registreras, L_R , den karaktäristiska längden är i prototypen 0,3 m. Modellskalan är uppbyggd kring geometrisk likformighet där $\frac{x_m}{x_p} = \frac{y_m}{y_p} = \frac{z_m}{z_p} = \frac{1}{R}$, i detta fall $\frac{1}{10}$. (Index m = modellskala, index p = prototyp).

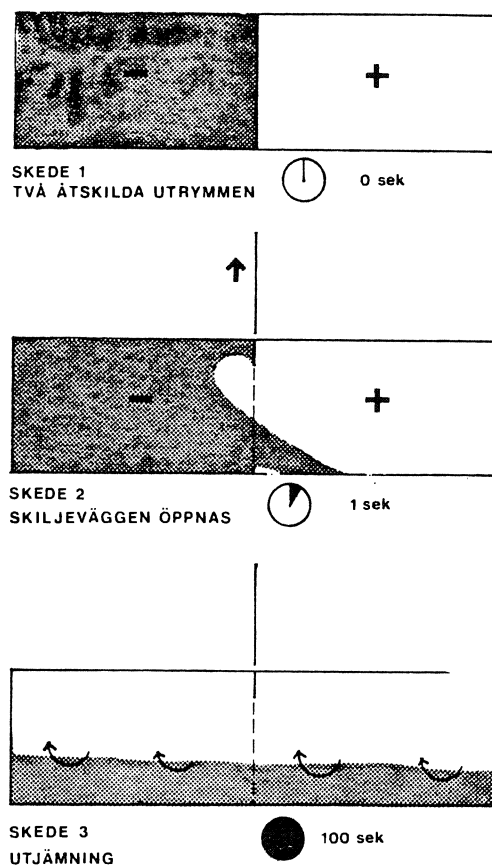
Modellen redovisar två mot varandra gränsande rum med en skjutbar och stängningsbar mellanvägg. Vid försöken fylls den ena kammaren med en saltlösning för att på så sätt simulera en högre densitet hos den ena kammaren i förhållande till den andra. Den vätska som har högre densitet färgas med ett färgämne, i detta fall nigrosin. Därefter tas skiljeväggen snabbt upp och vätskorna tillåts blanda sig med varandra. Förloppet registreras med en motordriven kamera vilken regelbundet fotograferar uttömningen. Vid tidigare försök med vätskemodeller har Rydberg (1) utgått från Frouds modellregel. Denna förutsätter att samma gravitationskonstant g råder mellan F_m och F_p samt att $Re > Re_{urit}$, vilket visas i det följande. (F =modellkonstant)

- 5.1.2 En utveckling av Frouds modellregel kan skrivas som följer:

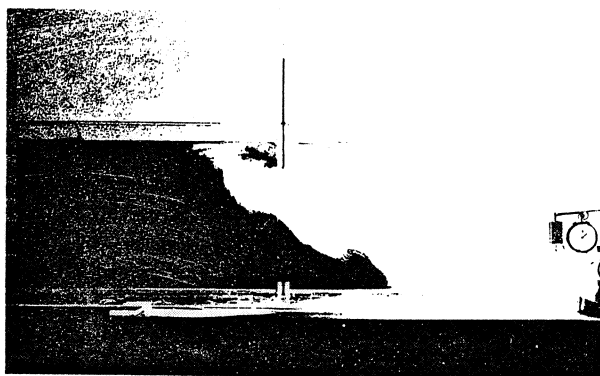
Beteckningar:

Prototyp: L ; ρ_2 = ytterluftens täthet
 ρ_1 = innerluftens täthet
 τ, τ_p = tömningstid

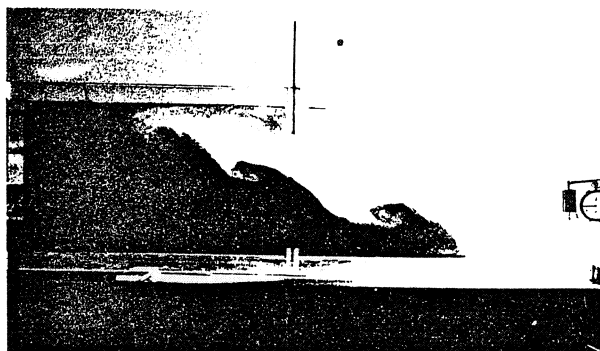
Modell: L_m ; ρ_{2m} = saltlösningens täthet
 ρ_{1m} = vattnets täthet
 τ_m = mätt tömningstid



FIGUR 8. Principskiss för förloppet i vätskemodellen i samband med öppnande av en skiljevägg.



FIGUR 9. Vätskemodell. Tid: 0.5 sek.
Temperaturskillnad: 25 °C.



FIGUR 10. Vätskemodell. Tid: 2.3 sek.
Temperaturskillnad: 25 °C.

$$F_d = \frac{V_m}{\sqrt{g_m' \cdot L_m}} = \frac{V}{\sqrt{g' \cdot L}}$$

$$\frac{V}{V_m} = \sqrt{\frac{g' \cdot L}{g_m' \cdot L_m}} \quad 1.$$

Vidare är $g' = \frac{\rho_2 \cdot \rho_1}{\rho_2}$; $\rho_m' = \frac{\rho_{2m} - \rho_{1m}}{\rho_{2m}}$

ρ' och ρ_m' insättes i 1.

$$\frac{V}{V_m} = \sqrt{\frac{L}{L_m} \cdot \frac{\rho_{2m}}{\rho_2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot \rho_1}{\rho_{2m} - \rho_{1m}}} \quad 2.$$

Eftersom hastighet $V = \frac{L}{\tau}$ är

$$\frac{V}{V_m} = \frac{L}{L_m} \cdot \frac{\tau_m}{\tau}$$

vilket insättes i 2.

$$\frac{\tau_m}{\tau} = \frac{L}{L_m} \quad V/V_m = \sqrt{\frac{L}{L_m} \cdot \frac{\rho_m'}{\rho'}}$$

$$\tau = \tau_m \cdot \sqrt{\frac{L}{L_m} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_{2m}} \cdot \frac{(\rho_{2m} - \rho_{1m})}{(\rho_2 - \rho_1)}}$$

ty $\tau_p = F(\tau_m; \rho_2; \rho_1)$

luftens täthetsskillnad: $g' = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$

vattnets " " : $g_m' = \frac{\rho_{2m} - \rho_{1m}}{\rho_{2m}}$

Tätheten är beroende av temperaturen.

Sålunda är $\rho_o = \frac{\Delta t_o + 273}{273}$

Täthetsskillnaden för luft i prototypen är proportionell mot täthetsskillnaden som simuleras i vattenmodellen.

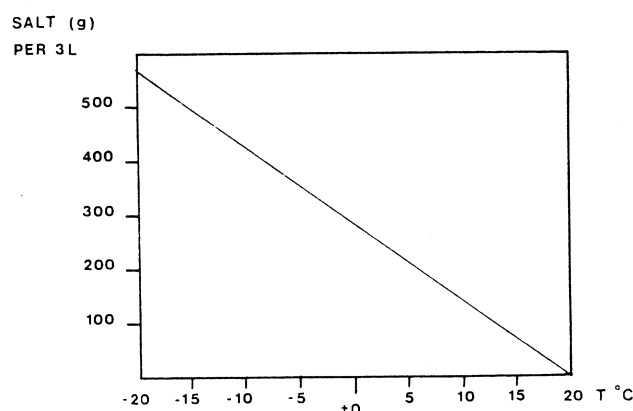
För att erhålla rättvisande modellförhållanden genomföres försöken med olika densitet hos vattnet. Vattnet i den ena kammaren blandas upp med salt till viss koncentration. Detta får motsvara en viss temperaturdifferens i prototypen. Alternativet är att genomföra ett antal försök med en och samma salthalt i den ena kammaren. Därvid kan uträknas den reducerade tiden

$$\tau_f \sqrt{\frac{\rho_{2m} - \rho_{1m}}{\rho_{2m}}}$$

och skillnaden i densitet medför endast en skillnad av den o framräknade reducerade tiden τ_f .

Detta har dock bedömts vara för osäker beräkningsmetod för att kunna tillämpas i början av försöksserien. Anledningen därtill är att vissa strömnings- och eventuella uppblandningsfenomen kan inverka störande på avläsningen. Vid en för låg koncentration hos saltlösningar kan t ex gränsskiktet bli diffust och svårläsbart.

5.1.3 Försöken har tillgått så, att en viss mängd salt (se figur 11) har blandats med vattnet i ena kammaren. Med olika saltkoncentration har olika hastighetsförlopp kunnat avläsas.



FIGUR 11

Erforderlig mängd salt för att erhålla en densitets-skillnad mellan kamrarna motsvarande ΔT ($T_i = +20^\circ\text{C}$).

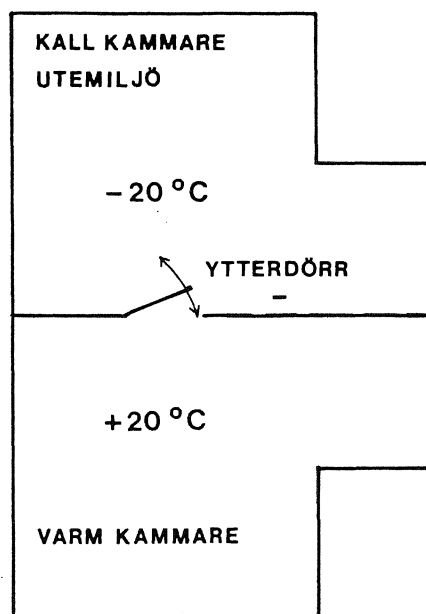
5.1.4 Förutsättningarna i ovanstående förhållanden bör prövas med avseende på Reynolds tal. Frouds modellregel förutsätter att $Re > Re^{krit}$. ($Re^{krit} \approx 2300$.)

$$Re = \frac{v \cdot L}{\nu} \quad (\text{Rydberg 1945a})$$

5.2.1 Försök i klimatkammare

I nedanstående skiss över klimatkammare redovisas ytterdörrens placering samt upphängning. Den kammare som simulerar inomhusmiljön är markerad med + och den som markerar utemiljön med -.

Golvet i den varmare kammaren indelas i ett antal lika stora fält. Skärningspunkterna är markerade med kryss, lämpligen utförda så i klimatkammaren, att de markeras på golvet. Kryssens lägen märks 1, 2, 3 etc.



FIGUR 12. Klimatkammare, principskiss.

Dörrbladet som skall användas vid försöken är högerhängt och har måtten 93 x 203 cm. Låskolv och trycke används ej. I stället monteras fasta handtag på in- och utsida. Dörren tätas mot falsarna i karmen. Karmen drevas och tätas mot väggen. Karmens mått är 100 x 210 cm.

2 st stavar att fästas mellan golv och tak tillverkas. Stavarna indelas och märks i hela dm, räknat från golvet. Stavarna skall monteras lodrätt över de markerade kryssen på golvet för att sedan tjäna som hållare för termoelement.

5.2.2 Utrustning

2 st termoelement fästs på tidigare nämnda pelare, placerade på kryssmarkeringar på golvet i den klimatkammare som simulerar inomhusmiljön. Termoelementens värden uppritas grafiskt av en YT-skrivare.

Dörrens öppnande och stängande regleras på elektrisk väg via en motor, fritt rörlig i horisontalled, och en därvid fästad länkarm. Dörrens funktioner styrs via kopplingsur så att en regelbunden, upprepade försöksserie erhålles.

Dörren öppnas och stängs med hjälp av en linjär-motor styrd av ett dubbelt programverk. Öppningsvinkeln regleras med ställbara gränslägesbrytare. I stängt läge hålls dörren av ett elektriskt slutbleck.

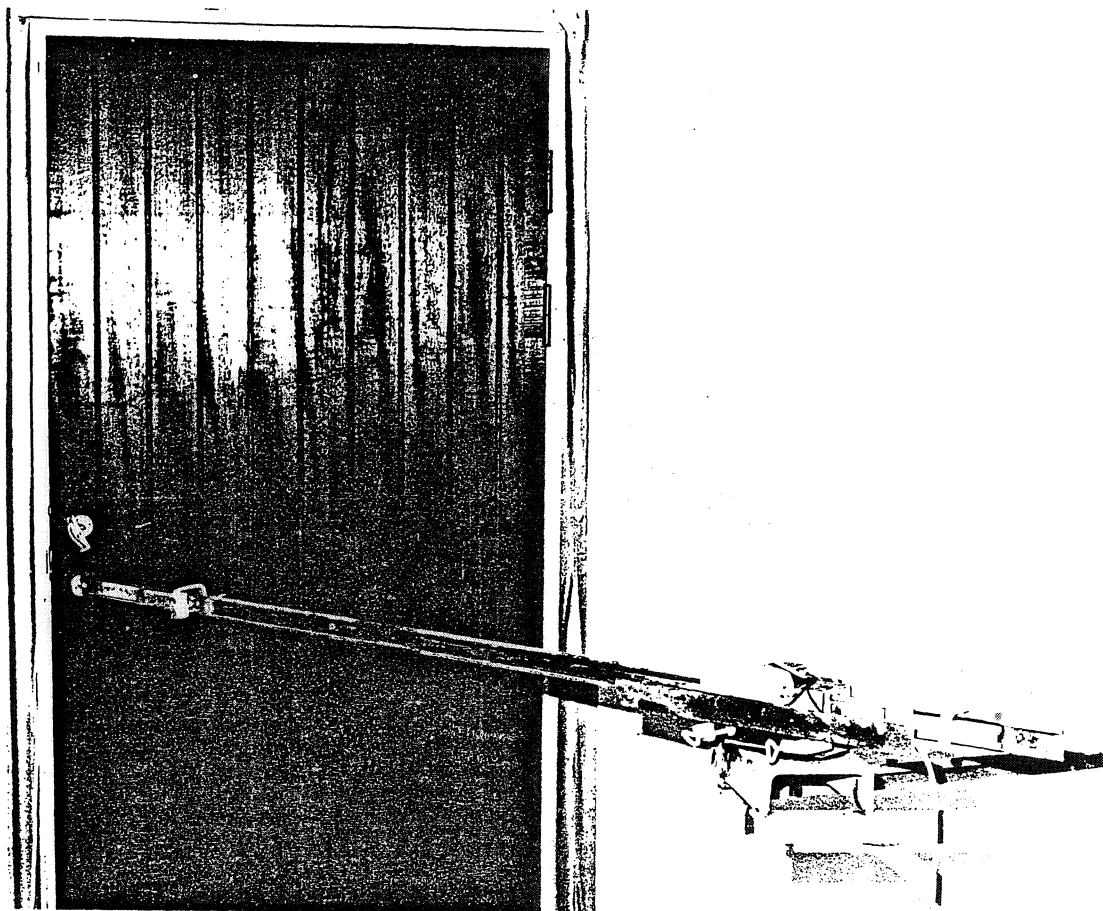
5.2.3 Resultat

Temperatures variation med tiden samt temperaturgivarnas placering i höjd redovisas i figur 15 A-H. Av figurerna framgår hur en temperaturutjämnning sker efter ca 2 minuter. Mätstaven är placerad 1.5 m framför dörren i den varmare klimatkammaren. För att erhålla autentiska förhållanden, har en försöksperson fått passera genom dörröppningen under viss tid upprepade gånger. Värdena som då erhållits har sedan jämförts med dem från det rent mekaniska förloppet. Då en mekanisk öppning/ stängning skett, kan större temperaturvariationer noteras. Detta kan ha sin förklaring i att försökspersonen utgör ett hinder för de kalla luftströmmarna att nå termoelementen.

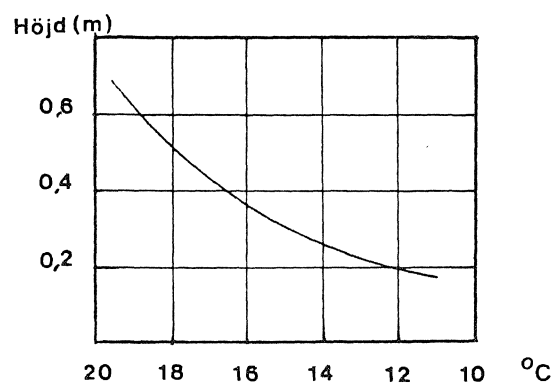
Temperaturdifferensen har varit 37°C och RF 50 %. Volymen hos vardera klimatkammaren är 40 m³.

Försöket kan tolkas så, att temperaturskillnaden utjämnas relativt snabbt. Det bör särskilt noteras, att ideala förhållanden råder. Särskilda mätningar på fältet är nödvändiga för att erhålla ett riktigt underlag för bedömning.

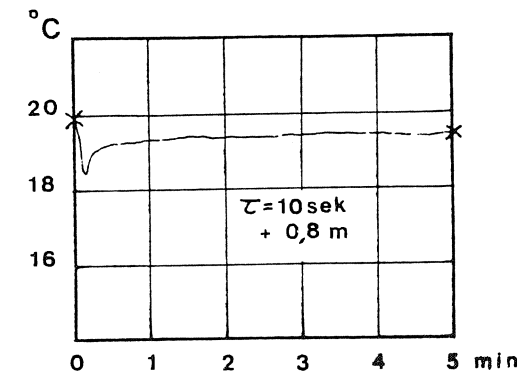
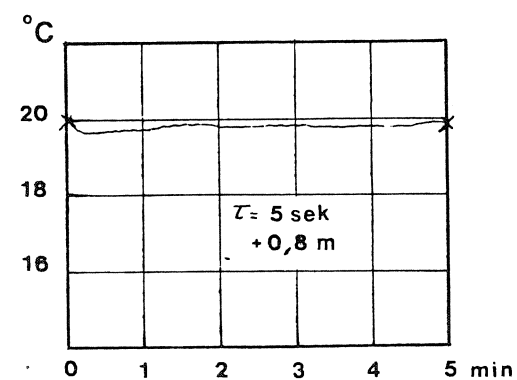
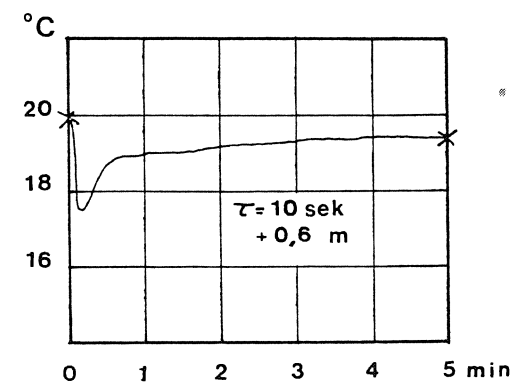
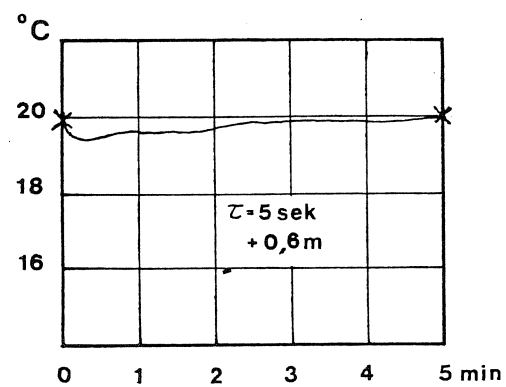
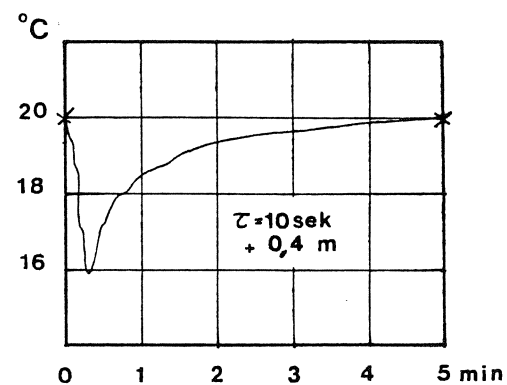
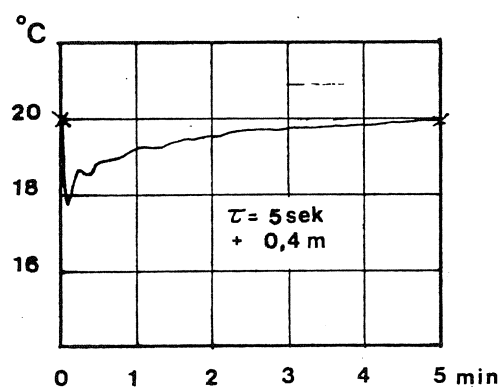
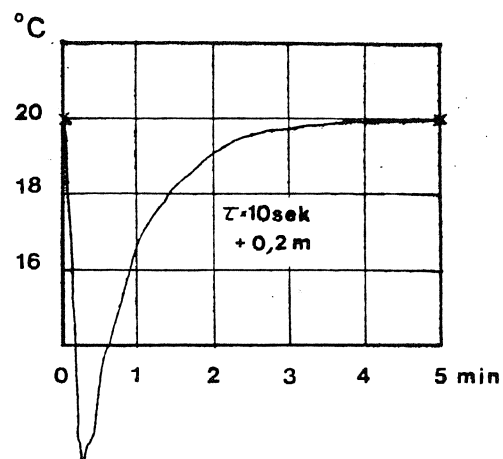
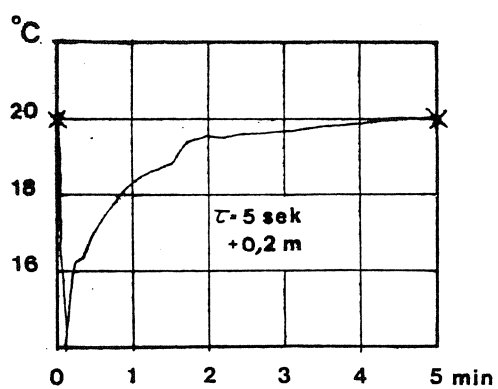
Obehaget till följd av kalldraget i samband med en dörröppning mot ett kallt utrymme bör heller inte negligeras. Ytterligare mätningar i bostäder kunde ge svar på hur temperaturen varierar i olika utrymmen i samband med dörr- och fönsteröppnande. Spårgasmätningar kunde ge svar på hur stora mängder uppvärmd luft som passerar en öppning i en vägg vid olika yttre förhållanden.



FIGUR 13. Klimatkammare. Interiör från den kallare kammaren. På bilden syns motorns upphängning samt ledskenans infästning i dörren.



FIGUR 14. Temperaturens varierande med höjden över golv. Öppningstid 10 sek. Temperatur efter 10 sek.

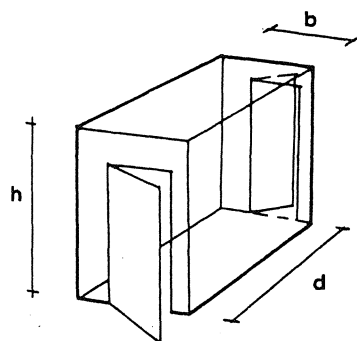
FIGUR 15 A - H $\Delta T \approx 37^\circ\text{C}$

6 BERÄKNINGAR

6.1 Entréutrymmen - exempel

För att åskådliggöra några förekommande typer av hallutrymmen redovisas här några exempel. Avsikten är att ge en uppfattning om de verkningsbara volymer som respektive utrymme innehåller, d v s den mängd luft som kan förväntas bli utbytt i samband med en dörröppning. Därvid har höjden satts till 2,05 m, detsamma som dörrhöjden, eftersom luftutbytet i det skikt som befinner sig ovanför översta delen av öppningen är försumbart vid korta dörröppningstider. (Se försök redovisade av J Rydberg i Tidskrift för VVS jan 1945.) (Rydberg 1.)

Bland dessa exempel finns inte några som tar upp stora hallutrymmen med verkningsbara volymer på mellan 20 och 100 m³. Avsikten är att visa skillnaden mellan ett ordinarie vindfång och en öppen planlösning, snarare än att visa skillnader mellan olika typer av vindfång.



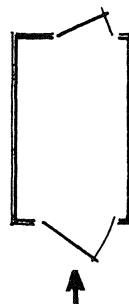
Exempel 1:

$$b \times d = 1 \times 2,5 \text{ m}$$

$$V = 5 \text{ m}^3$$

Vindfång utan kapperi.

Utrymmet verkar endast som luftsluss.

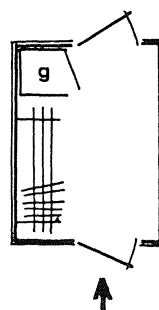


Exempel 2:

$$b \times d = 1,4 \times 2,5 \text{ m}$$

$$V = 7,2 \text{ m}^3$$

Vindfång med kapperi.



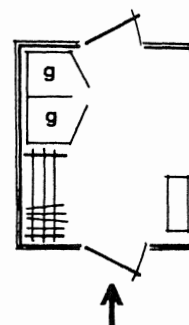
Exempel 3:

$$b \times d = 2 \times 3 \text{ m}$$

$$V = 12 \text{ m}^3$$

Vindfång med kapperi.

Utrymmet ger plats även
för t ex ett hallbord.

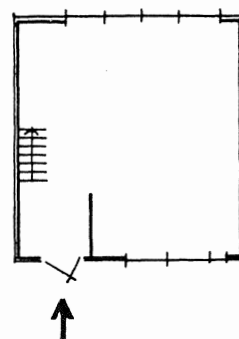


Exempel 4:

$$b \times d = 6 \times 7 \text{ m}$$

$$V = 90 \text{ m}^3$$

Lägenhet utan avskild
hall. Radhuslägenhet i
ett plan eller loftgångs-
lägenhet.

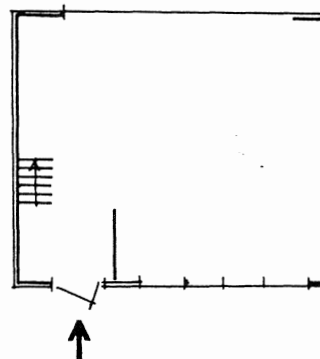


Exempel 5:

$$b \times d = 6 \times 8,5 \text{ m}$$

$$V = 105 \text{ m}^3$$

Samma typ av bostad som
ex 4, fast större.

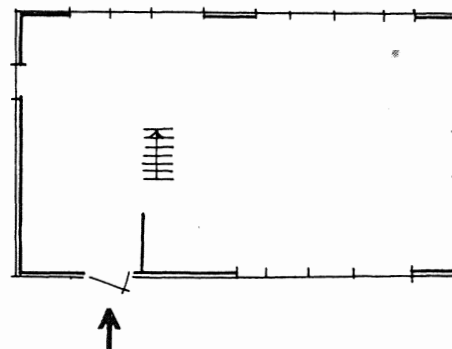


Exempel 6:

$$b \times d = 12 \times 8 \text{ m}$$

$$V = 200 \text{ m}^3$$

Villa e d med en öppen
planlösning.



Anmärkning: Den inverkan som skärmväggar o dyl har, påverkar resultatet i sådan riktning, att energiflödet genom en öppen ytterdörr minskar, men ändå kvarstår det förhållandet, att en stor öppen plan medför en större energiförlust i samband med öppnande av dörrar och fönster än en mindre avskild yta medför. Det faktum att byggnader rymmer otätheter innebär dessutom att lufttransporten blir större än vidstående beräkningar visar.

- 6.2 Utvärdering av beräkning av luftflödet genom ett dörrhål. Förutsättningarna är att vindlasten är försumbar samt att byggnaden ej har några otätheter som kan påverka beräkningarna. Följande förhållanden råder:

$$t_i = + 20^{\circ}\text{C}$$

$$t_u = - 20^{\circ}\text{C}$$

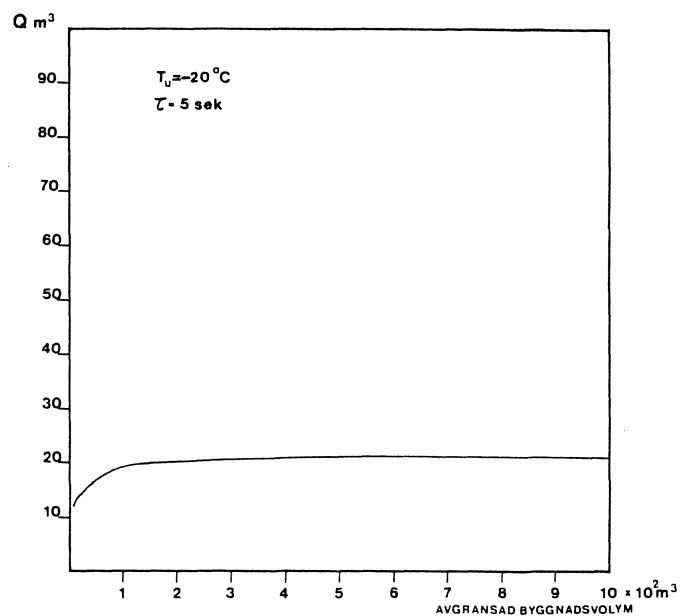
V varierar

τ varierar

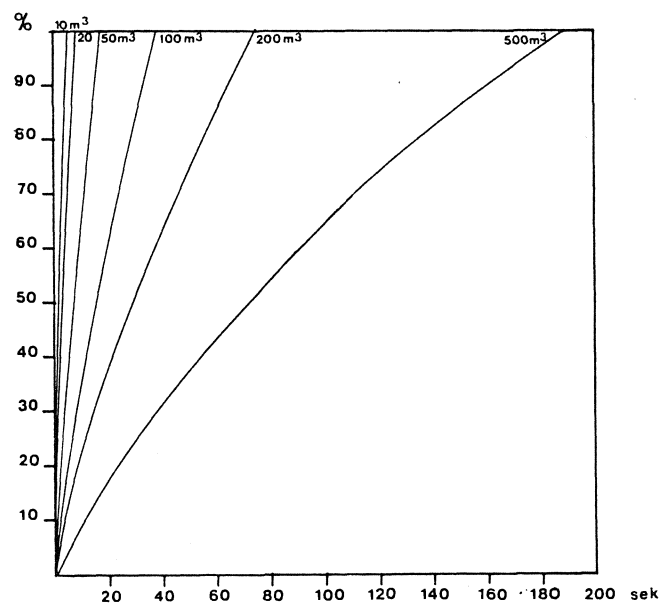
Det måttligt stora vindfånget $V = 20 \text{ m}^3$ medför att rumsluften är utbytt efter endast ca 8 sek. En öppningstid av 10 sek medför alltså inte att mer luft behöver uppvärmas, däremot börjar rumsytorna kylas ned och det värmeelement som eventuellt finns placerat i rummet avger energi som omedelbart ventileras bort. Vådan av den effekten är emellertid så ringa (1/100 av energin som åtgår att värma den utventilerade inomhusluften) att den kunnat försummas vid beräkningarna.

Uppvärmningen av 20 m^3 luft från $- 20^{\circ}\text{C}$ till $+ 20^{\circ}\text{C}$ kräver ett energitillskott på 0,29 kWh och om kostnaden är 0,12 kr/kWh, en kostnad av ca 3 öre. En jämförelse med det större radhuset eller villan med en volym av 100 m^3 i ett öppet plan medför en ungefärlig förlust av 0,54 kWh/öppning på 10 sek, vilket skulle motsvara en kostnad av ca 6 öre. Ökar den verkningsbara uppvärmningsvolymen betydligt, innebär det dock inte att kostnaden per öppning ökar i samma utsträckning. Är den verkningsbara volymen t ex 500 m^3 , vilket torde representera en liten samlingslokal, är energiförlusten efter 10 sek ca 0,63 kWh, motsvarande en kostnad av 7,6 öre. Luftombytet ökar i samband med längre öppningstider, men som tidigare framhållits, är en viss försiktighet tillräddig vid avläsandet av Q för $\tau > 10$ sek.

För vindfång som är mindre än 20 m^3 (ca) är erforderligt energitillskott vid varje öppning proportionell mot volym och temperaturdifferens. För ett vindfång på 4 m^3 och $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$ fordras t ex ett energitillskott på 0,06 kWh.

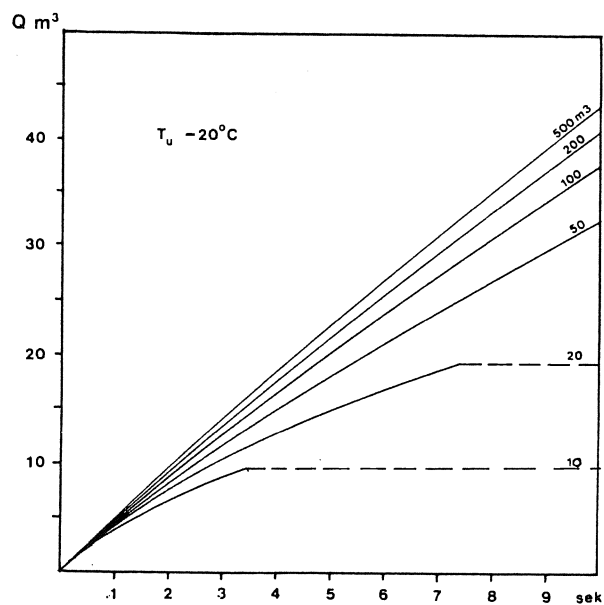


FIGUR 16. Luftflödet varierar med storleken på den avgränsade byggnadsvolymen. Dörröppnings-
 tid 5 sek. Luftflödesökningen efter $V = 100 \text{ m}^3$
 är obetydlig. Ideala förhållanden råder.



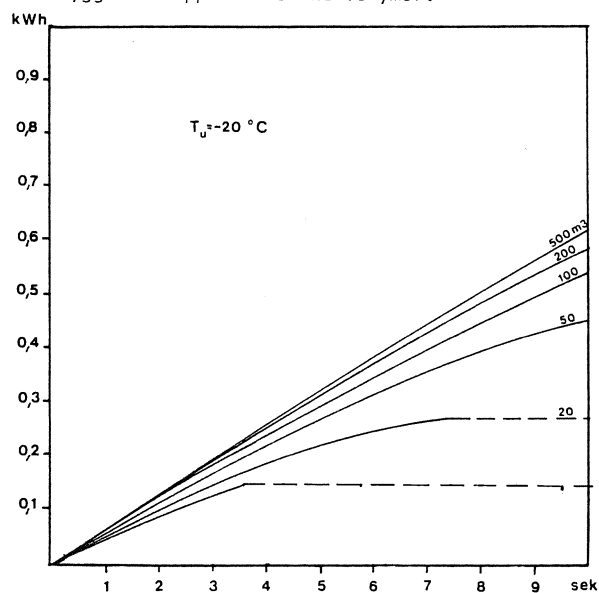
FIGUR 17. Luftomsättningen varierar med den avgränsade byggnadsvolymen. Ideala förhållanden råder.

FIGUR 18



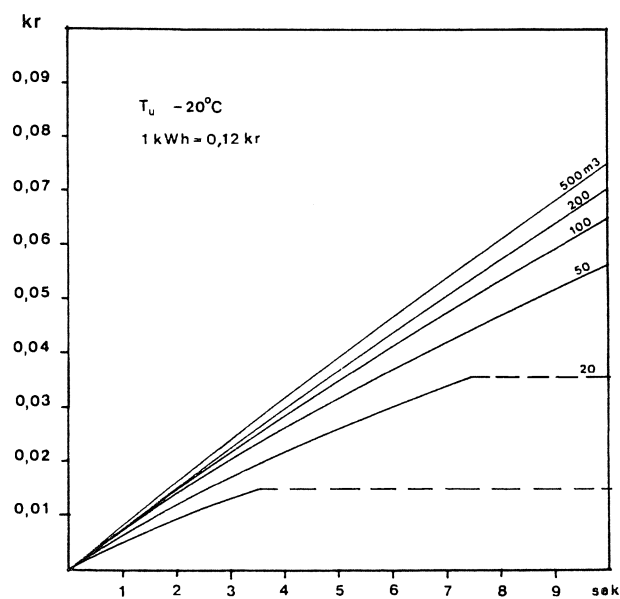
Luftflödet varierar med tiden. De olika kurvorna betecknar byggnadskropparnas olika volymer.

FIGUR 19



Erforderligt energitillskott med avseende på tiden.

FIGUR 20



Erforderligt energitillskott omräknat till kr
(1 kWh = 0.12 kr) vid varierande utetemperatur.

6.3 Utvärdering av beräkning av luftflödet genom ett dörrhål vid varierande utetemperatur.

Följande förhållanden råder:

$$t_i = + 20^{\circ}\text{C}$$

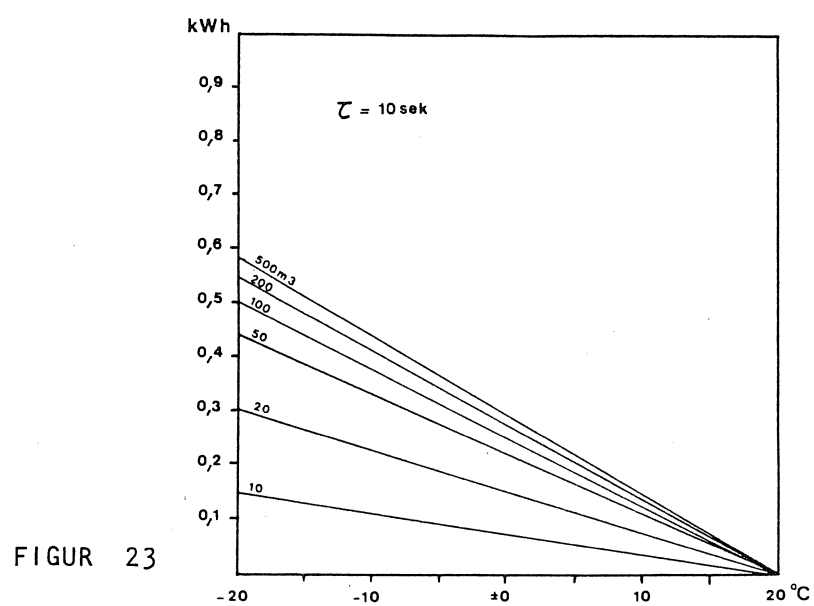
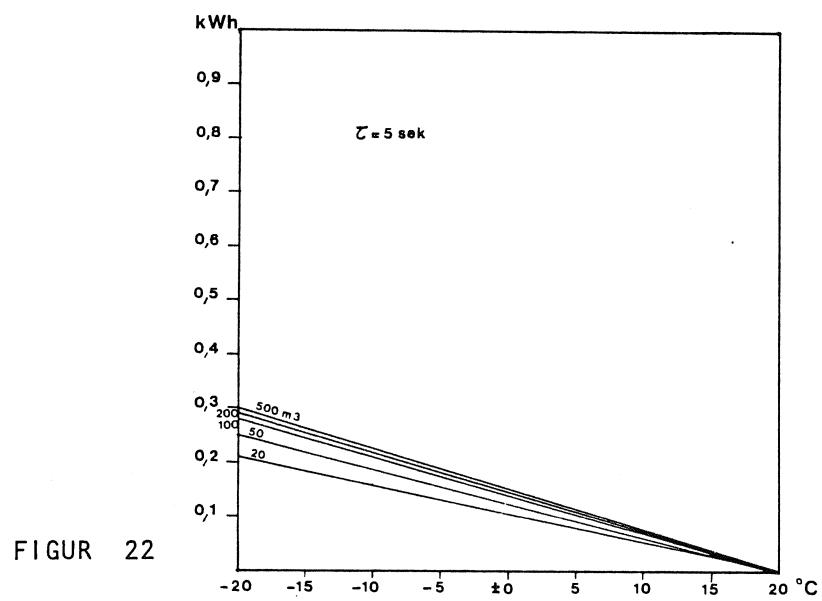
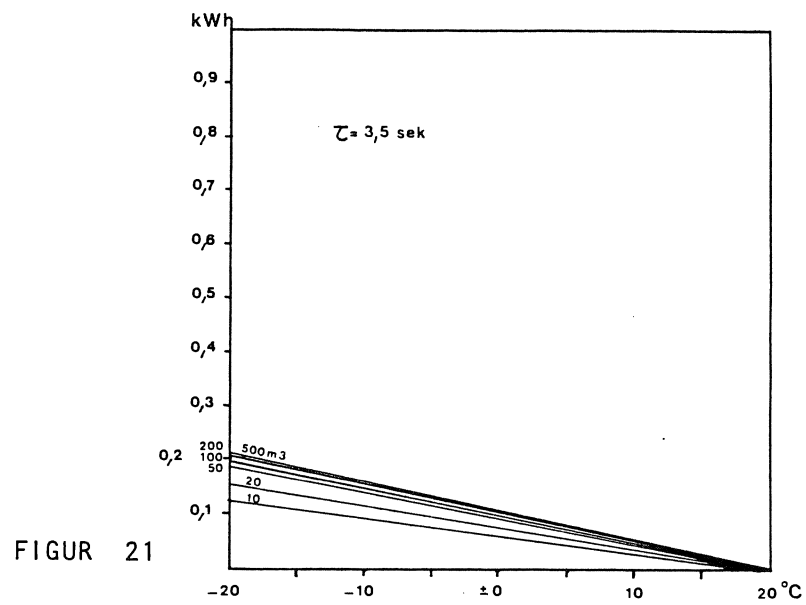
$$t_u \text{ varierar}$$

$$\tau = 3.5, 5 \text{ och } 10 \text{ sek}$$

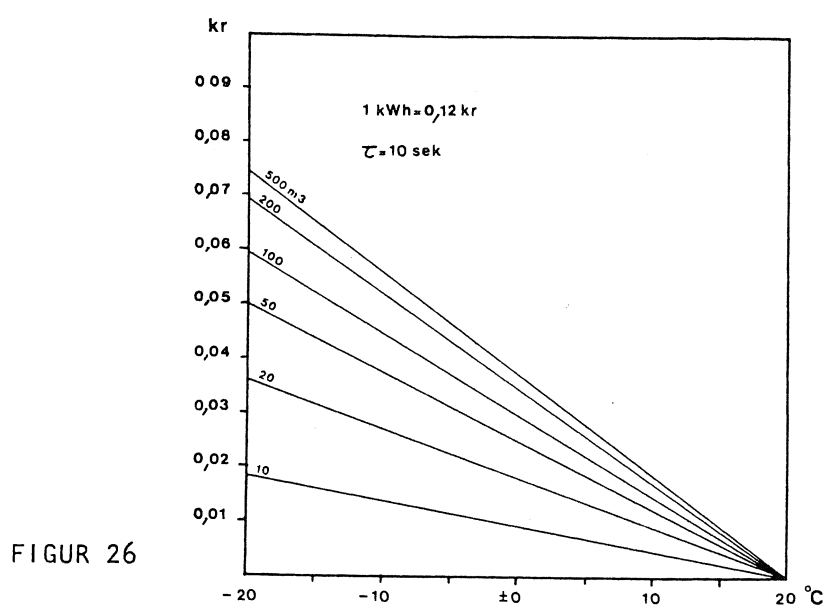
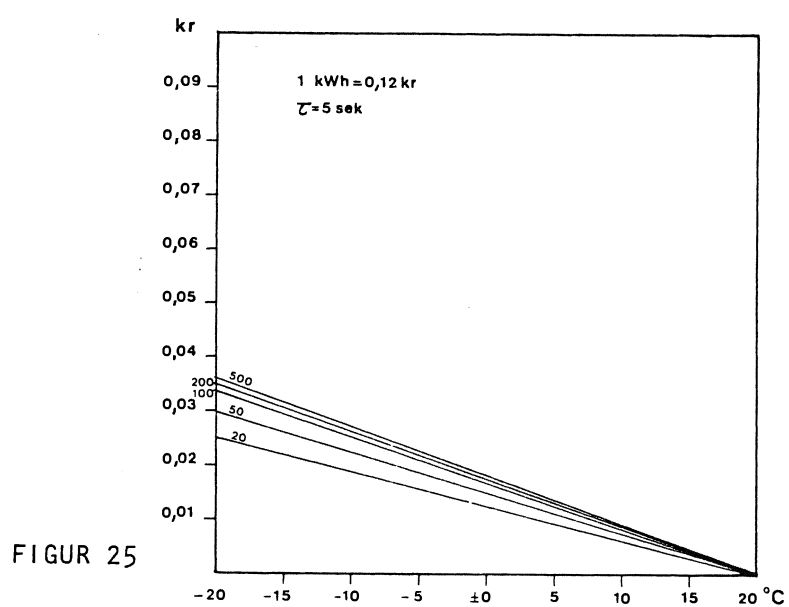
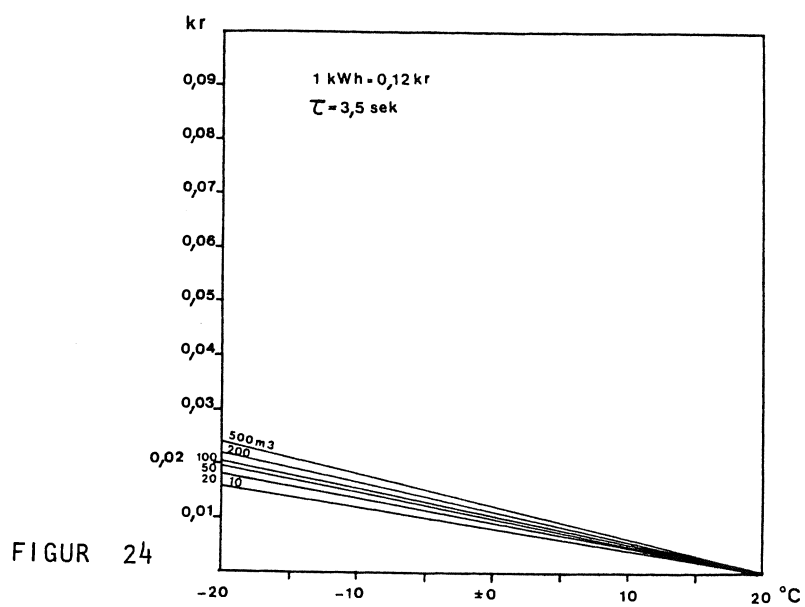
Dörröppningstiderna är valda så att de representerar en snabb och en långsam genomgång av ytterdörren. (Se figur 2)

Vid en varierande utetemperatur erhålls en skillnad i erforderligt energitillskott som är nära proportionell mot temperaturdifferensen. Den utbytta luftmängden minskar obetydligt med mindre temperaturdifferens. För de små rummen är luftutbytet konstant beroende på att dessa töms på all sin luft på en tid mindre än 10 sek. Den uppvärmning som samtidigt sker från t ex en radiator är av storleksordningen 1/100 och anses här försumbar.

Liksom i föregående beräkning (6.1) kan en kostnadsjämförelse vid olika temperaturer göras. Skillnaden mellan vindfånget på ca 10 m^3 och den stora öppna volymen $> 50 \text{ m}^3$ är stor men samtidigt kan noteras att skillnaderna mellan volymerna $50 - 500 \text{ m}^3$ (och däröver) är liten. Detta anger luftflödet vid vindstilla väderlek där luftflödet endast är beroende av temperaturdifferenserna. Av diagrammen kan utläsas att vid $t_u = 0^{\circ}\text{C}$ och $\tau = 3,5 - 10 \text{ sek}$ är energibehovet för att kompensera den utströmmande varma luften för $V = 10 \text{ m}^3$: $0,07 - 0,08 \text{ kWh}$ och för $V = 500 \text{ m}^3$ $0,15 - 0,35 \text{ kWh}$.



Erforderligt energitillskott per dörröppning vid varierande utetemperatur.



Erforderligt energitillskott omräknat till kr (1kWh=0.12 kr)
 vid varierande utetemperatur.

LITTTERATUR

- 1 Hayes, F.C. Heat Transfer Characteristics of the Air Curtain
ASHRAR report no 2120 & 2121
ASHRAR Transactions 1969 part II
- 2 Skåret, E. Luftbevegelse i Ventilerte Rom
Tapir, Trondheim 1976
- 3 Pettersson, F. Ofrivillig Ventilation - Stort Problem i speciella industrier
Byggnadsingenjören Team 4 - 1971
- 4 Rydberg, J. Modellförsök med Ventilationsanordningar
Teoretiska grunder
Tidskrift för VVS Januari 1945
- 5 Rydberg, J. Modellförsök rörande Fönsterventilation m.m.
Tidskrift för VVS Feb 1945
- 6 Cedervall, K. & Larsen, P. Hydraulik för Väg- och Vattenbyggaren
ISBN 91-40-04251-0
Liber Läromedel Lund 1976
- 7 Reinius, E. Hydraulik och Hydrologi
Fortsättningskurs
Föreläsningskompendium
Stockholm-KTH-1970
- 8 - Svensk Byggnorm 1975 (SBN 1975)
Utgåva 2
Libertryck Stockholm 1976
- 9 Valbjørn, O. Ventilation i Industrien
SBI-anvisning 106/1976
Teknisk Forlag, København 1976
- 10 Holleman, T. Air Flow Through Conventional Window Openings.
Texas Engineering Experiment Station.
Research Report 33. Texas, USA, 1951
- 11 Baturin, V.V. Fundamentals of Industrial Ventilation
Översättning från ryska språket.
Oxford press 1972.
- 12 Johansen, A. Ventilasjon for armert plastindustri - Modellforsøk.
Vassdrags- & Havnelaboratoriet ved NTH
Trondheim 1976
- 13 Neple, T.O. Retningslinjer for bedring av luftmiljøet i ferrolegeringsindustrien, basert på modellforsøk.
Vassdrags- & Havnelaboratoriet ved NTH
Trondheim 1976

TILLVERKNINGSNORMER FÖR DÖRRAR

- SIS 817052 Sidhängda dörrar - grundläggande mått.
Omfattar samtliga sidhängda dörrar utom
hisschaktdörrar.
Måttprinciper anges.
Storlekar - bredd och höjd anges.
Fästhål och beslag anges.
- SIS 817301 Dörrsnickerier. Nomenklatur.
- SIS 817302 Dörrsnickerier. Kvalitet och provning.
Kvalitetsindelning i nio klasser anges.
Materialkvalitativa bestämmelser.
Utförandebestämmelser.
Måttnoggrannhet (toleranser).
Slaghållfasthet - 2 kvalitetsklasser.
Brandmotståndsförmåga.
Ljudisoleringsförmåga.
Provningsutförande.
- SIS 817306 Ljudisolerande dörrar 25, 30 och 35 dB.
- SIS 817308 Foderspår i karm.
Spår avsedda för foder av plast enl SIS 367411.
- SIS 817314 Inbrottsskyddade dörrar - provning.
- SIS 817315 D:o, fordringar.
- SIS 817316 Bestämning av ytjämnhet hos dörrblad.
- SIS 817317 Bestämning av dörrars motståndsförmåga mot
tung stöt.
- SIS 817318 D:o men mot hård stöt.
- SIS 817319 Bestämning av dörrars bärförmåga vid vertikal
belastning på dörrbladet.
- SIS 817320 Bestämning av dörrars motståndsförmåga mot
vridning.
- SIS 817601 Dörrar och luckor av stål.
Kvalitet och provning.
- SIS 817602 Dörrar av stål och metall.
Sidhängda dörrar och skjutdörrar. Mått.
- SIS 817605 Dörrkarmar av stål och metall. Mått.

TILLVERKARE OCH AGENTER FÖR DÖRRAR

Skjut/vikdörrar av al./isolerrutor

Ferm & Persson AB, V. Frölunda (T)
 Kawneer Svenska AB, Västerhaninge (T)
 Ark Sten Näsman, Malmö (S)
 A/S Raufoss Ammunitionsfabrikker,
 Stockholm (T)
 Ronet Trade AB, Stockholm (G)

Ytterdörrar, -partier

- Allt för Byggnadsfacket, Stockholm (T, S)
 (loftgångsdörrar)
 Åke Axelssons Snickeriverkstad, Åsa (T)
 AB Oscar Björklunds Snickerifabrik, Åseda (T)
 Bor Dörren AB, Bor (T)
 Bygg-Produkter i Helsingborg AB,
 Helsingborg (T)
 DalaDörren, Helmer Nordkvist AB, Gagnef (T)
- Svenska Dörr AB, Jönköping (S)
 Ekstrands Snickerifabrik AB, Osby (T)
 Elementa, Varberg (G, S)
 (dörrar av aluminium)
- Falkenbergs Betongindustri AB, Falkenberg
 (aluminiumdörrar)
 AB Fjugesta Snickerifabrik, Fjugesta (T)
 AB Fogelfors Bruk, Fågelfors (T)
 Forsbergs Industri AB, Krokum (T, S)
 Gotlandslamell AB, Klintehamn (T, G, S)
 Gotlandssnickerier AB, Visby (G)
 AB Bengt Gustafssons Snickerifabrik,
 Brovallstrand (T)
- Ji-Te AB, Åstorp (T)
- AB Gustaf Kähr, Nybro (T)
 Liatorps Snickerifabrik, Liatorp (T)
 Lovene Snickeriverkstad, Lidköping (T)
 AB Lurs Snickerifabrik, Tanumshede (T)
 Lönsboda Snickerifabrik, Lönsboda (T)
 AB Markaryds Snickerifabrik, Markaryd (T)
 Netteln System AB, Malmö (G, S)
 (trä/al.)
 F:a Nettovaror, Laholm (T)
 (skånedörr, halv-dörr)
 Br Perssons Snickerifabrik AB, Valla (T, S)
- Owe Pettersson AB, Hemse (T)
 Wilh. Schauman Försäljnings AB, Skärholmen
- Skellefteå Snickericentral ek för, Skellefteå (S)
- Snickeriprodukter AB, Hägersten (G)
- AB Stenbacks Snickerifabrik, Leksand (T)
 (allmogedörr)
 AB Toné-Dörren, Smålands Burseryd (T)
 AB Torups Snickerifabrik, Torup (T)
- AB WST-hus, Forserum (T)
 AB Vånga Snickerifabrik, Villands Vånga (T)
 Vännäs Dörr AB, Vännäs (T)

TILLVERKARE OCH AGENTER FÖR ENTREFLÄKTAR
OCH VARMLUFTSAGGREGAT:

Fläktar

- AB Akron-maskiner, Järpås (T)
- AR-Ventilation AB, Stockholm (S)
- Axenta Industri AB, Ryd (T)
- AB Bahco Ventilation, Enköping (T)
- AB Bygg-Zäta, Stockholm (S)
- AB Damaverken, Malmö (T)
- EKB-Produkter AB, Johanneshov (G)
- Walter Ehrnlund AB, Stockholm (G, S)
- AB Evaporator, Stockholm (S)
- AB Svenska Fläktfabriken, Stockholm (T)
- Industrifilter AB, Borås (T)
- AB Industri Tekniska Konstruktioner, Farsta
- Luftkonditionering AB, Stockholm (T)
- Plåt-Mekano i Kvänum AB, Kvänum (T)
- Polytrone Industri AB, Stockholm (S)
- Satchwell Regulatorer AB, Stockholm (G, S)
- Ing firman Sefovent AB, Jönköping (G)
- Specialmaskiner AB, Göteborg (G)
- Carl Ström AB, Johanneshov (G)
- AB Sveno, Sundbyberg (G, S)
- AB Teem-Incorporated, Stockholm (G)
- (luftfridågggregat)
- Thermor-Fläkt AB, Göteborg (G, S)
- Tervento AB, Skellefteå (T)
- AB Ventilatorverken, Malmö (T)

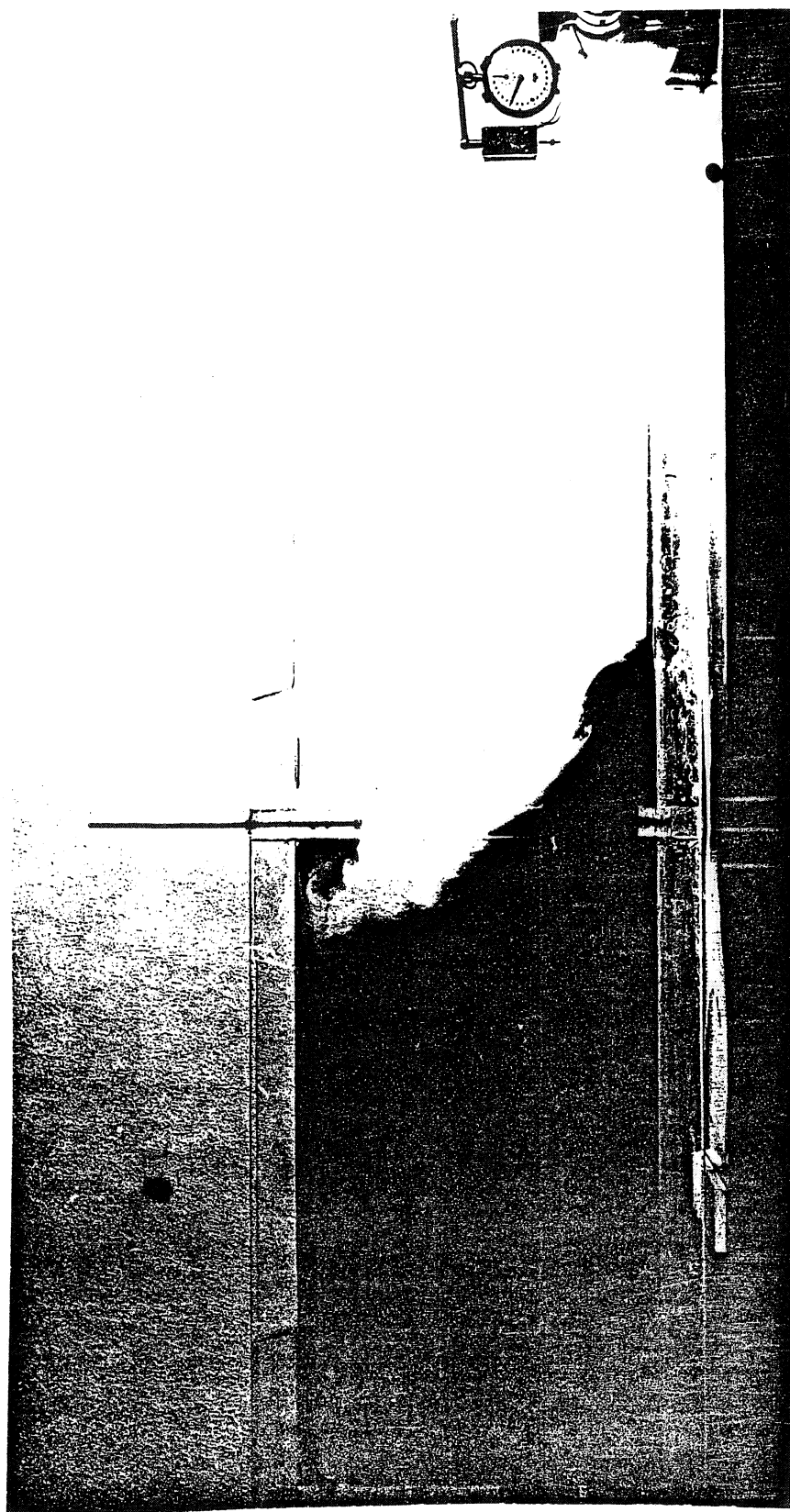
Varmluftsapparater, -pannor o d

- AB Akron-maskiner, Järpås (T)
- AB Andersson & Ströms Eftr, Stockholm (T, S)
- Backer Elektro Värme AB, Sösdala (T)
- AB Bahco Ventilation, Enköping (T)
- AB Damaverken, Malmö (T)
- EKB-Produkter AB, Johanneshov (G)
- Elektro Standard AB, Katrineholm (T)
- AB Evaporator, Stockholm (S)
- AB Svenska Fläktfabriken, Stockholm (T)
- Kocoverk Knut Olsson & Co Verkstäder AB, Solentuna (T)
- AB Lehmkuhl, Partille (T)
- Mastery Center AB, Sundsvall (G, S)
- H Moldow AB, Malmö (T, S)
- AB Nordholms Verkstäder, Falkenberg (T)
- Plåt-Mekano i Kvänum AB, Kvänum (T)
- AB Sveno, Sundbyberg (G, S)
- Tervento AB, Skellefteå (T)
- AB Ventilatorverken, Malmö (T)

T = tillverkare

S = säljare

G = generalagent



Försöksmodell skala 1:10. Händelseförloppet vid öppnandet av en dörr som som skiljer två rum med olika temperaturer. Temperaturdifferensen är 25°C . Vätskan i kamrarna är vatten. Den mörka vätskan redovisar den kalla luftvolymen. Färgämne är Nigrosin (svart).