



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.



Rapport

R26:1972

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VÄRME OCH VÄTTE
BIBLIOTEKET

**Den konvektiva värme-
avgivningen och
människans dragkänsla**

Lars-Olof Glas

Toni Ivergård

Georg Lewin

Byggforskningen

Den konvektiva värmeavgivningen och människans dragkänsla

Lars-Olof Glas, Toni Ivergård & Georg Lewin

Klagomål på drag är vanligt förekommande såväl i hemmiljö som i olika former av arbetsmiljöer. I rapport R26:1972 redovisas en studie som gjorts i syfte att fastställa olika parametrars inverkan på "dragtröskeln" samt studera relationen mellan konvektiv avkylning av elektriskt värmda provkroppar och subjektiv reaktion vid konvektiv avkylning av människor. Studien är uppdelad dels i en ergonomisk del, där den subjektiva reaktionen på avkylning genom luftstrålar har studerats, dels i en teknisk del, där avkylningen mätts fysikaliskt på provkroppar vid olika lufthastigheter.

Undersökningsmetodik — ergonomisk del

Förutom de försökspersoner som ingick i en förundersökning, där smärre korrigeringar av försöksmetodiken genomfördes, deltog 19 personer i undersökningen. Försökspersonerna fick ligga på rygg på en brits med bar överkropp. Genom ett hål i britsen blåstes luft på ryggen genom två olika rör. Försökspersonerna hade till uppgift att fastställa genom vilket rör påblåsningen skedde. Luften kunde blåsas med 4 olika hastigheter (0,08, 0,14, 0,2 eller 0,3 m/s). Luftstrålningen hade en varaktighet av 0,3 eller 18 sekunder. Sammanlagt förelåg således 16 olika kombinationer: två positioner (2 olika rör), 4 hastigheter och två olika varaktighetsgrader för luftstrålen.

Undersökningsmetodik — teknisk del

Sju olika provkroppar (tre cylinderformade, tre kubiska samt en skiva) placerades i en kanal, som arrangerats för jämn lufthastighetsfördelning kring kropparna. Provkropparna var elektriskt värmda. Den elektriska effekten valdes olika för tre försöksserier. Temperaturdifferenser på ca 5, 10 och 30°C mellan kropp och omgivande luft erhöles därvid för lufthastigheter under 0,05 m/s.

Yttemperaturen mättes med termoelement. Temperaturmätningarnas placering på de cylinderformade och kubiska provkropparna framgår av FIG. 1. Mätningarna på kropparna var värmeisolerade från varandra.

Resultat

Den ergonomiska undersökningen gav som resultat att en ökning av luftstrålens varaktighet från 0,3 till 18 sekunder gav en statistiskt signifikant ökad dragkänsla. Den lägre varaktighetsgraden var överhuvudtaget för låg för att tillförlitliga iakttagelser skulle kunna göras beträffande den upplevda dragkänslan. I FIG. 2 visas för olika hastigheter i luftstrålen sannolikheten för att luftstrålen skall urskiljas av försökspersonerna. Sambandet gäller för den högre varaktighetsgraden, 18 sekunder. Vid en hastighet av 0,15 m/s urskiljs luftstrålen med 50 % säkerhet.

Från den tekniska undersökningen kan man ur FIG 3 avläsa att en ökande avkylning erhöles vid lufthastigheter överstigande 0,05 resp. 0,2 m/s beroende på provkroppens storlek och mätpunktens placering. Vid placering av mätpunkten på framsidan (den mot luftströmmen vända sidan) av provkroppen erhöles ett högre värmeövergångstal än vid placering på baksidan. De mindre av provkropparna erhöles ett klart större värmeövergångstal än de större provkropparna. På provkropparnas framsida uppstod en avkylningseffekt, dvs. en klar ökning av värmeövergångstalet, redan vid låga lufthastigheter (ca 0,05–0,06 m/s).

För den motsatta sidan av provkroppen uppstod däremot ingen nämnvärd ökning av värmeövergångstalet förrän lufthastigheten översteg 0,2 m/s.

Slutsatser

En slutsats från denna undersökning är att dragkänslan troligen till största delen

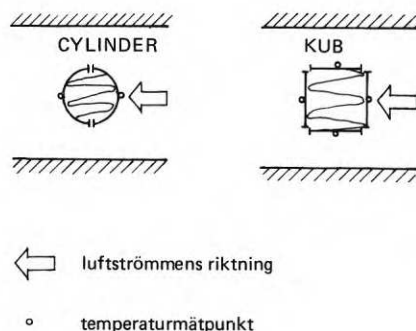


FIG. 1. Mätningarnas placering på en cylinderformad och en kubisk provkropp.

Bygghforskningen Sammanfattningar

R26:1972

Nyckelord:

konvektiv värmeavgivning, dragkänsla, laboratorieundersökning

Rapport R26:1972 avser anslag D 738 från Statens råd för byggnadsforskning till Toni Ivergård, Stockholm

UDK 628.86
697.95

SfB A
ISBN 91-540-2040-9

Sammanfattning av:

Glas, L-O, Ivergård, T & Lewin, G, 1972, *Den konvektiva värmeavgivningen och människans dragkänsla*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R26:1972, 65 s., ill. 17 kr.

Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, 111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60
Grupp: installation

beror på den konvektiva värmeavgivningen och inte på den beröringseffekt, som luftstrålningen åstadkommer, eftersom vid luftstrålar med kort varaktighet inga signifikanta skillnader kunde påvisas beträffande den upplevda dragkänslan vid olika lufthastigheter.

Tekniska studier genom mätningar av den konvektiva värmeavgivningen bör

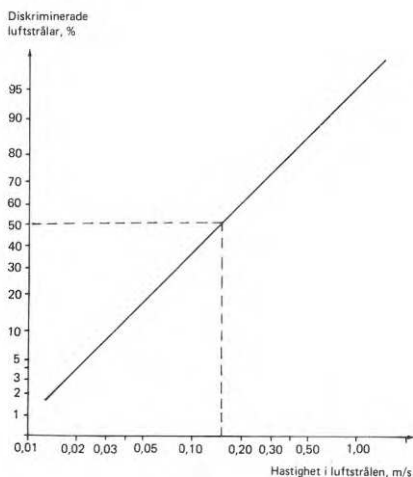


FIG. 2. Relation mellan av försökspersoner detekterade påblåsningar med luftstråle av 18 sekunders varaktighet och luftstrålens hastighet.

därför i många sammanhang kunna vara ett fullgott alternativ till försök med försökspersoner för undersökning av dragkänslan. Försiktighet vid utvärderingen av undersökningarnas resultat måste dock iakttas, enär validiteten beror på ett flertal olika faktorer. Speciellt viktigt blir, att vid den tekniska undersökningen ta hänsyn till vilken typ av

kroppsdelar dragstudierna skall gälla. Den konvektiva värmeavgivningen är starkt beroende av ett föremåls storlek och luftströmmens anströmningsriktning. För större kroppsytor, t.ex. rygg, med luftströmmen parallell med ytan, kan man förvänta sig, att lufthastigheter först över ca 0,2 m/s inverkar på dragkänslan.

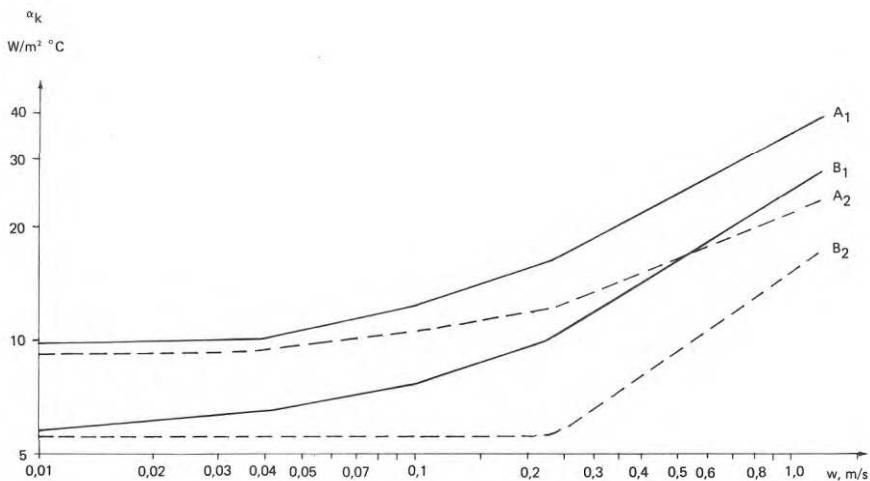


FIG. 3. Påverkan av värmeövergångstal, α_k , vid olika lufthastigheter, w .

A_1 : Mät punkt på framsidan av en cylinder med diameter $\varnothing = 23$ mm och längd = 35 mm

A_2 : Mät punkt på baksidan av en cylinder med diameter $\varnothing = 23$ mm och längd = 35 mm

B_1 : Mät punkt på framsidan av en cylinder med diameter $\varnothing = 100$ mm och längd = 155 mm

B_2 : Mät punkt på baksidan av en cylinder med diameter $\varnothing = 100$ mm och längd = 155 mm.

Convective heat emission and awareness of draught in human beings

Lars-Olof Glas, Toni Ivergård & Georg Lewin

National Swedish Building Research Summaries

R26:1972

Complaints about draughts are common both in the home environment and in different working environments. Report No R26:1972 describes a study which was carried out in order to establish the effect of different parameters on the "draught threshold" and to study the relationship between the convective cooling of electrically heated test objects and the subjective reactions of people while being cooled convectively. The study is divided into an ergonomic section in which the subjective reaction to cooling by air jets was studied, and an engineering section in which cooling was measured by physical means on test objects, similar in size to parts of the human body, which were subjected to air streams of different velocities.

Method of investigation — ergonomic section

In addition to the test subjects who took part in a preliminary investigation in which minor corrections of the investigation method were made, nineteen people participated in the investigation. The test subjects lay on their backs on a bunk with the upper parts of their bodies bare. Air was blown onto their backs from two separate pipes the bunk. The test subjects had to determine the pipe through which the air was being blown. There were 4 possible air velocities (0.08, 0.14, 0.2 or 0.3 m/s) and the air flow had a duration of 0.3 or 18 seconds. There were thus 16 different combinations: two positions (2 different pipes), 4 velocities and two air flow durations.

Method of investigation — engineering section

Seven different test objects (three cylindrical, three cubical and one flat) were placed into a duct which was arranged so as to give even air velocity distribution around the bodies. The test objects were electrically heated, the power being different for the three test series. Temperature differences of approx. 5, 10 and 30° were obtained between the object and the ambient air at air velocities below 0.05 m/s.

The surface temperature was measured by means of thermocouples. The temperature measurement points were placed on the cylindrical and cubical test objects as shown in FIG. 1. The measurement surfaces on the bodies were separated from one another by heat insulation.

Results

It was found as a result of the ergonomic investigation that an increase in the duration of the air flow from 0.3 to 18 seconds caused a statistically significant increase in the awareness of draught. The shorter air flow was on the whole insufficient to permit reliable observations with regard to the sensation of draught experienced. FIG. 2 shows for the different air jet velocities the probability that the air jet will be distinguished by the test subjects. This applies to the longer duration of 18 seconds. At a velocity of 0.15 m/s the air jet is distinguished with a certainty of 50%.

As shown in FIG. 3, it is evident from the engineering investigation that an increasing cooling effect is obtained at air velocities greater than 0.05 and 0.2 m/s respectively, depending on the size of the test object and the placing of the measurement points. When these were placed on the front of the object (the side facing the air stream), the thermal transmittance was higher than when the measurement point was placed on the rear of the object. The smaller test objects had an obviously higher thermal transmittance than the larger ones. There was a cooling effect, i.e. a clear increase in the thermal transmittance, on the front of the objects even at low air velocities (approximately 0.05–0.06 m/s).

There was on the other hand no appreciable increase in thermal transmittance on the rear of the test object until the air velocity had exceeded 0.2 m/s.

Conclusions

One conclusion that can be drawn from this investigation is that most of the awareness of draught probably depends

Key words:

convective heat emission, awareness of draught, laboratory study

Report R26:1972 refers to Grant D 738 from the National Swedish Council for Building Research to Toni Ivergård, Stockholm

UDK 628.86
697.95
SFB A
ISBN 91-540-2040-9

Summary of:

Glas, L-O, Ivergård, T & Lewin, G, 1972, *Den konvektiva värmeavgivningen och människans dragkänsla*. Convective heat emission and awareness of draught in human beings. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R26:1972, 65 s., ill. 17 Sw.Kr.

The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

Svensk Byggtjänst
Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden

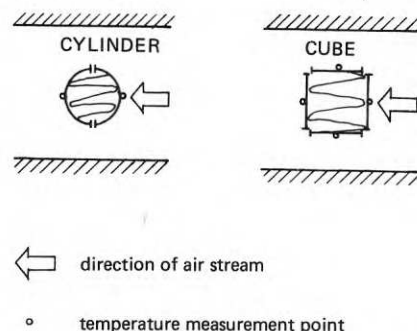


FIG. 1. Placing of measurement points on a cylindrical and a cubical test object.

on the convective heat emission and not on the contact effect due to the air flow, since no significant differences could be demonstrated for air flows of short duration as regards the sensation of draught which was experienced at different air velocities.

In investigations of the awareness of draught, engineering studies by means of measurements of the convective heat

emission should therefore in many instances be a perfectly satisfactory alternative to tests on people. Care must, however, be exercised in evaluating the results of the investigations, since their validity is dependent on a number of different factors. It is particularly important in the engineering investigations to bear in mind the part of the body to which the draught studies are to apply,

since the convective heat emission is very largely dependent on the size of the object and the direction of flow of the air stream. In the case of larger body surfaces such as the back, with the air stream parallel to the surface, it is to be expected that air velocities will have no effect on the sensation of draught until they have exceeded approximately 0.2 m/s.

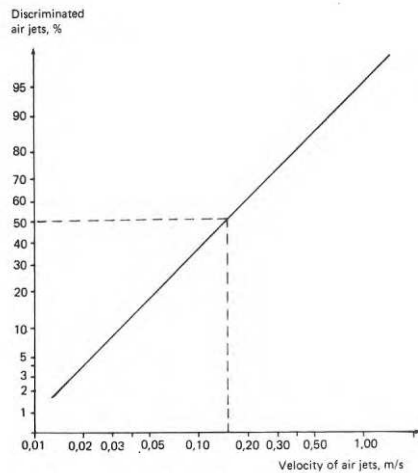


FIG. 2. Relation between detection of air flows of 18 seconds duration and the velocity of the air stream

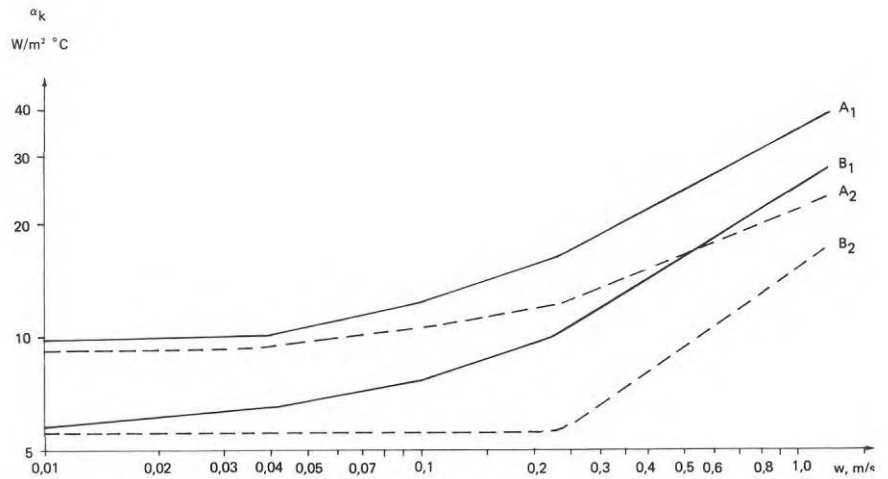


FIG. 3. Effect of thermal transmittance α_k at different air velocities w

A_1 : Measurement point at the front of a cylinder of diameter $\varnothing = 23$ mm and length = 35 mm

A_2 : Measurement point at the rear of a cylinder of diameter $\varnothing = 23$ mm and length = 35 mm

B_1 : Measurement point at the front of a cylinder of diameter $\varnothing = 100$ mm and length = 155 mm

B_2 : Measurement point at the rear of a cylinder of diameter $\varnothing = 100$ mm and length = 155 mm

Rapport R26:1972

DEN KONVEKTIVA VÄRMEAVGIVNINGEN OCH
MÄNNISKANS DRAGKÄNSLA

CONVECTIVE HEAT EMISSION AND
AWARENESS OF DRAUGHT IN HUMAN BEINGS

av Lars-Olof Glas, Toni Ivergård & Georg Lewin

Denna rapport avser anslag D 738 från Statens råd för byggnadsforskning till laboratoriechef Toni Ivergård, Kooperativa förbundet, Stockholm. Försäljningsintäkterna tillfaller fonden för byggnadsforskning.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2040-9

Rotobekman Stockholm 1972

INNEHÅLL

CAPTIONS (ENGELSKA FIGURTEXTER)	4
1 INLEDNING	6
2 TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR	7
2.1 Ergonomisk del	7
2.2 Teknisk del	9
3 METODBESKRIVNING - ERGONOMISK DEL	12
3.1 Instrument och försöksutrustning	12
3.2 Undersökningsrutin	13
3.3 Försökets utförande	15
3.4 Databearbetning	16
4 MÄTRESULTAT - ERGONOMISK DEL	19
5 METODBESKRIVNING - TEKNISK DEL	21
6 MÄTRESULTAT - TEKNISK DEL	23
7 SLUTSATSER	25
8 LITTERATUR	26
9 FIGURBILAGA	29
10 TABELLBILAGA	53

CAPTIONS (ENGELSKA FIGURTEXTER)

- FIG. 1. Measurement of air velocity with the low-velocity anemometer (a).
- FIG. 2. Instrumentation. Time counter (a), universal time relay (b), control panel (c) and rectifier (d).
- FIG. 3. Measurement of wet and dry bulb temperatures in the air jet. Sling psychrometer (a), blow tube (b).
- FIG. 4. Compressed air apparatus. Solenoid valve (a), blow tube (b) and throttle valve (c).
- FIG. 5. The personal reply unit supplied to the test subjects.
- FIG. 6. Measurement of air velocity with jet directed against a flat surface at right angles. Test 1. Flat surface (a), probe (b).
- FIG. 7. Measurement of air velocity with jet directed against a flat surface. Flat surface (a), probe (b) and tube (c).
- FIG. 8. Test procedure.
- FIG. 9. Variation of air velocity in the region around the jet orifice.
 y = vertical distance between the centre of the jet orifice and the measurement point in mm.
 x = horizontal distance in mm between the centre and the measurement point.
 v_y = air velocity in m/s at a point situated at the vertical distance of y mm from the centre.
- FIG. 10. Air movements when the jet is directed at right angles against a flat
 & 11. surface.
 v_x = max. air velocity at a certain point.
 x = horizontal distance between the measurement point and the centre of the tube.
 In test 1 the distance between the surface and the measurement points is 5 mm and in test 2 it is 2 mm.
- FIG. 12. Stability of air velocity during a short time interval.
- FIG. 13. Stability of air velocity over a whole day.
- FIG. 14. The uncertainty in the received and emitted information $H(\text{in})$ and $H(\text{ut})$ respectively and the transmitted information T .
- FIG. 15. The ability T of detecting air jets of different velocities v and durations D .

- FIG. 16. Relation between percentage detected air jets and the velocities of the air jets. The curve is fitted to the whole percentages in a half log scale chart.
- FIG. 17. Relation between percentage detected air jets and the velocities of the air jets. Linear system of co-ordinates.
- FIG. 18. The approximate relation $\alpha_k = C_E \cdot \vartheta^{n_E}$ ($W/m^2\text{C}$) from Glas (1966) and Pierre (1964). $1 < \vartheta < 100^\circ\text{C}$.
- FIG. 19. Approximate relation $\alpha_k = C_E \cdot w^{n_F}$ ($W/m^2\text{C}$).
- FIG. 20. Test equipment. Test objects.
- FIG. 21. Test equipment. Test objects and test duct.
- FIG. 22. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from a cylinder (\varnothing 23 x 35 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 23. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from a cylinder (\varnothing 50 x 77 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 24. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from a cylinder (\varnothing 100 x 155 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 25. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from the front and rear of a cube (25 x 23 x 20 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 26. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from the top and bottom faces of a cube (25 x 23 x 20 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 27. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from the front and rear of a cube (50 x 50 x 50 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 28. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from the top and bottom faces of a cube (50 x 50 x 50 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 29. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from the front and rear of a cube (100 x 100 x 100 mm) as a function of the air velocity w (m/s).
- FIG. 30. The convective heat emission α_k ($W/m^2\text{C}$) from the top and bottom faces of a cube (100 x 100 x 100 mm) and from the side of a slab (100 x 100 mm) as a function of the air velocity (m/s).
- FIG. 31. Relation between the temperature difference between the skin and the air and the air velocity w (m/s) for constant heat emission q (W/m^2) from the body and for constant insulation k ($W/m^2\text{C}$) provided by clothing.

Klagomål på drag är mycket vanligt förekommande såväl i hemmiljö som i olika former av arbetsmiljöer. I den stora LO-enkäten (Bolinder m.fl., 1970) är klagomål på drag den tredje vanligaste formen av besvär. Självklart är det svårt att från denna typ av undersökning dra några definitiva slutsatser om vad dessa klagomål på drag verkligen representerar. Ett faktum är dock att drag och besvär av drag ofta diskuteras i olika sammanhang. Inte minst förekommer sådan diskussion i nya kontor och speciellt i nya kontorslandskap.

Människan avger ca 50 % av sin värme genom konvektion till omgivningen. Denna värmeavgivning bestäms av kroppens och luftens temperatur samt lufthastigheten. Klagomål på drag från ventilationsanläggningar kan således i vissa fall bero på för höga lufthastigheter. Drag kan också bero på andra orsaker exempelvis ojämn avkylning, strålningsdrag (dvs. värmeavgivning från kall yta). Även annan form av ojämn avkylning, exempelvis om man är utsatt för en luftstråle med låg temperatur eller är utsatt för kall luft på en del av kroppen och varm på en annan, kan uppfattas som drag.

Den variabel som oftast uppvisar stora variationer med tiden och därför kan vara viktig är luftrörelsen. Under hela 1900-talet har ett stort antal studier utförts med avsikt att försöka bestämma relationen mellan dragupplevelsen och lufthastigheten. Tyvärr har sällan förfinad, experimentalpsykologisk metodik använts i dessa sammanhang. Det har därför inte varit möjligt att mer exakt fastställa "dragtröskeln" och inom vilka värden dragtröskeln kan variera. Inte heller har studier som utförts tagit hänsyn till snabba variationer i lufthastigheten eller lufthastighetens varaktighet. Eftersom detta ur praktisk synpunkt är mycket viktigt är det ännu så länge svårt att fastställa några former av komfortkriterier för lufthastigheterna. Denna typ av kriterier är dock mycket viktig att känna till vid val av typ och vid dimensionering av luftkonditioneringsanläggningar. Brist på denna typ av kriterier kan innebära att man onödigt fördyrar ventilationsanläggningen eller att man gör en anläggning som ej uppfyller de standardkrav på komfort som man bör kunna ställa.

För att ge vissa preliminära svar på dessa frågor samt för att utprova en metod med vars hjälp dessa dragparametrar kan studeras, har föreliggande undersökning utförts. Undersökningen har dels baserats på rent fysikaliska mätningar av hur varma provkroppar av människokroppsdelars storlek avkyls vid lufthastigheter från 0,05 m/s upp till 1 m/s. Dels har dragtröskeln prövats på försökspersoner vid olika hastigheter och vid olika varaktighet på luftstrålen.

Syftet med undersökningen är

- att studera lufthastighetens inverkan på avkylningen av varma provkroppar
- att fastställa risken för dragförnimmelse vid olika lufthastigheter och olika varaktighet på luftstråle
- att jämföra effekten av dragförnimmelsemätningarna och de fysikaliska mätningarna på provkroppar.

2.1 Ergonomisk del

John Elmgren (1957) har i sin bok Experimentell psykologi behandlat en del av de problem som man stöter på i samband med en undersökning av det här slaget. När man skall försöka fastställa tröskelvärden för människans känsel utsätts personer för så svaga stimuli att felkällorna helt kan snedvridera försöksresultatet om man inte är mycket uppmärksam. Faktorer som t.ex. kan tänkas påverka försöksresultatet är: försökspersonens fysiologiska allmäntillstånd, hans humör, hans grad av övning, årstiden, trötthet och suggestion.

Enligt Stephen Rothman (1950), Physiology and Biochemistry of the Skin, har människan åtminstone smärt-, köld-, känsel- och värmereceptorer. Köldreceptorerna registrerar temperaturändringar på 0,2 °C eller ännu mindre om området som stimuleras är tillräckligt stort. De reagerar också mycket snabbt, snabbare än värmereceptorerna beroende på att de ligger ytligare. Frekvensen av köldreceptorer varierar på människans olika kroppsdelar. På t.ex. ryggen, som är aktuell i det här försöket, sitter inte köldreceptorerna speciellt tätt. För att få en tillräckligt stor yta där receptorerna kunde förväntas vara något så när jämnt fördelade, valdes dock ändå ryggen i detta försök.

B Givoni (1969) har i Man, Climate and Architecture behandlat luftrörelsernas effekter på människokroppen. Det rör sig främst om två effekter:

1. Den konvektiva värmetransporten påverkas
2. Avdunstningen, som bestämmer svettningens kylningseffekt, påverkas.

När lufttemperaturen är lägre än kroppstemperaturen har både 1 och 2 en avkylande effekt men när den är högre än kroppstemperaturen verkar 1 uppvärmande och 2 avkylande. Detta innebär att man i det senare fallet kan få effekterna att ta ut varandra. Man får då följaktligen ingen dragupplevelse trots att man har en luftrörelse.

Det har under 1900-talet gjorts ett stort antal undersökningar av drags inverkan på människan. Här omnämns dock bara några som har betydelse för detta försök.

A M Baetjer (1924) rapporterade t.ex. om sin undersökning Threshold air currents in ventilation, där hon i första hand vill fastställa formler för användning av värden från Catatermometern och i andra hand bestämma olika tröskelvärden för lufthastigheterna vid varierande temperatur- och fuktighetsförhållanden och deras fysiologiska effekt på hudtemperaturen. Hon kom till följande resultat: Dragkänsligheten är beroende av luftstrålens temperatur speciellt om strålen har en lägre temperatur än 22 °C. Dragkänsligheten är dock inte beroende av luftfuktigheten. Känsligheten varierar beroende på vilken kroppsdel man väljer. Om draget ligger mycket nära tröskelvärdet vänjer man sig vid det så att man efter en stund inte känner det. Minnivärdet för den lufthastighet som försökspersonen kunde förnimma betraktades som tröskelvärdet. I de fall då luftstrå-

len hade samma temperatur som rumsluften, låg tröskelvärde för området kring ögonen och munnen mellan 0,03 och 0,10 m/s. För kinden låg värdet något högre, mellan 0,2 och 0,3 m/s. Hudens temperatur påverkades inte av ett försök som varade i 5 minuter.

Derek Turner (1955) redogör i Radiative and Convective Stimuli of Threshold Intensity för en undersökning där man studerade intensiteten av stimuli som just räckte för att resultera i en värmeupplevelse. Försökspersonen exponerades i 5 sekunder och man började antingen med en hög stimulinivå eller med en låg och gick sedan gradvis mot den andra ytterligheten. De för oss intressantaste resultaten var:

1. Den övning som försökspersonen fick visade sig ha stor betydelse för hans känslighet
2. Storleken av det område som man utsatte för drag visade sig ha betydelse för dragkänslighet.

P O Fanger (1970) redovisar i sin bok Thermal Comfort ett värde på den konvektiva värmeöverföringskoefficienten från en undersökning av Winslow, Gagge och Herrington, där $h_c = 10,4 \sqrt{v}$ kcal/m²h⁰C (1 kcal/m²h⁰C = 1,163 W/m² °C) för v mindre än 2,6 m/s. Den konvektiva värmeöverföringskoefficienten, h_c , ingår i formeln för värmeförluster genom konvektion för en påklädd person:

$$C = A_{Du} f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a),$$

där

h_c = konvektiva värmeöverföringskoefficienten

A_{Du} = ytan av en naken kropp

f_{cl} = förhållandet mellan ytan av en påklädd och ytan av en naken kropp

t_{cl} = medelvärdet av den påklädda personens yttemperatur

t_a = lufttemperatur.

1946 rapporterade John Rydberg om en undersökning kallad Dragproblem i samband med inblåsning av ventilationsluft. Följande faktorer inverkar på en normalt klädd persons värmekomfort; lufttemperaturen, väggtemperaturen, luftfuktigheten och luft-hastigheten. Rydberg visade i sin undersökning att det huvudsakliga villkoret för att få minsta möjliga dragupplevelse av luft var att den inblåsta luftens temperatur i jämförelse med rumstemperaturen stod i ett visst konstant förhållande till inblåsningshastigheten, $\frac{\Delta t}{w} = \text{konstant}$. Detta gäller enbart inomhusklimat och för hastigheter under 1 m/s,

där

Δt = temperaturskillnaden vid inblåsningöppningen mellan den inblåsta luften och rumsluften

w = luftstrålens hastighet i inblåsningöppningen.

Rydbergs formel som enbart är framtagen på teoretiska grunder, verifierades experimentellt av Per Norbäck (1946) i undersökningen Experimentell undersökning av dragproblem vid inblåsning av ventilationsluft. Norbäck's undersökning avsåg att bestämma konstantens storlek i den av Rydberg uppställda formeln

$$\frac{\Delta t}{w} = \text{konstant}$$

Konstantens värde bestämdes genom försök med människor. Norbäck fick fram att konstanten = 8.

2.2 Teknisk del

De lufthastigheter som normalt är aktuella i lokaler, där människor vistas, ligger huvudsakligen i området 0 till 1 m/s. Hur värmeavgivande ytors värmeutbyte med luften beror av nämnda lufthastigheter har hitintills i obetydlig utsträckning undersökts, enär det rör sig om oerhört komplicerade strömningsförhållanden i ett övergångsområde mellan egenkonvektion och forcerad konvektion. Egenkonvektionen orsakas av temperaturdifferenserna vid värmeutbyte mellan fasta ytor och t.ex. luft, varvid luften närmast ytan får en annan täthet än luften längre från ytan. Luftströmningar på grund härav har då hastigheter, vilka normalt ligger mellan 0 och 0,5 m/s. Forcerad konvektion innebär, att luften satts i rörelse utanför ytan genom andra krafter än täthetsskillnader. Så länge den forcerade lufthastigheten väsentligt understiger egenkonvektionens får den inget inflytande på värmeutbytet, som i dylikt fall bestäms av bl.a. temperaturdifferensen mellan ytan och luften. När den forcerade lufthastigheten avsevärt överstiger egenkonvektionens elimineras den senares inverkan, varvid ej längre temperaturdifferensen utan den forcerade lufthastigheten avgör värmetransporterna. I litteraturen, t.ex. Pierre (1964), McAdams (1954) och Glas (1966), finns omfattande undersökningsresultat och teorier för dessa "renodlade" strömningsförhållandens värmetransportpåverkan presenterade.

Vid fysikaliska bedömningar av människors dragkänsla på grund av lufthastigheter är man sålunda hänvisad till teorier och ekvationer, som ej gäller det aktuella övergångsområdet. De ger dock utan tvivel möjligheter till kvalitativa bedömningar. Fortsättningsvis skall lämnas en sammanfattande redogörelse för en kroppsytas värmebalans samt för tillgängliga ekvationer för konvektiv värmeövergång.

Värmeströmmen q (W/m^2) från en människokroppsdelssyta kan uttryckas

$$q = (t_y - t_L) / \left[1/k + 1/(\alpha_d + \alpha_k + \alpha_s \cdot \frac{t_{Ky} - t_{Ry}}{t_{Ky} - t_L}) \right] \quad (1)$$

där

$$t_{Ky} = \text{eventuell beklädnads yttemperatur} = t_y - q/k$$

t_y = kroppsdelens yttemperatur = t_{Ky} , då $k = \infty$

t_L = lufttemperatur

t_{Ry} = medeltemperatur för runsytor beräknad som summan av olika runsytors temperaturer gånger den ryndvinkelandel de upptar sedda från aktuell kroppsytta

$1/k$ = värmeegenomgångsmotstånd för eventuell beklädnad räknat från kroppsytta till klädesytta, se vidare nedan, ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/W$)

α_s = värmeövergångstal på grund av lågtemperaturstrålning,
 $\alpha_s \approx 5W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ normalt

α_k = värmeövergångstal på grund av konvektion, se vidare nedan,
($W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

α_d = värmeövergångstal på grund av fuktdiffusion, för en våt yta proportionell mot ångtrycksdifferens mellan yta och luft och mot α_k , för en torr kroppsytta kan α_d försummas brevid α_k , ($W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Ekvationen (1) kan för de flesta praktiska fall förenklas. Förutsätts, vilket vanligen är en realitet, torra kroppsytter, dvs. $\alpha_d \ll \alpha_k$, och $t_{Ry} \approx t_L$ gäller med tillräcklig noggrannhet

$$q = (t_y - t_L) / \left[1/k + 1/(5 + \alpha_k) \right] \quad (1a)$$

Med en viss arbetsaktivitet och komfortabla förhållanden blir för en människa q och t_y givna inom relativt snäva gränser för större delen av kroppsytterna. Härigenom kommer från komfortsynpunkt tolerabla samband mellan t_L , k och α_k också vara givna.

I Fanger (1970) finns värden på k angivna för olika beklädnadstyper. Ett utdrag skall här lämnas.

<u>Klädtyp</u>	<u>k ($W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)</u>
Kortbyxor	60
Kortärmad skjorta, kortbyxor, tunna strumpor, sandaler	20
Lätta underkläder, bomullsskjorta, bomullsbyxor, sockor, skor	9
Kostym	6
Kostym och bomullsrock	5
Lätt utomhusklädsel (skjorta - lätt jacka)	7
Polarklädsel	1,5

Med stor sannolikhet påverkas dock dessa k -värden starkt av rådande lufthastighet med vilken de ökar på grund av viss genomblåsning. Klädernas vindtäthetsgrad bestämmer givetvis också beroendet av lufthastigheten.

Ur Pierre (1964), McAdams (1954) och Glas (1966) kan värden på α_k hämtas för egenkonvektion eller forcerad konvektion, medan det för luftdragsberäkningar väsentliga, "blandade" konvektionsfallet såsom ovan påpekats endast i obetydlig grad berörs i litteraturen.

För egenkonvektion erhålls ekvationstypen

$$\alpha_k = C_E \cdot \vartheta^{n_E} \text{ (W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C)} \quad (2)$$

C_E och n_E är faktorer som fixeras av rådande temperaturdifferens mellan luft och yta, ϑ , och ytans storlek. Värden på C_E och n_E visas i FIG. 18.

För forcerad konvektion blir ekvationstypen

$$\alpha_k = C_F \cdot w^{n_F} \quad (3)$$

Analogt med egenkonvektionsfallet beror C_F och n_F på lufthastighet w (m/s) och ytans storlek, vilket visas i FIG. 19.

Jämförs resultaten av olika undersökningar gällande α_k , visar dessa variationer på maximalt ca $\pm 20\%$. Detta utgör alltså den sammanlagda osäkerheten i C och n .

3.1 Instrument- och försöksutrustning

Mätinstrument

Låghastighetsanemometer, DISA, typ 55 E 80, Mätområde: 0-0,3 m/s
noggrannhet: ± 1 cm/s (se FIG. 1).

Wallac, termoanemometer, GGA 23 S, mätområde: 0,1-30 m/s, noggrannhet: bättre än 10 % av utslaget i mitten av skalan.

Advance Time Counter TC 11/12 (se FIG. 2).

Slungpsykrometer (se FIG. 3).

Försöksutrustning

I försöksutrustningen ingick bl.a. följande komponenter:
8 st magnetventiler av märket Herion, spänning 220 V (se FIG. 4).

Universaltidrelä av märke Lembecke, typ MZ 54 - MZA 94, inställningsområde: 0,3 s - 6 h (se FIG. 2).

Likriktare, Advance PP 16, spänningsområde: 0 - 15 V (se FIG. 2).

Manöverpanel (se FIG. 2).

Brits med skumgummimadrass

4 st strypventiler (se FIG. 4).

I britsen och skumgummimadrassen fanns ett fyrkantigt hål på 20 x 20 cm ur vilket 4 rör vardera med en diameter på 30 mm stack upp (se FIG. 3). Rören var i sin tur förbundna med magnet- och strypventiler (se FIG. 4). Genom att öppna och stänga olika magnetventiler kunde vi nu blåsa ur vilket som helst av de 4 rören och välja mellan 4 olika lufthastigheter. Rören var så fästade i en låda under britsen att man kunde skjuta dem upp och ner. Försöksledaren satt vid ett separat bord brevid britsen. Han kunde där ställa in den varaktighet som luftstrålen skulle ha på universalrelät. På manöverpanelen ställde han in vilket rör det skulle blåsa ur och med vilken hastighet samt gav en summersignal och startade försöket, varvid också tidsräknaren automatiskt startade (se FIG. 2). Försökspersonen hade till sitt förfogande en liten dosa med 4 tryckknappar (se FIG. 5). En tryckning på en knapp resulterade i att en kontrollampa på manöverpanelen tändes så att försöksledaren visste vad försökspersonen hade svarat. När kontrollampan tändes stoppade försöksledaren tidsräkningen manuellt. Han fick på så sätt veta hur lång tid försökspersonen behövt för att bestämma sig. Inblåsningsslutten erhöles från en på laboratoriet befintlig permanent tryckluftsanläggning. I rummet där försöksserien utfördes låg lufthastigheterna alltid betydligt under 0,05 m/s. Detta får anses som dragfritt.

För att kartlägga apparaturens duglighet gjordes ett antal förundersökningar:

1. Lufthastighetens variation i området kring utblåsningshålet

För att bestämma dessa värden använde vi låghastighetsanemometern med vilken vi mätte upp lufthastigheterna i ett antal punkter i och omkring utblåsningshålet. Resultatet framgår av FIG. 9. Av resultaten att döma hade vi ej alltför turbulenta strömningsförhållanden. Detta är mycket viktigt för försöksresultatets giltighet.

2. Lufthastigheterna vid blåsning mot en vinkelrät yta

Låghastighetsanemometern stacks här in under ett horisontellt plan och vreds tills instrumentet gav max. utslag. (Se FIG. 6.) Resultatet framgår av FIG. 10. Vi gjorde sedan ett hål i planet och stack ned proben i detta hål och gjorde på så sätt en ny mätserie (se FIG. 7). Resultatet framgår av FIG. 11. Skillnaden i resultat mellan de båda försöken beror troligen på att vi i det senare försöket var tvungna att ta upp ett ganska stort hål i planet för att få in proben. Detta störde säkert luftrörelsen.

3. Lufthastighetens stabilitet

Denna undersöktes i två försöksserier, i båda fallen strax över utblåsningsöppningen. Den första serien innefattade många mätningar under en kort period och den senare serien ett mindre antal mätningar under en hel dag. Resultaten framgår av FIG. 12 och 13. Stabiliteten för framför allt korta tidsrymder får anses som acceptabel. Nämnas kan också att under själva försöket visade sig lufthastigheterna vara betydligt stabilare än vad som framgår av dessa diagram.

4. Lufthastigheterna vid öppning av ventilerna

Lufthastigheterna mättes enligt följande:

- o När alla ventilerna var stängda
- o Just när positionsventilen öppnades (något drag skulle då ännu inte föreligga)
- o När positionsventilen varit öppen en stund
- o Just när hastighetsventilen öppnades (försöket startar)
- o När hastighetsventilen varit öppen en stund

Resultatet framgår av TAB. 1.

Man ser där att just när positionsventilen öppnats fick man i vissa fall en ganska kraftig luftstöt. Denna varade dock i så ytterst kort tid att den kan anses som i det närmaste betydelslös. När hastighetsventilen öppnades pendlade instrumentet upp betydligt över den inställda lufthastigheten. Detta beror troligen delvis på trögheter i mätinstrumentet.

3.2 Undersökningsrutin

Strax innan försökspersonen infann sig kontrollmättes följande storheter:

Luftens torr- och våttemperatur
De fyra olika lufthastigheterna
Försökstiderna.

När sedan försökspersonen infann sig fick han följande information:

"Försökets målsättning är att fastställa tröskelvärdet för de minsta luftrörelser som människan kan känna. Detta har betydelse när man försöker bedöma den inverkan som drag har på människan och t.ex. vid dimensionering av ventilationsanläggningar.

Försöket tar ca 30 min. och utförs på följande sätt: Ur ett av de 4 rör som syns i hålet i britsen kommer luft att blåsa med en mycket låg hastighet under en begränsad tid. Luftstrålen har en varaktighet av antingen 0,3 s. eller 18 s. Detta varierar från försök till försök, men försökspersonen får ej veta hur. Försökspersonens uppgift är nu att bestämma ur vilket av de 4 rören det blåser, alltså på vilket område av ryggen det drar (position). När han tror sig veta detta, trycker han på motsvarande knapp på den dosa som han har och som är förbunden med manöverpanelen. Om försökspersonen inte har någon uppfattning om i vilket rör det blåser, måste han gissa. Man får alltså aldrig svara vet ej. Luftstrålen är så svag att det många gånger är nästan omöjligt att känna den. Detta är avsiktligt och bör därför ej förbrylla försökspersonen.

Det är viktigt att försökspersonen ligger stilla, ty annars kan resultaten av försöken bli missvisande. För att kunna ligga så stilla som möjligt under hela försöket, bör försökspersonen redan från början tillse att han ligger så bekvämt som möjligt.

En försöksserie innehåller 32 försök och tar ca 15 min. Innan varje försök startar får försökspersonen en varningssignal i form av en summerton. Det är då viktigt att skärpa sin uppmärksamhet, eftersom draget vid den kortare exponeringstiden bara varar i 0,3 s.

Om försökspersonen under försökets gång kan känna röret eller irriteras av något annat bör detta påpekas för försöksledaren. Om försökspersonen efter att ha avgivit svar ångrar sig och vill ändra detta går det bra, det är bara att meddela försöksledaren. Slutligen är försöksledaren tacksam för alla synpunkter på försöket".

Informationen till försökspersonerna hade två syften:

- o Försökspersonen skulle genom att få veta varför försöket gjordes och hur det utfördes bli mer motiverad att anstränga sig så mycket som möjligt.
- o Eftersom informationen tog mellan 5 - 10 min. fick försökspersonen på så sätt tillfälle att vänja sig vid förhållandena i rummet.

Försökspersonen ombads därefter att intaga ryggläge på britsen, varvid större delen av ryggen måste vara naken. När försökspersonen hade lagt sig bekvämt tillrätta ställdes rören in så att de slutade 1 cm från försökspersonens rygg.

Eftersom enligt tidigare undersökningar försökspersonens grad av övning har betydelse för resultatet gavs nu tillfälle till detta. Försökspersonen fick då företrädesvis öva på de högre lufthastigheterna och fick efter varje separat försök veta om han hade svarat rätt eller inte. Efter några minuters övning hade i allmänhet försökspersonen nått så goda resultat att det sedan inte skedde någon förbättring.

Därefter utfördes själva försöket. Detta tillgick på följande sätt. Från de protokoll som försöksledaren hade till sitt förfogande kunde han för varje försök avläsa vilken kombination av tid, position och lufthastighet som skulle ställas in. Kombinationerna var i förväg framtagna genom slumpning. Det fanns 5 olika formulär, med olika ordning på kombinationerna. På varje formulär ingick dock varje kombination endast en gång. 4 olika positioner och 4 olika hastigheter samt 2 olika tidsperioder gav alltså 32 kombinationer. Efter att försöksledaren ställt in den aktuella kombinationen gav han en summersignal och därefter öppnade han ventilerna. Försökspersonen svarade sedan så fort han ansåg sig veta i vilken position det blåste. Försöksledaren antecknade svaret och tiden det tagit för försökspersonen att bestämma sig. Sedan ställdes en ny kombination in osv. På försöksprotokollet antecknades också tidpunkten då försöket startade och slutade, försökspersonens ålder, kön och kroppsbyggnad.

Efter avslutad försöksserie gjordes nya kontrollmätningar av lufthastigheterna. Temperaturerna i rummet och luftstrålen mättes också på nytt och antecknades.

3.3 Försökets utförande

Förundersökning

Två olika försöksserier gjordes för att få en uppfattning om eventuellt kommande svårigheter. I båda försöksserierna var den korta tiden 4 s och den längre tiden 40 s. Lufthastigheterna var 0,12, 0,18, 0,24 och 0,30 m/s.

I den ena försöksserien blåste vi mot försökspersonens rygg och i den andra mot försökspersonens mage. Resultaten i de båda försöksserierna överensstämde så väl med varandra att det inte fanns någon anledning att förmoda att magen skulle vara känsligare än ryggen eller tvärtom. Vi valde därför av tidigare nämnda skäl att använda ryggen. (Se FIG. 8.)

Det visade sig dock att vi valt tiderna illa. Försökspersonerna svarade ofta innan 4 s gått och resultaten mellan försöksserierna med den korta och den långa tiden överensstämde därför i stort sett. Men avsikten med den korta tiden var att försöka få försökspersonen att avge ett svar efter att ha varit utsatt för drag som varade så kort tid att han inte kunde registrera någon temperatursänkning av huden utan enbart ett tryck. Vi valde därför att till huvudförsöket korta ned tiderna till 0,3 s resp. 18 s.

Det visade sig också att det var mycket svårt för försökspersonerna att separera de fall från varandra då det blåste på samma rygghalva. Även om försökspersonen tydligt kände att det drog t.ex. på ryggens vänstra sida så hade han svårigheter att fastställa om det drog ur det övre eller undre röret. Eftersom avsikten med detta försök inte var att fastställa hur väl försökspersonerna kunde lokalisera ett drag utan enbart att registrera förekomsten av drag, beslutade vi oss för att i huvudförsöket endast be försökspersonen svara på om det drog på ryggens högra eller vänstra sida.

Huvudförsökets utförande

Vid huvudförsöket var alltså tiderna 0,3 s resp. 18 s. Hastigheterna var 0,08, 0,14, 0,20 och 0,30 m/s. Försökspersonen skulle alltså bara svara på om det drog på ryggens högra eller vänstra sida.

I försöket deltog 19 försökspersoner, varav 10 kvinnor och 9 män. Aldern varierade mellan 19 och 50 år med en viss övervikt för de yngre personerna. Försökspersonernas subjektiva uppfattning om hur tydligt de hade känt drag och försöksresultaten överensstämde ganska väl. Alltså en försöksperson som tyckte att han alltid hade svårt att känna något drag fick också ett ganska dåligt försöksresultat.

3.4 Databearbetning

Resultaten av de ergonomiska mätningarna har i ett första skede sammanställts i fyrfältstabeller (TAB. 2). Dessa tabeller är så uppbyggda att man från ena sidan (in) har uppgift på om luftstrålen blåst på vänster eller höger sida. På den andra sidan (ut) finns försökspersonens svar, dvs. om försökspersonen trodde att det blåste på höger eller vänster sida. En fyrfältstabell har utarbetats för varje försöksbetingelse, dvs. en tabell för lägsta hastigheten och lägsta varaktigheten, en för näst lägsta hastigheten och näst lägsta varaktigheten osv. Försökspersonen har varit tvungen att varje gång ge ett svar. Detta betyder att om försökspersonen inte har känt någonting, har han varit tvungen att gissa. I de fall då försökspersonen hela tiden har gissat skulle således frekvensen svar vara jämnt fördelade i de fyra fälten. För alla 19 försökspersonerna skulle detta ge 19 svar per fält i genomsnitt. Vid perfekt prestation, dvs. då försökspersonen varit alldeles säker varje gång på vad svaret skulle vara, bör svaren vara fördelade längs diagonalen. Detta innebär att alla påblåsningar på vänster sida skulle ha känts på vänster sida av försökspersonerna, dvs. 38 svar i övre vänstra rutan. På samma sätt skulle det bli 38 svar i den nedre högra rutan.

Det finns flera sätt med vars hjälp prestandan kan utläsas från denna typ av fyrfältstabeller. I detta fall har 3 olika former av beräkningar utförts. För att fastställa om och när försökspersonerna på ett statistiskt signifikant sätt har svarat rätt, dvs. skilt sig ifrån vad slumpen skulle ge, så har s.k. χ^2 -värdet beräknats. För att kunna användas vid beräkning av kurvor, med vars hjälp andra än de testade försöksbetingelserna skulle kunna förutsägas, har antal procent rätt korrigerats med en fak-

tor för gissning beräknad för varje försöksbetingelse. Vidare har den överförda informationsmängden beräknats enligt ett modifierat informationsteoretiskt modellförfarande.

För χ^2 -beräkningarna har följande formel använts:

$$\chi^2 = \sum \frac{O^2}{E} - N$$

där O är de observerade värdena i fyrfältstabellen. E är de förväntade värdena, dvs. i detta fall 19 för slumpvis fördelning. N är det totala antalet svar per fyrfältstabell, dvs. i detta fall 76. Antalet frihetsgrader (df) måste också bestämmas för att signifikansprövning skall kunna ske via tabellverk. Vanligen är antalet $df = 1$ i en fyrfältstabell, där både totalfrekvenserna i horisontalen och totalfrekvenserna i vertikalen är konstanta. I detta fall är det dock bara den horisontala summafrekvensen, dvs. om det har blåst på vänster eller höger sida, som är konstant, eftersom vi har blåst lika många gånger på vänster som på höger sida (38 ggr på var sida). Däremot kan summafrekvenserna i vertikalen variera eftersom försökspersonerna kan säga att det blåst fler gånger på vänster sida än på höger sida och vice versa. I ett sådant fall blir antalet frihetsgrader lika med två (Ferguson, 1959).

För att beräkna de korrigerade %-talen för rätt svar har samma metod använts som Blackwell (1959) använde för sina tröskelvärde-mätningar för bestämning av visuell prestationsförmåga. Ekvationen för att fastställa dessa korrigerade procenttal är:

$$P = \frac{p - \frac{1}{N}}{1 - \frac{1}{N}}$$

P är det korrigerade procenttalet, p är råprocenttalet, N är antalet alternativ (i detta fall 2). Med två alternativ antar således detta uttryck formen:

$$P = 2(p - 0,5).$$

Blackwell använde sedan dessa procenttal för att bestämma summanormalfördelningskurvor. Genom att anpassa en summanormalfördelningskurva till dessa korrigerade %-tal får man möjlighet att förutsäga hur många som kommer att känna drag vid andra luft-hastigheter än de studerade.

Shannons (1948) matematiska modell för beräkning av osäkerhet i information har sedan några decennier använts inom ergonomin. En översikt av metoden för dessa ändamål finns i Ivergård (1969). Det finns dock en viss svaghet i att använda Shannons teori direkt för denna typ av tillämpning eftersom den överförda informationsmängden som kan beräknas med Shannons teori inte tar hänsyn till om det är rätt eller fel information som överförs utan endast tar hänsyn till om den avgivna informationen finns med i den mottagna. På förslag av Olov Östberg, Kooperativa Förbundet,

Stockholm, har därför en modifierad beräkningsmodell för beräkning av överförd informationsmängd använt i detta sammanhang. I princip menas med den överförda informationsmängden följande.

Om osäkerheten i den utsända informationen, dvs. osäkerheten huruvida signalen kommer på höger eller vänster sida, anses representerad av ytan H (in) i FIG. 14 och osäkerheten i svaren som ges av försökspersonerna är representerade av ytan H (ut) i samma figur, så är den överförda informationsmängden den streckade gemensamma ytan mellan dessa två ytor. Denna överförda informationsmängd betecknas med T . De enligt Östberg korrigerade T -värdena har beräknats för varje försöksperson för varje försöksbetingelse. De olika alternativa utseendena av fyrfältstabeller för en försöksperson framgår av TAB. 3. T -värdena för varje alternativ fyrfältstabell återfinns också i denna figur. Som framgår av figuren erhålls vid denna beräkningsmetod också negativa informationsöverföringsvärden. Motivet för detta skulle resonemangsvis kunna vara att vid fullständig överensstämmelse mellan signal och svar erhålls informationsöverförd mängd = 1. Då ingen överensstämmelse alls förekommer utan svaren är slumpvis fördelade erhålls en överförd informationsmängd = 0. I fall då en motsatt tendens till den perfekta prestationen uppstår erhålls negativa värden, för att i specialfallet då inga är rätt antaga värdet -1.

I ett förförsök med 10 personer prövades en fyrvalssituation där påblåsning skedde i 4 olika fält via 4 olika rör. Vid en preliminär utvärdering av dessa resultat fann vi dock att försökspersonerna hade stora svårigheter att avgöra om påblåsningen skedde uppe eller nere på en viss sida av kroppen. Där emot var det relativt enkelt att särskilja om påblåsning skedde på vänster eller höger sida. För att de olika fälten skulle vara lika lätta att diskriminera från varandra användes därför i huvudförsöket endast 2 fält, dvs. försökspersonen fick rapportera om det blåste på höger eller vänster sida. Resultaten från dessa försök återfinns i TAB. 4 i form av frekvenser i fyrfälts-tabeller. För varje individ har sedan prestationsförmågan omräknats i T-värden (korrigerade informationsöverföringsvärden). Dessa T-värden återfinns i TAB. 5 fördelade på de olika experimentförhållandena. Dessa T-värden användes sedan i en trevägs variationsanalys. Resultaten från denna trevägs variationsanalys framgår av TAB. 6.

Av variationsanalysen kan man utläsa att de olika lufthastigheterna hade en signifikant effekt på 5 % nivå. Drageffekten av de olika varaktighetsgraderna på luftstrålen var signifikant olika på 0,5 % nivån. Skillnaderna mellan försökspersonerna var ej signifikant. Däremot förekom en signifikant interaktion mellan effekten av lufthastigheter och varaktighet på luftstrålen. Detta senare innebär att effekten av variationer i lufthastighet är större vid större varaktighet på strålen. I FIG. 15 har de genomsnittliga T-värdena för alla försökspersonerna utritats. Den övre kurvan representerar T-värdets förändring med lufthastigheten vid lång varaktighet på strålen. Den nedre kurvan visar effekten vid kort varaktighet på strålen. På den senare kurvan uppträder vid lufthastigheten 0,14 m/s en markant ökning (signifikant på 5 % nivån) av prestationsförmågan, som för övrigt ej påverkas av förändringar i lufthastighet.

Fyrfältstabellerna i TAB. 4 har använts för χ^2 -beräkningar. Dessa χ^2 -beräkningar framgår av TAB. 7. Från fyrfältstabellerna har också beräkningarna av de korrigerade %-talen utförts. Även dessa beräkningar framgår av TAB. 7. Resultaten från beräkningarna återfinns i sammanställningen i TAB. 8, där även χ^2 -värdena finns angivna. Fyrfältstabell VI, VII och VIII (i TAB. 4) uppvisar en fördelning av svaren, som är signifikant skild från en slumpmässig fördelning. Skillnaden är signifikant på 0,1 %-nivå.

En kurva anpassad till %-talspunkterna i ett normalt x log papper återfinns i FIG. 16. En liknande anpassning i ett normal x lin papper uppvisar ej så god anpassning som i FIG. 16. Någon statistisk bestämning om denna skillnad i anpassning är signifikant har dock ej utförts. Anpassningen av kurvan har skett genom en ögonmåttanpassning. Någon formell anpassning via minsta kvadratmetoden eller liknande har således ej skett, eftersom underlaget är väl litet för ett sådant förfarande.

Från de värden som erhållits på detta sätt kan man avläsa att en längre varaktighet på strålen innebär att det är betydligt lättare att identifiera strålens befintlighet. Den korta varaktigheten tycks i detta fall valts så låg att den överhuvudtaget inte

har gett någon signifikant effekt på dragkänslan oavsett lufthastighet. Detta med undantag för värdet vid lufthastigheten 0,14 m/s. Orsaken till den plötsliga höjningen i dragkänslan vid 0,14 m/s vid den korta varaktigheten på luftstrålen synes svår att förklara ur fysiologisk eller psykologisk synpunkt. Vid en genomgång av den tekniska apparaturen och övriga försöksbetingelser har det inte heller varit möjligt att finna något tekniskt fel eller liknande som skulle kunna förklara detta fenomen. Förklaringen till denna avvikelse kan därför ej ges förän ytterligare och mer omfattande studier utförts. Ur TAB. 8 framgår dock klart att vid en varaktighet på luftstrålen av 18 s (vilket i praktiken inte är ovanligt) erhålls en signifikant dragkänsla redan vid 0,14 m/s. Däremot är dragkänslan ej signifikant säkerställd vid 0,08 m/s. Ur FIG. 16 kan man dock predicera 20 % säkerhet för perception av en luftstråle med hastigheten 0,06 m/s. En luftstråle med en hastighet av 1 m/s kommer att varseblivas med 95 % säkerhet. Säkerheten är 50 % för att varsebli en luftstråle med hastigheten 0,15 m/s. Säkerheten av dessa predikationer kan betecknas relativt god i området 0,08 - 0,30 m/s. Utanför detta område blir predikationerna dock av mindre intresse eftersom inte en mer exakt statistisk matematisk anpassning har utförts för den aktuella kurvan. Skulle det beskrivna förloppet stämma skulle en kurva i ett linjärt koordinatsystem erhållas enligt FIG. 17. Detta betyder att sannolikheten för att observera en viss given lufthastighet inte följer en linjär kurva.

Eftersom förmågan att urskilja närvaron av luftstrålen var mycket låg eller kanske rent av obefintlig vid den korta exponeringstiden även vid relativt höga lufthastigheter så kan man anta att upp till hastigheter av detta slag så har berörings-effekten av luftstrålen ingen betydelse för perceptionen av luftstrålen. Vid lufthastigheter av här studerat slag tycks således perceptionen i huvudsak vara beroende av de termiska receptorerna, dvs. beroende av avkylningseffekten i huden.

För klargörande av de rent fysikaliska förhållandena vid kroppsytor konvektiva värmeavgivning användes elektriskt värmda provkroppar i form av kuber och cylindrar. Deras utförande illustreras i FIG. 20. De inbyggdes i en kanal, vilken var ansluten till en fläkt, se FIG. 21.

Kuberna utgjordes av fyra, från varandra värmeisolerade, värmda sidor försedda med lika längder elektriskt seriekopplad, jämnt fördelad 0,2 mm konstantantråd samt två ovärmda gavelsidor i vilken stödben fastskruvats. Cylindrarna hade den värmda mantelytan uppdelad i två lika halvor med lika längder elektriskt seriekopplad, jämnt fördelad 0,2 mm konstantantråd. Deras gavelsidor med stödben var liksom kubernas ovärmda. Mantelytans halvor var värmeisolerade från varandra.

Resistansen i provkropparnas konstantantråd fastställdes noggrant. Samtliga provkroppars konstantantrådlindningar var seriekopplade och anslutna till en vridtransformator för variation av strömstyrka och därmed värmeeffekt till provkropparnas ytor. Genom en approximativ förberäkning hade de olika ytornas värmeavgivning vid egenkonvektion bestämts. Konstantantrådlindningens täthet hade avpassats härtill, så att vid en given strömstyrka samtliga ytor skulle få största möjliga likhet i övertemperatur i förhållande till luften.

Provkropparnas ytterytor bestod av aluminium, varför praktiskt taget allt värmeutbyte skedde genom konvektion till luften. Strålningsvärmeövergångstalet α_s , se ekvation (1), är för metall- ytor mycket lågt, för aluminium ca $0,2 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Konvektionsvärmeövergångstalet α_k för en yta på provkroppen beräknades med hjälp av en uppmätning av omgivande lufttemperatur, yttemperatur, se FIG. 20 och 21, samt strömstyrkan genom konstantantråden.

Temperaturer mättes med termoelement, 0,2 mm koppar-konstantantråd, anslutna till en skrivande elektronisk potentiometer för 20 mätpunkter. Termoelement för lufttemperaturmätning var strålnings-skärmade med aluminiumfolie och de för yttemperaturmätning hade fästs med aluminiumtejp vid ytan med anliggningslängd på minst 5 cm.

Beräkningen av värmeeffekten q till en viss provkroppsyta komplicerades genom värmeutbyte via isoleringen mellan ytor med olika temperaturer och värmeförluster genom gavelytor och stödben. Det förra värmeutbytet, Δq_y , beräknades approximativt och var till sin storlek maximalt ca 15 % av q . Värmeförlusten Δq_G genom gavelytor beräknades även approximativt medan värmeavledning Δq_B i stödbenen mättes medelst jämförelse av provytors temperaturer med och utan stödben på provkropp. Δq_B var för den minsta provkuben endast 15 % av q .

Beräkningsekvationen för provytors värde på α_k blev sålunda

$$\alpha_k = (R I^2/A - \Delta q_y - \Delta q_G - \Delta q_B) / \vartheta = q / \vartheta \quad (4)$$

där

R = provkroppens totala resistans i konstantantråd, elvärmelindning, (ohm)

I = strömstyrka i elvärmelindning (A)

A = provkroppens direkt elvärmada yta (m^2)

ϑ = temperaturdifferens mellan aktuell provyta och luft ($^{\circ}C$).

Observera att Δq_y är negativt, om den aktuella ytan har lägre temperatur än de andra ytorna som medelvärde. Samtliga värmeeffekter q och Δq räknas i W/m^2 .

Dessa komplikationer i värmeeffektberäkningen förelåg icke för den elvärmada aluminiumskiva som även användes som provkropp. Denna var i kanalen upphängd med ett tunt papperstejpband. För denna gällde, att $\Delta q_y = \Delta q_G = 0$ och $\Delta q_B \approx 0$.

Stora svårigheter förelåg till en början att erhålla jämn lufthastighet över kanaltvårsnittet. Försök att i kanalinnloppet använda en tvärsnittet täckande skiva med smala, jämnt fördelade spalter misslyckades. Vid provkropparna blev då högsta lufthastighet i kanaltvårsnittet 3 à 4 ggr större än den lägsta hastigheten. Dock kunde lufthastigheten fås mycket jämn i kanalen genom användning av wellitfyllnad i kanalinnloppet, se FIG. 21. Kanalerna i welliten hade en hydraulisk diameter på ca 4 mm. Högsta hastighet var endast ca 10 % större än den lägsta vid provkropparna.

Proven utfördes med lufthastigheter mellan 0 och 0,6 m/s i kanalen. Fläktens kapacitet ökades eller minskades medelst ändrad strypning vid luftmängdmätstället, se FIG. 21. Lufthastigheten i kanalen mättes med ett pitotrör vid strypstället. Mätresultatet från denna tillförlitliga metod låg ca 10 % under det som erhöles med en varmtrådsanemometer i kanaltvårsnittet omedelbart framför provkropparna. Lufthastigheten i mättvårsnittet för pitotröret var vid fläktdriften för forcerade lufthastigheter minst ca 2,5 m/s. För mätning av differensen mellan det dynamiska och statiska trycket från pitotröret användes en mikro-manometer, vars mätrör kunde lutas 1:25.

Resultaten av mätningarna framgår av TAB. 9-12 och FIG. 22-30. Osäkerheten i α_k -värdena torde med hänsyn till osäkerhet i mätning av lufthastigheter och temperaturskillnader mellan ytor och luft samt beräkningsmetod ligga omkring $\pm 10\%$. Beaktande vad som sagts beträffande utförda undersökningar gällande α_k i avdelning 2.2 har denna osäkerhet normal storlek. Jämförs mätresultaten för cylindrar med vad McAdams (1954) redovisar, jfr FIG. 19, ger de egna mätningarna högre α_k -värden. Resultaten är sannolikt dock ej direkt jämförbara, då de egna försöken utförts vid gränsområdet till dominerande egenkonvektion.

Det kan noteras, att α_k för en cylinders främre och bakre mantelyta, sett relativt anblåst luftström, relativt litet skiljer sig från kubens fram- resp. baksida. Kubens ovan- och undersidor har α_k -värden mellan dem som gäller fram- och baksida. Den del av kroppsytan som har ytnormalen i luftströmmens riktning och först träffas av strömmen, får det högsta α_k -värdet. Detta beror på den lokala hastighetshöjningen där och det tunnaste gränsskiktet. Kroppens baksida har det tjockaste gränsskiktet och lägsta lufthastigheterna, varför α_k där blir relativt litet.

Endast inom begränsade hastighetsintervaller kan faktorerna C_F och n_F i ekvationen (3) anses ha konstanta värden. Särskilt gäller detta vid låga hastigheter, när egenkonvektionen börjar dominera. För kropparnas framsida börjar den forcerade konvektionen redan vid en lufthastighet omkring 0,05 m/s inverka på α_k , medan baksidans α_k influeras först vid 0,1 till 0,2 m/s. Ju större kroppsytan desto högre värde krävs för inflytande på α_k . I av Glas (1966) redovisade försök med luftströmmande parallellt med den värmeutbytande ytan skedde en påverkan först vid hastigheter mellan 0,5 och 1,5 m/s. Ytstorlekarna representerades då av kantlängder L mellan 0,1 och 4,5 m, jfr FIG. 19.

Klargörande av sambandet mellan temperaturdifferens $\vartheta = t_y - t_L$ mellan kroppsytan och luft och lufthastighet w för en viss kylande effekt q vid givet värde på kläders isoleringsförmåga k fås ur en omskrivning av ekvation (1a).

$$t_y - t_L = \vartheta = q \cdot \left[1/k + 1/(5 + \alpha_k) \right] \quad (5)$$

Karakteristiska kroppsytstorlekar torde närmast svara mot cylindriska ytor med omkring 10 cm diameter. Normala förhållanden innebär lufthastigheter mellan 0,05 och 1 m/s. Dessa förutsättningar ger enligt FIG. 24 approximativt

$$\alpha_k = 20 \cdot w^{0,40} \quad (\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) \quad (6)$$

såsom karakteristiskt konvektionsvärmeövergångstal ur dragsynpunkt.

Med hjälp av ekvationerna (5) och (6) har FIG. 31 uppritats. Jfr k -värden för beklädnader enligt ovan. Totala värmeeffekter från vuxna människor på 75 à 100 W till 150 à 200 W motsvaras av värdena $q = 50$ resp. $q = 100 \text{ W/m}^2$, vilka är parametrar i diagrammet i FIG. 31.

Dessa effekter gäller vid lätt till måttlig arbetsintensitet. Ur FIG. 31 kan utläsas, vilken ändring i ϑ som förutsätts för konstanta värden på q och k , när w ändras och vice versa. En ändring av w bör dock enligt ovan också ändra värdet hos k för en given beklädnad. Vilket samband som råder mellan w och k för olika beklädnadsslag finns dock ej f.n. utrett. Överslagsvis skulle man kunna räkna med en fördubbling av klädernas k -värde vid en hastighetsökning vinkelrätt mot beklädnadsytan från 0,05 till 1 m/s. Förloppet $\vartheta = f(w)$ skulle då också kunna antas förlöpa rätlinjigt i diagrammet i FIG. 31 från k -värde för aktuell beklädnadstyp enligt (4) vid $w = 0,05$ m/s till det dubbla värdet vid $w = 1$ m/s.

Jämförs erhållna relationer mellan temperaturdifferens ϑ och lufthastighet w i FIG. 31 med de i Norbäck (1946) och däri angivna referenser erhålls en acceptabel överensstämmelse. Härvid måste också beaktas de olika förutsättningar som gäller. Här har förutsatts väggyttemperaturer som följer lufttemperaturen t_L , medan de i Norbäck (1946) ligger konstant. Detta medför i det förra fallet, att lågtemperaturstrålningen från ytan minskar med höjt t_L och minskat ϑ . I FIG. 31 erhålls därför mindre sänkning av ϑ med ökad lufthastighet än vad fallet är i Norbäck (1946). Hänsyn kan tas till dessa förhållanden genom att använda ekvation (1) med $\alpha_s = 5$ och $\alpha_d = 0$ istället för ekvation (1a) vid framtagande av sambandet för ϑ i ekvation (5). I praktiken torde dock i de flesta fall väggyttemperaturerna följa lufttemperaturens förändringar. Diagrammet i FIG. 31 synes därför ha större anpassning till klimatförhållandena i ett rum och fastställande av komfortabel rumstemperatur som funktion av aktuella lufthastigheter. Det krävs dock sannolikt ingående fysiologiska studier för fastställande av vilka kroppsytor som är de fundamentala vid dragkänslans bestämmande.

I FIG. 31 har för jämförelse inlagts två kurvor gällande förutsättningar enligt Norbäck (1946) med konstant t_{ry} , jfr ekvation (1).

En sammanfattande konklusion av denna studie är att vid påblåsning vertikalt mot huden finns det en relativt god sannolikhet för att ett drag skall kännas redan vid en lufthastighet av 0,1 m/s. Detta är konfirmerat av både den tekniska och ergonomiska delen av studien. Att mer i detalj beskriva på vilket sätt varaktigheten på en luftstråle med viss hastighet påverkar dragtröskeln har dock inte varit möjligt, eftersom den lägre varaktighetsgraden i denna studie valdes något för låg. Helt klart är dock att varaktigheten på luftstrålen har stor betydelse för dragkänslan.

Innan det är möjligt att utfärda någon form av rekommendationer beträffande luftrörelser i rum där människor vistas, är det nödvändigt att ytterligare studera några parametrar.

- o Dels behöver i ergonomiska studier med försökspersoner fler lufthastigheter och fler varaktighetsgrader på luftstrålen studeras
- o Dels bör den subjektiva besvärsggraden vid ojämn avkylning med luftstrålar fastställas
- o Dels bör effekten av kläder fastställas i tekniska studier.

Studierna av lokal avkylning och den subjektiva besvärreaktionen till denna lokala avkylning bör ske vid olika medelvärmexposition för att man på så sätt skall kunna se till vilken grad man kan kompensera en lokal avkylning med ökad rumstemperatur.

- Baetjer, A M, 1924, Threshold air currents in ventilation. American Journal of Hygiene. Vol 4, p. 650-673.
- Blackwell, H E, 1959, Specification of interior illum. levels. Ill. Eng. J., June.
- Bolinder, Magnusson, Nyren, 1970, Risker i jobbet: LO-enkäten. Lund.
- Elmgren, J, 1957, Experimentell psykologi. (Scandinavian University Books) Stockholm.
- Fanger, P O, 1970, Thermal Comfort. (Danish Technical Press) Copenhagen.
- Fergusson, 1959, Statistical Analysis in Psychology and Education. (McGraw-Hill Book Company Inc.) London.
- Givoni, B, 1969, Man, climate and architecture. (Elsevier Publ. Comp. Ltd) London.
- Glas, L-O, 1970, Kurs i klimatteknik. (KF:s ergonomi- och miljö-vårdslaboratorium) Stockholm.
- Glas, L-O, 1966, Värmeövergång från horisontella ytor vid egenkonvektion och forcerad konvektion. (Institutionen för mekanisk värmeteorik och kylteknik, KTH) Lic.arbete. Stockholm.
- Hallgren, K, 1969, Fysiologiske og hygieniske krav til indendørs klimaet. Norsk VVS nr 9, p. 251-267.
- Ivergård, T, 1969, Informationsergonomi. (Rabén & Sjögren) Stockholm.
- Jonassen, N, 1970, Termisk og atmosfærisk indeklimaet. (Psyko-teknisk forlag) København.
- McAdams, 1954, Heat Transmission. (McGraw-Hill Book Company Inc.) 3rd edition, London.
- Norbäck, P, 1946, Experimentell undersökning av dragproblem vid inblåsning av ventilationsluft. VVS nr 8, aug., p. 100-105.
- Pierre, B, 1964, Mekanisk värmeteorik, del IV. (Institutionen för mekanisk värmeteorik och kylteknik, KTH) Kompendium, Stockholm.
- Provins, K A, 1966, Environmental heat, body temperature and behaviour: a hypotheses. Australian Journal of Psychology. Vol 18, nr 2, p. 118-129.
- Rothman, S, 1950, Physiology and biochemistry of the skin. (McGraw-Hill Book Company Inc.) London.

Rydberg, J, 1946, Dragproblem i samband med inblåsning av ventilationsluft. VVS nr 8, aug., p. 95-99.

Shannons, 1948, A Mathematical Theory of Communication. Tech. J. Bell System, 27.

Turner, D, 1955, Radiative and convective stimuli of threshold intensity. Journal of hygiene, Vol 53, p. 32-49. Cambridge.

von Walter, 1970, Behaglichkeit - hygienische Bedeutung und klimatechnisches Normativ. Gesundheits-Ingenieur, Heft 4.

VVS handboken, 1963, (Förlag AB VVS) Stockholm

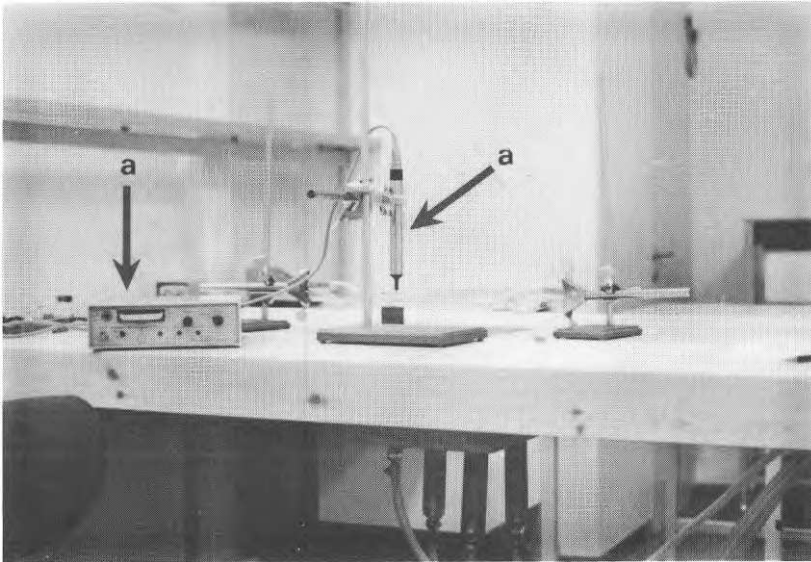


FIG. 1. Mätning av lufthastighet med låghastighetsanemometern (a).

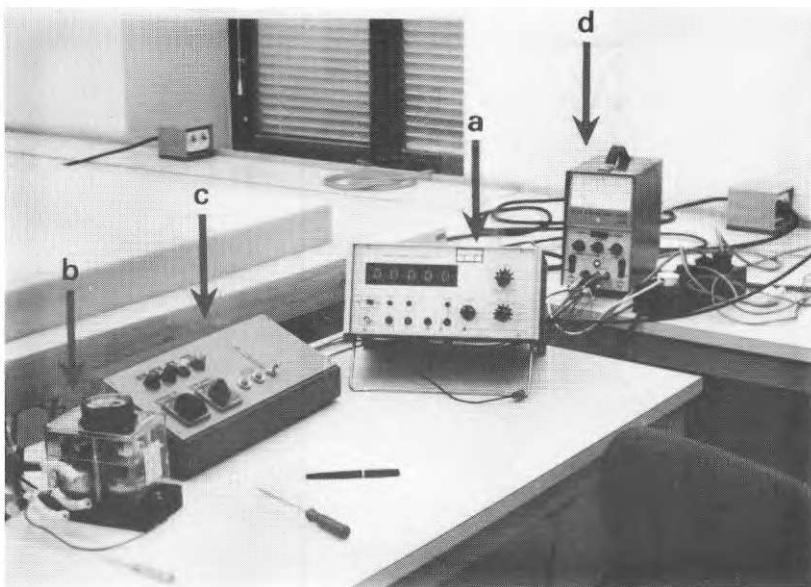


FIG. 2. Instrumentuppställning. Time Counter (a), universal-tidrelä (b), manöverpanel (c) och likriktare (d).

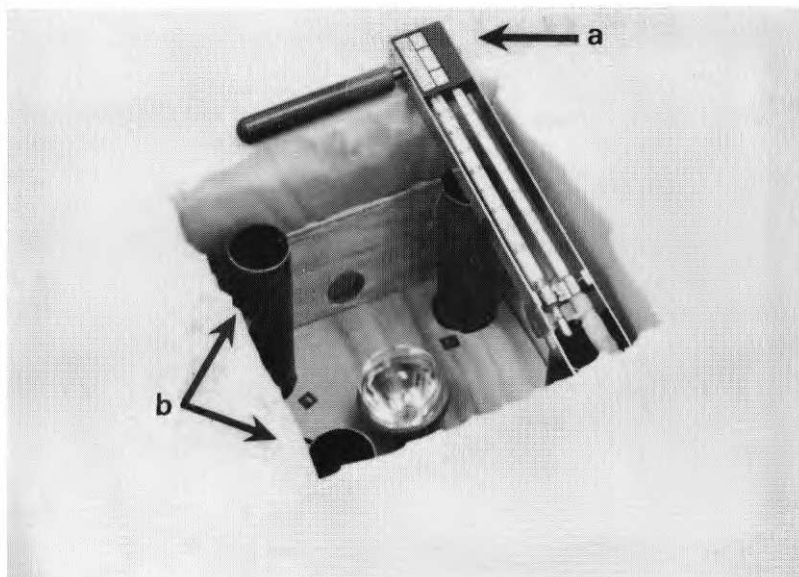


FIG. 3. Mätning av torr- och våttemperatur i luftstrålen.
Slungpsykrometer (a), utblåsningsrör (b).

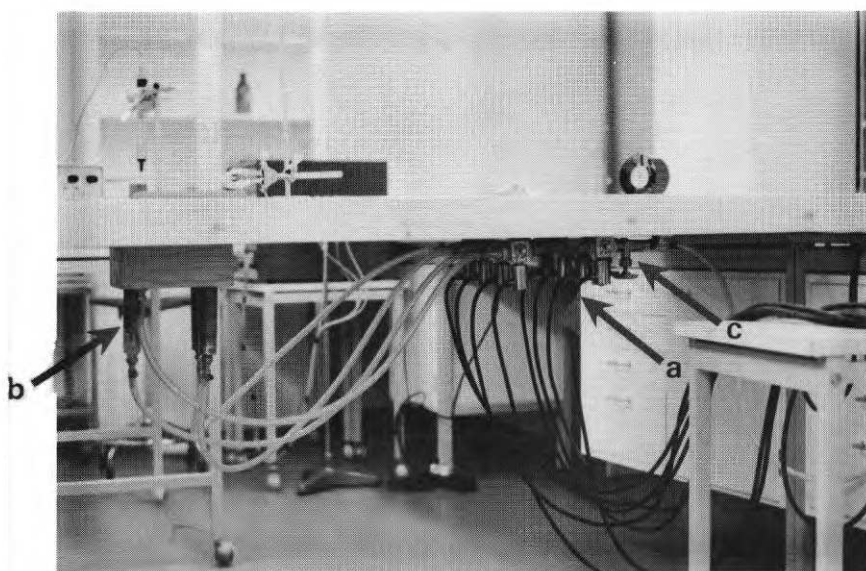


FIG. 4. Tryckluftsanordningen. Magnetventil (a), utblåsningsrör (b) och strypventil (c).

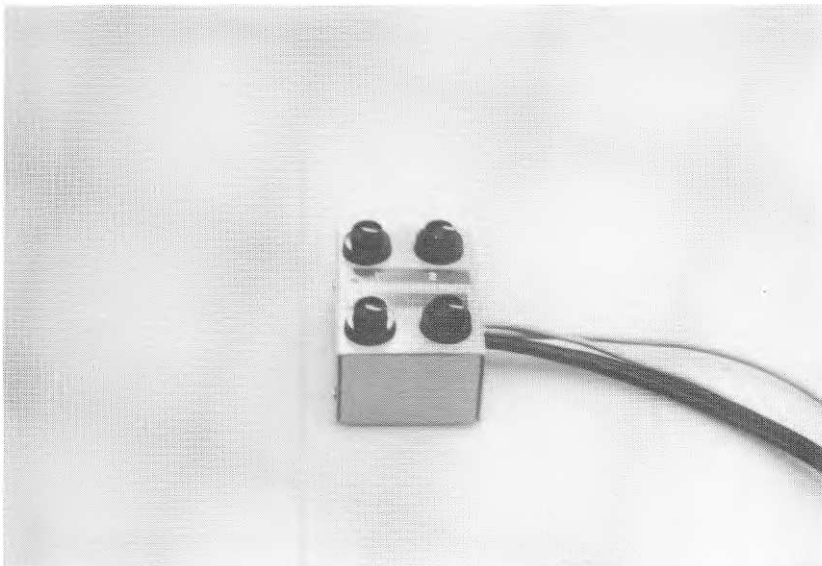


FIG. 5. Försökspersonernas svarsdosa.

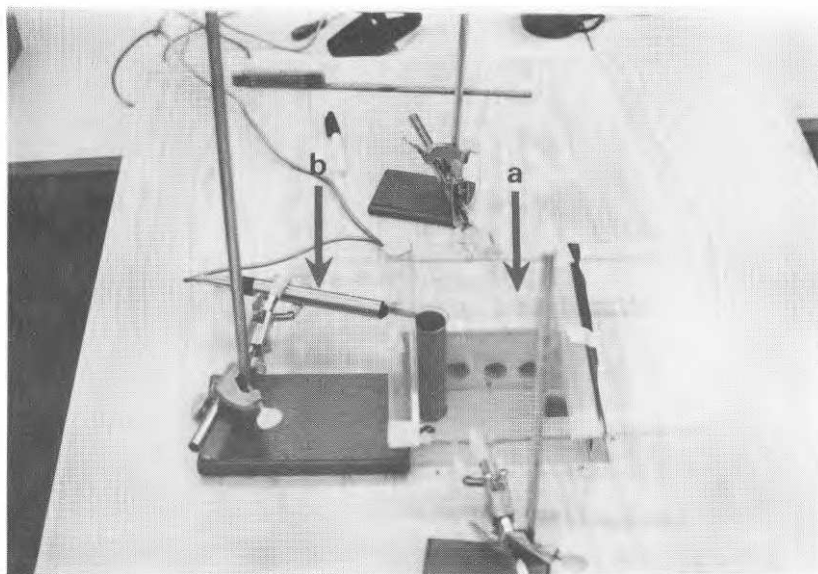


FIG. 6. Mätning av lufthastighet vid blåsning mot ett vinkelrätt plan. Försök 1. Plan (a), proben (b).

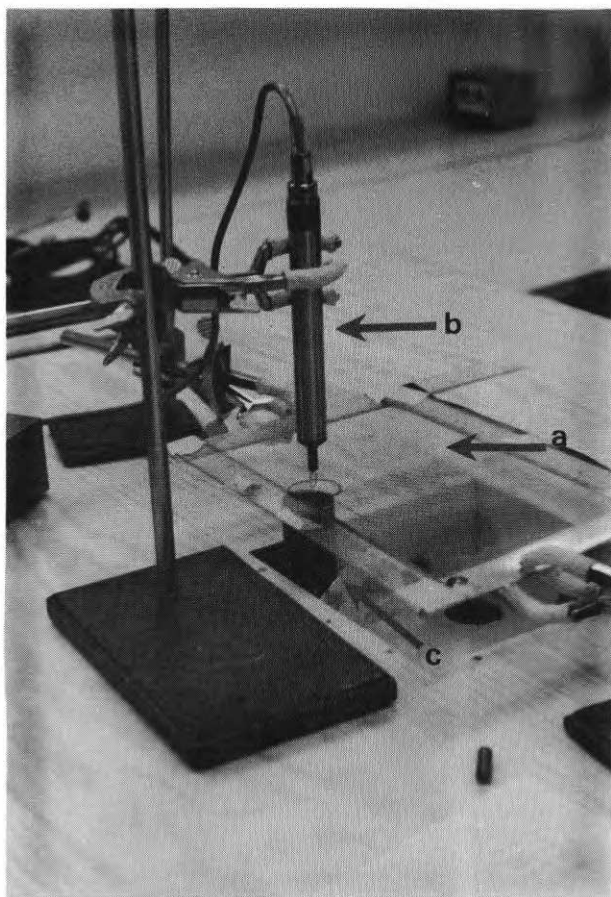


FIG. 7. Mätning av lufthastighet vid blåsning mot plan. Plan (a), proben (b) och rör (c).

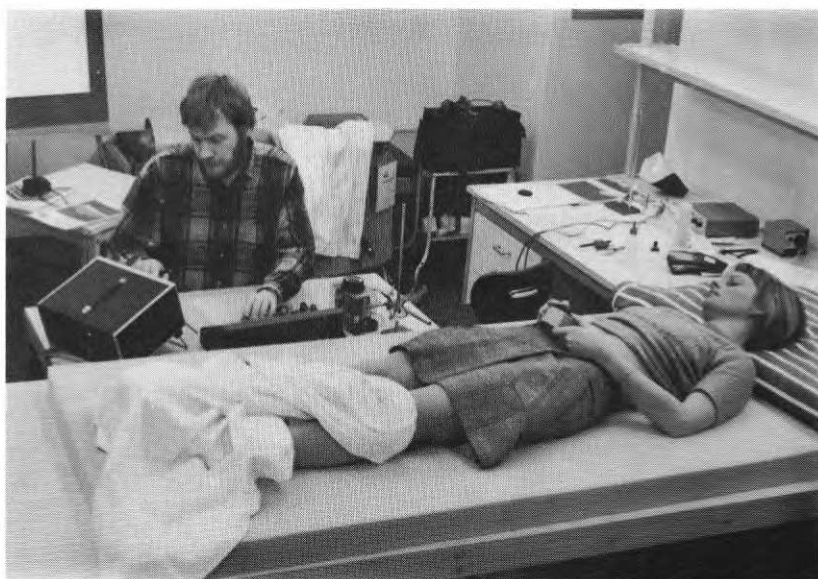


FIG. 8. Försökets utförande.

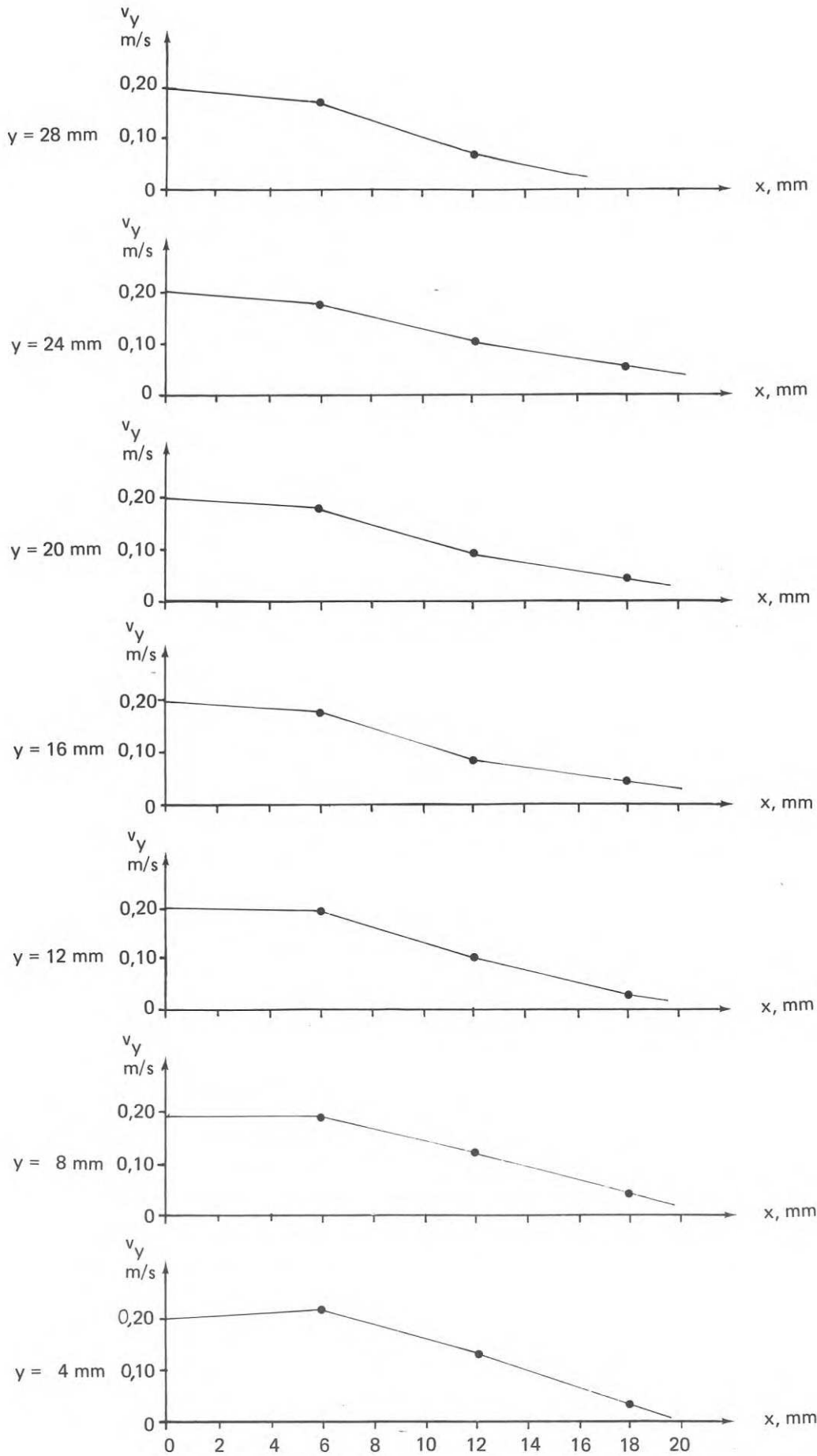
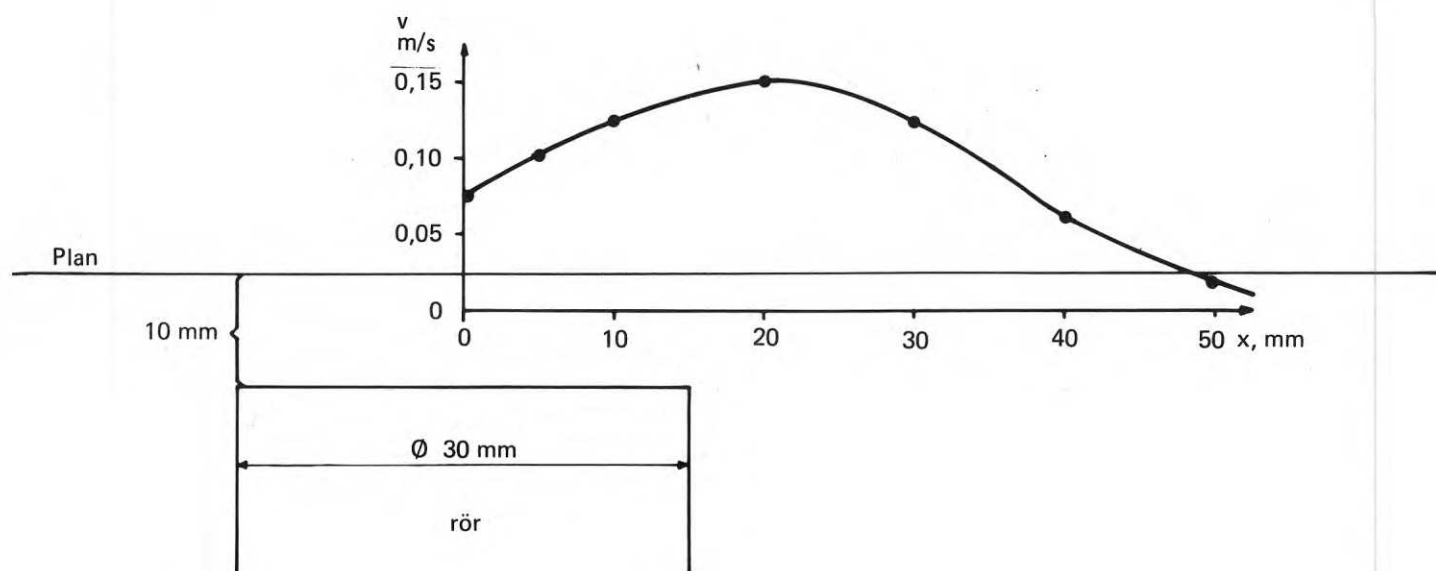


FIG. 9. Lufthastighetens variation i området kring utblåsningshålet.
 y = det vertikala avståndet från utblåsningshålets centrum till mätpunkten i mm.
 x = det horisontella avståndet från centrum till mätpunkten i mm.
 v_y = lufthastigheten i m/s i en punkt belägen på det vertikala avståndet y mm från centrum.

Försök 1



Försök 2

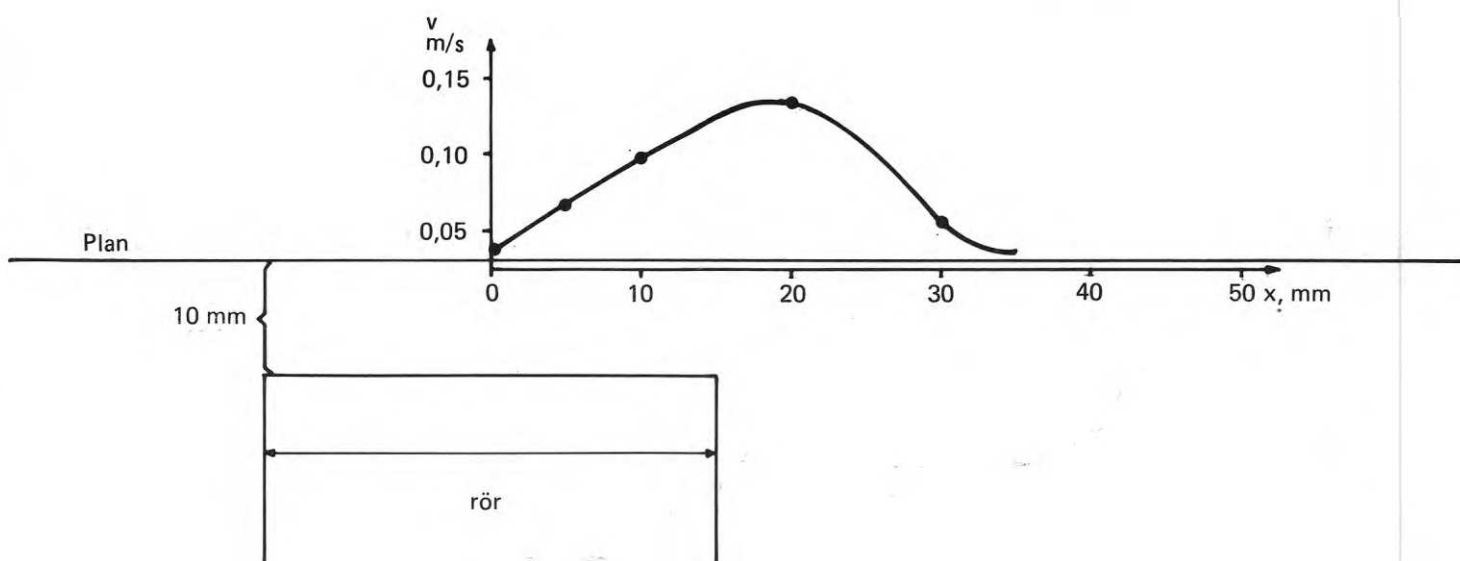


FIG. 10 Luftrörelser vid blåsing vinkelrätt mot en plan yta.
 och 11. v_x = luftens max. hastighet i en viss punkt.
 x = mätpunktens horisontella avstånd till rörets centrum.
 I försök 1 är avståndet mellan planet och mätpunkterna 5 mm och i försök 2 är det 2 mm.

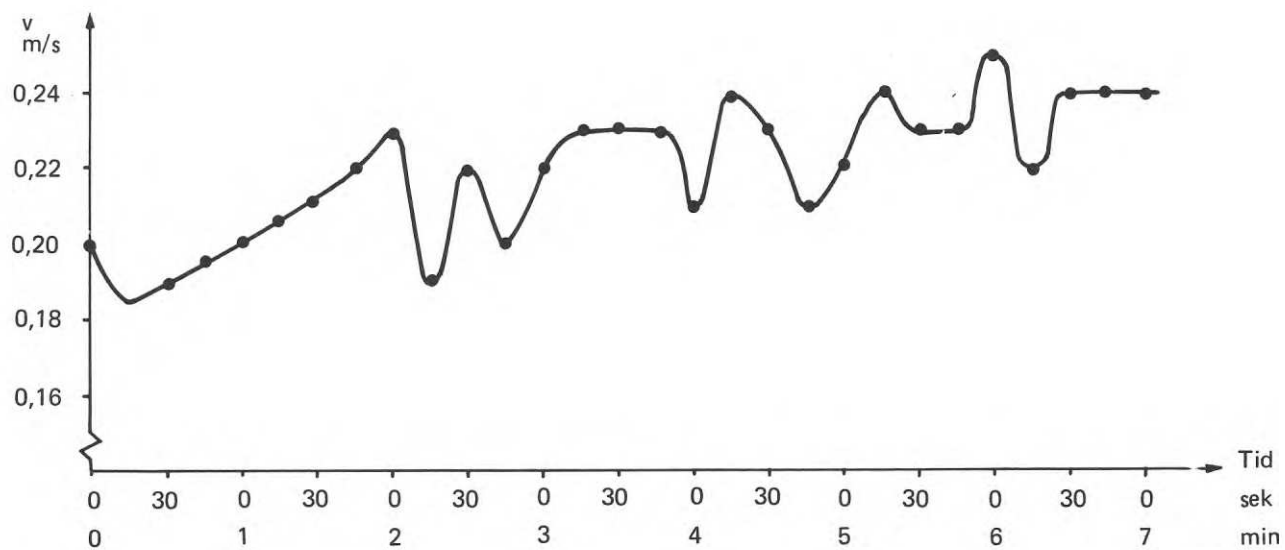


FIG. 12. Lufthastighetens stabilitet under ett kort tidsintervall.

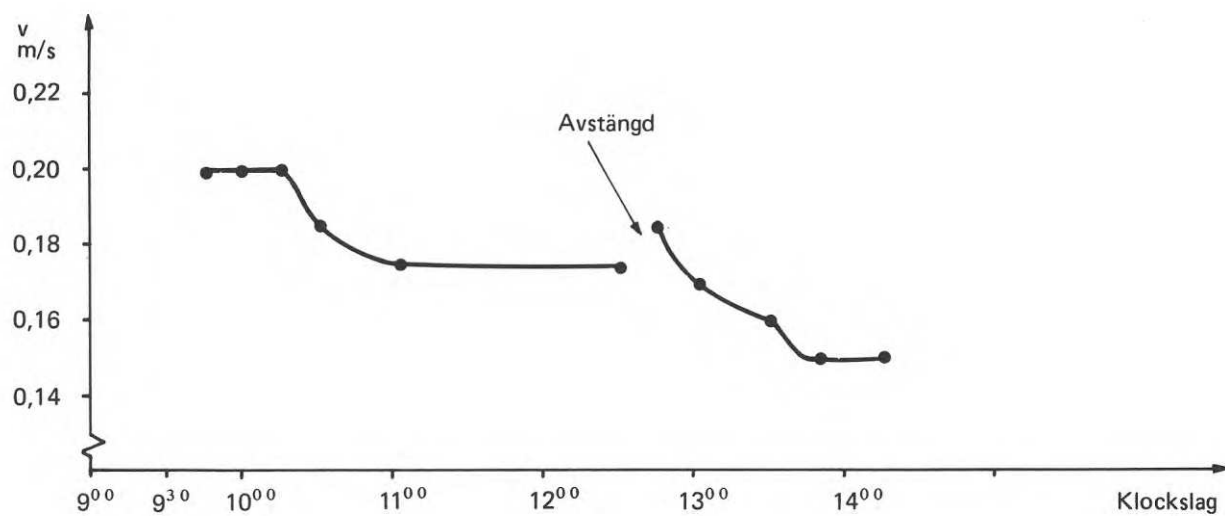


FIG. 13. Lufthastighetens stabilitet under en hel dag.

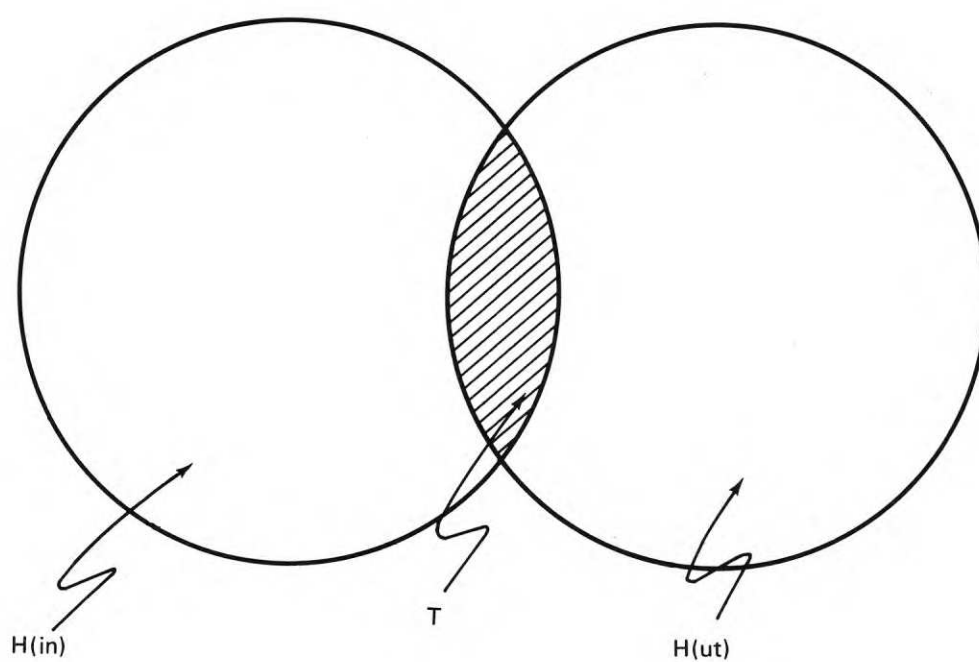


FIG. 14. Osäkerheten i mottagen, $H(in)$, och avgiven, $H(ut)$, information samt överförd information, T .

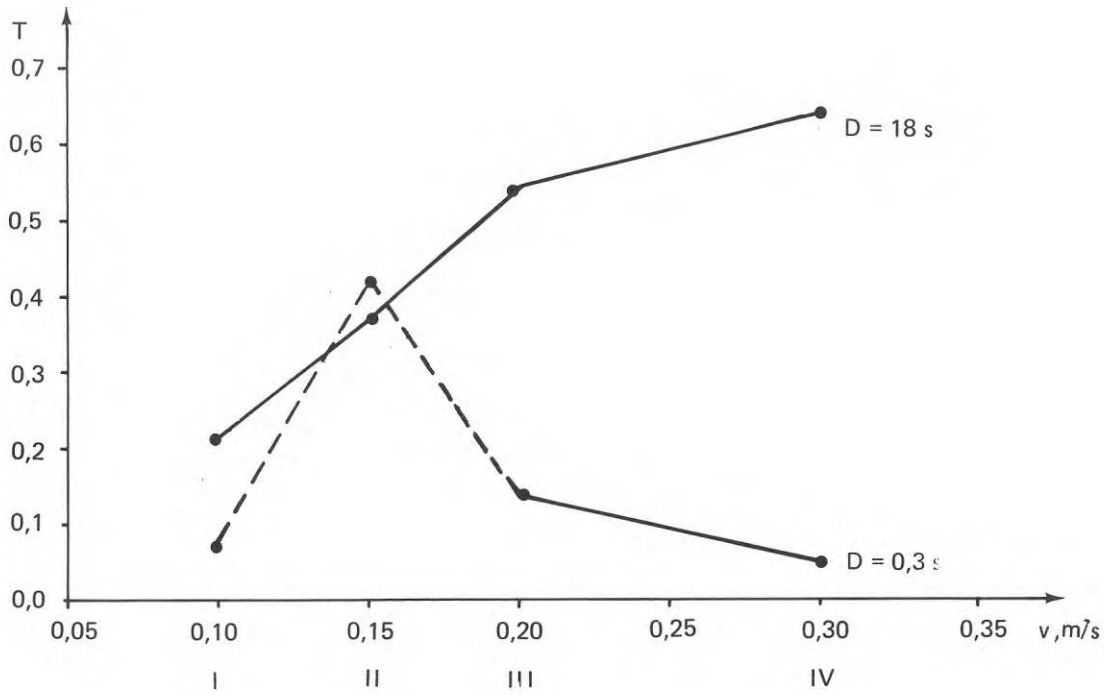


FIG. 15. Förmågan, T , att detektera luftstrålar av olika hastighet, v och varaktighet, D .

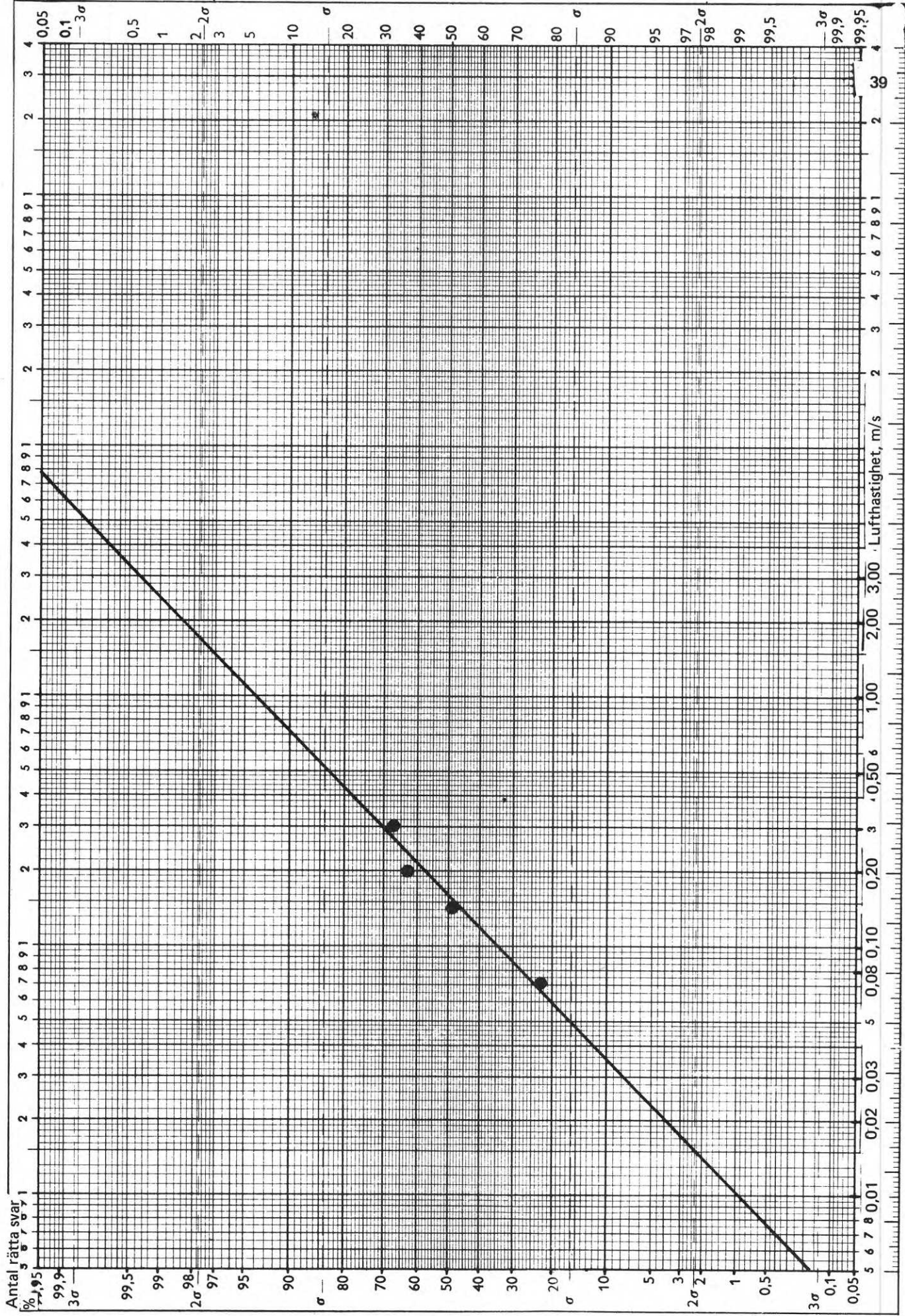


FIG. 16. Relation mellan procent detekterade luftstrålar och luftstrålarnas hastighet. Kurvan är anpassad till %-talspunkterna i ett normalt x log papper.

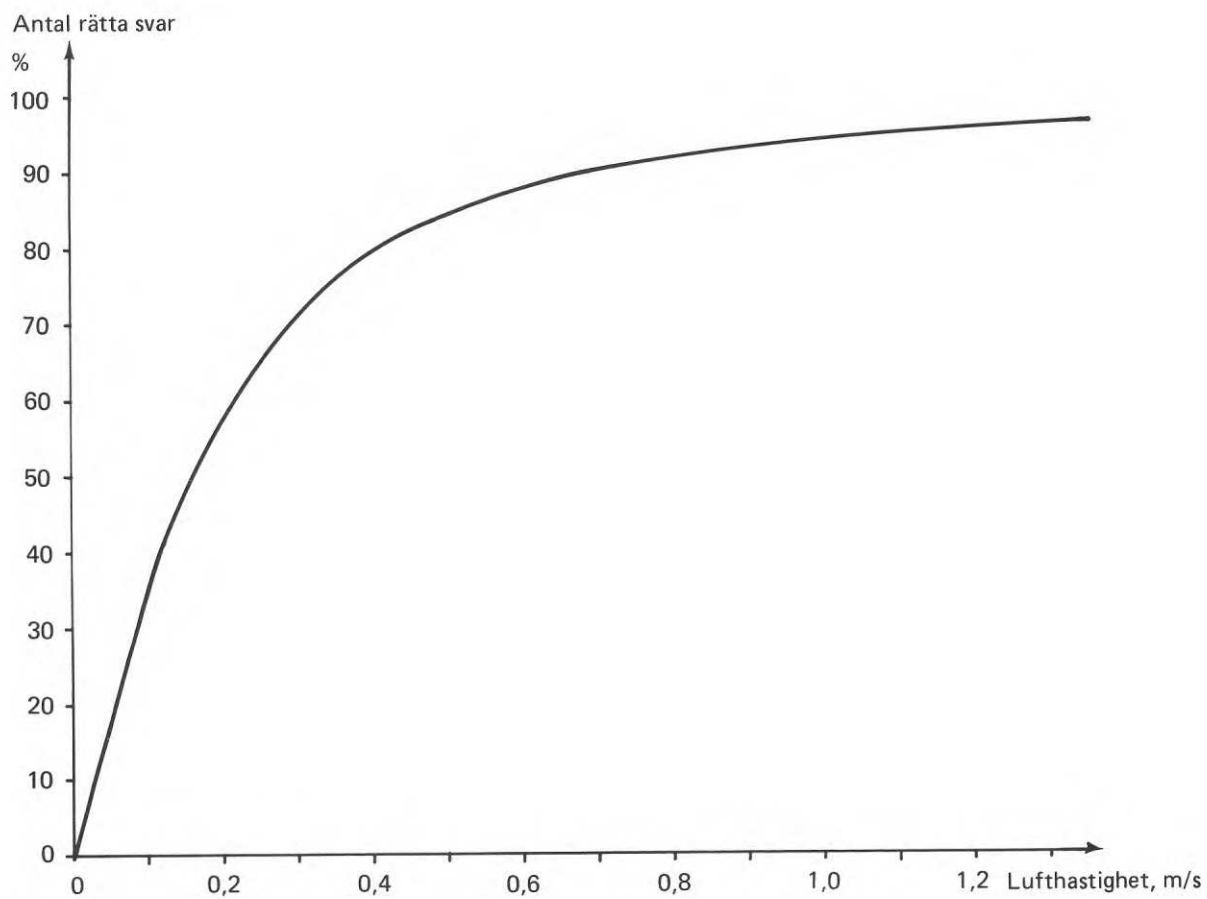


FIG. 17. Relation mellan procent detekterade luftstrålar och luftstrålarnas hastighet. Linjärt koordinatsystem.

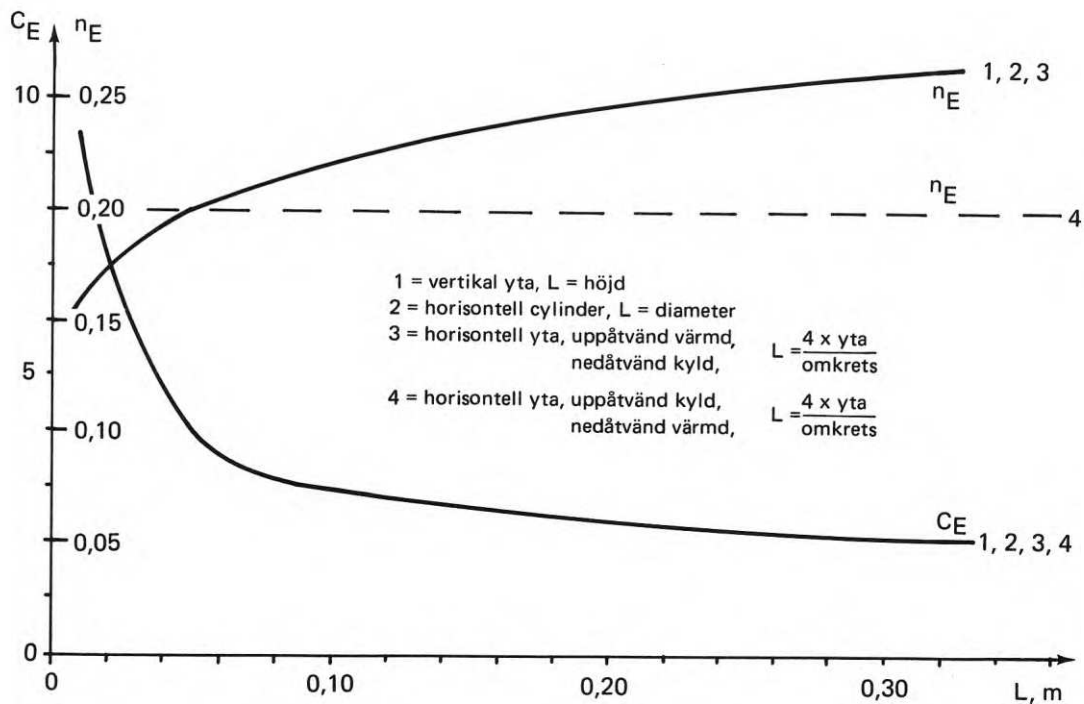


FIG. 18. Approximativa samband $\alpha_K = C_E \cdot v^{n_E}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) ur Glas (1966) och Pierre (1964). $1 < v < 1000$.

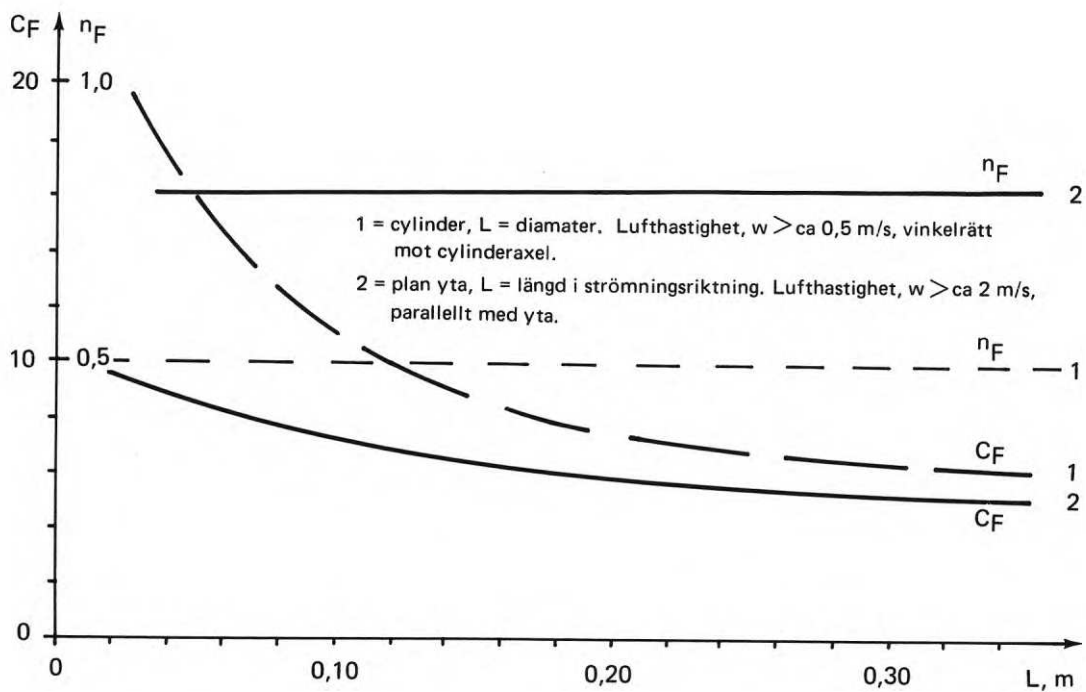


FIG. 19. Approximativa samband $\alpha_K = C_F \cdot w^{n_F}$ ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

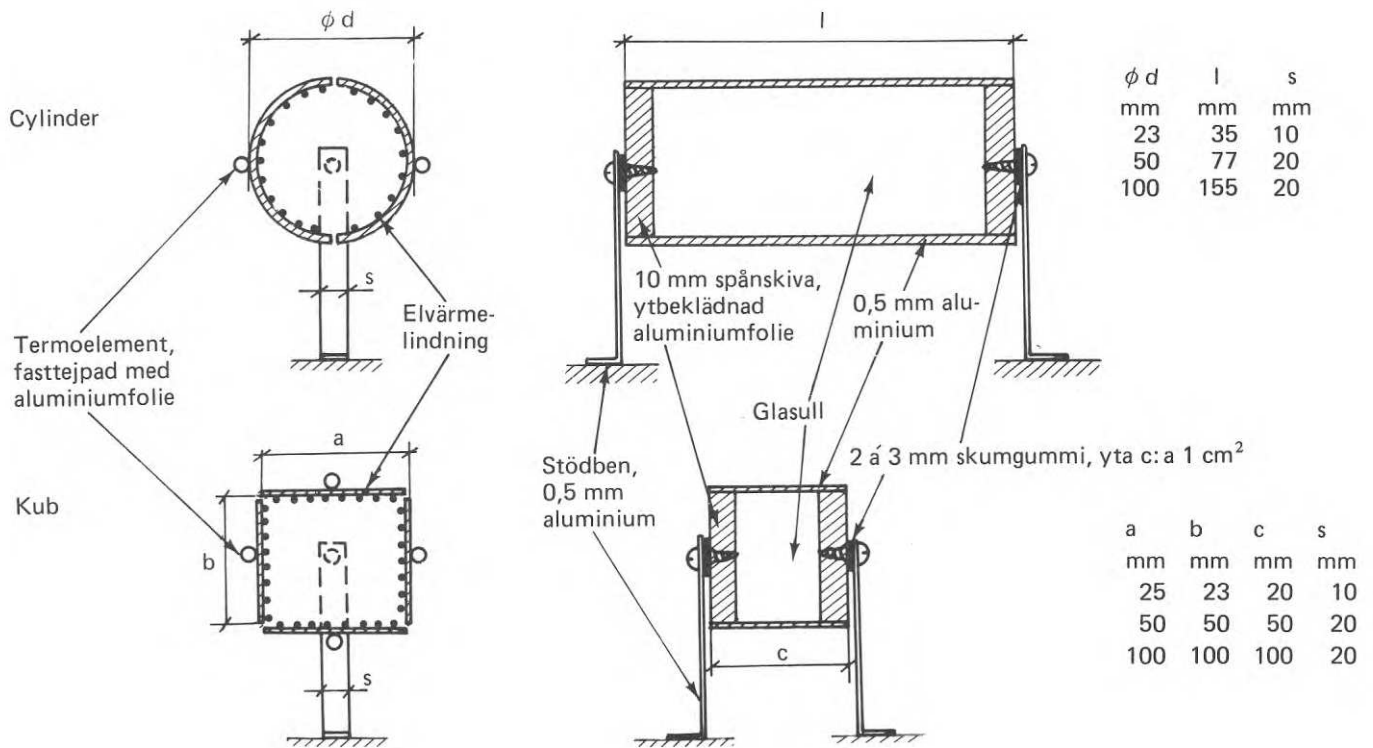


FIG. 20. Försöksutrustning. Provkroppar.

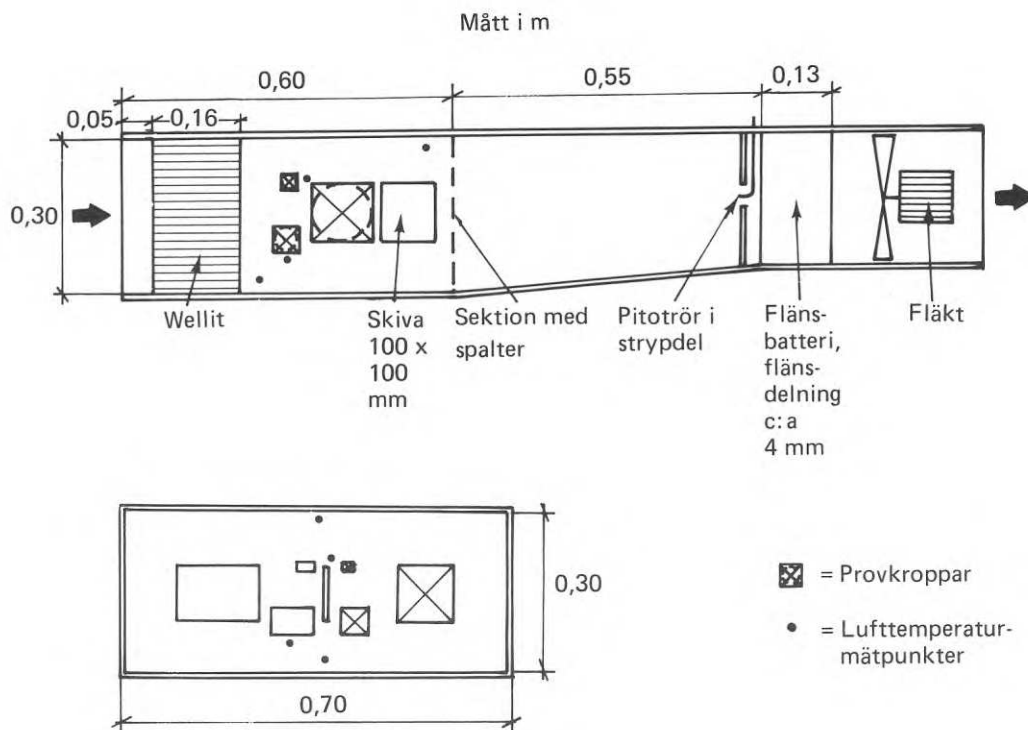


FIG. 21. Försöksutrustning. Provkroppar och provkanal.

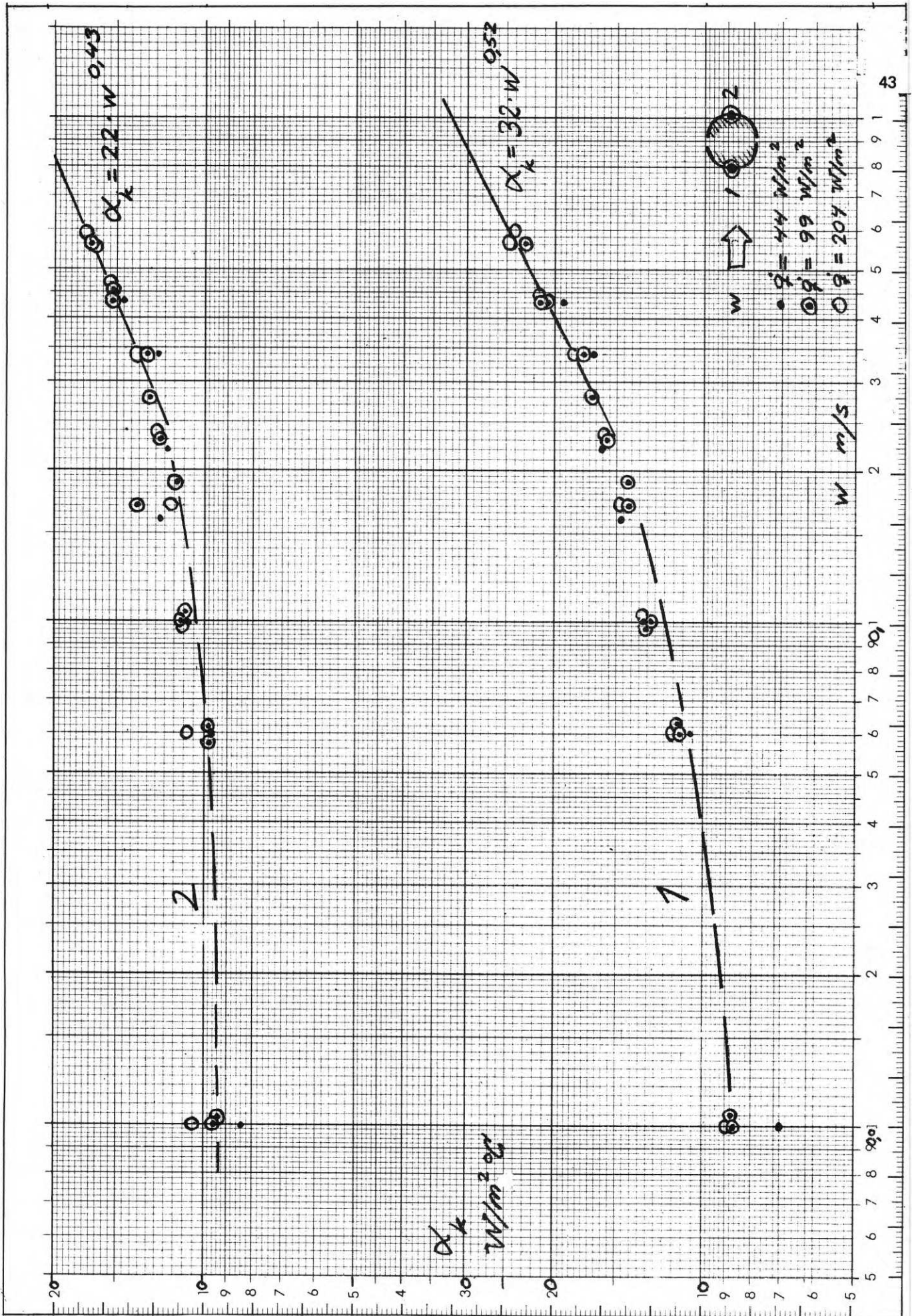


FIG. 22. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) från en cylinder (ϕ 23 x 35 mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

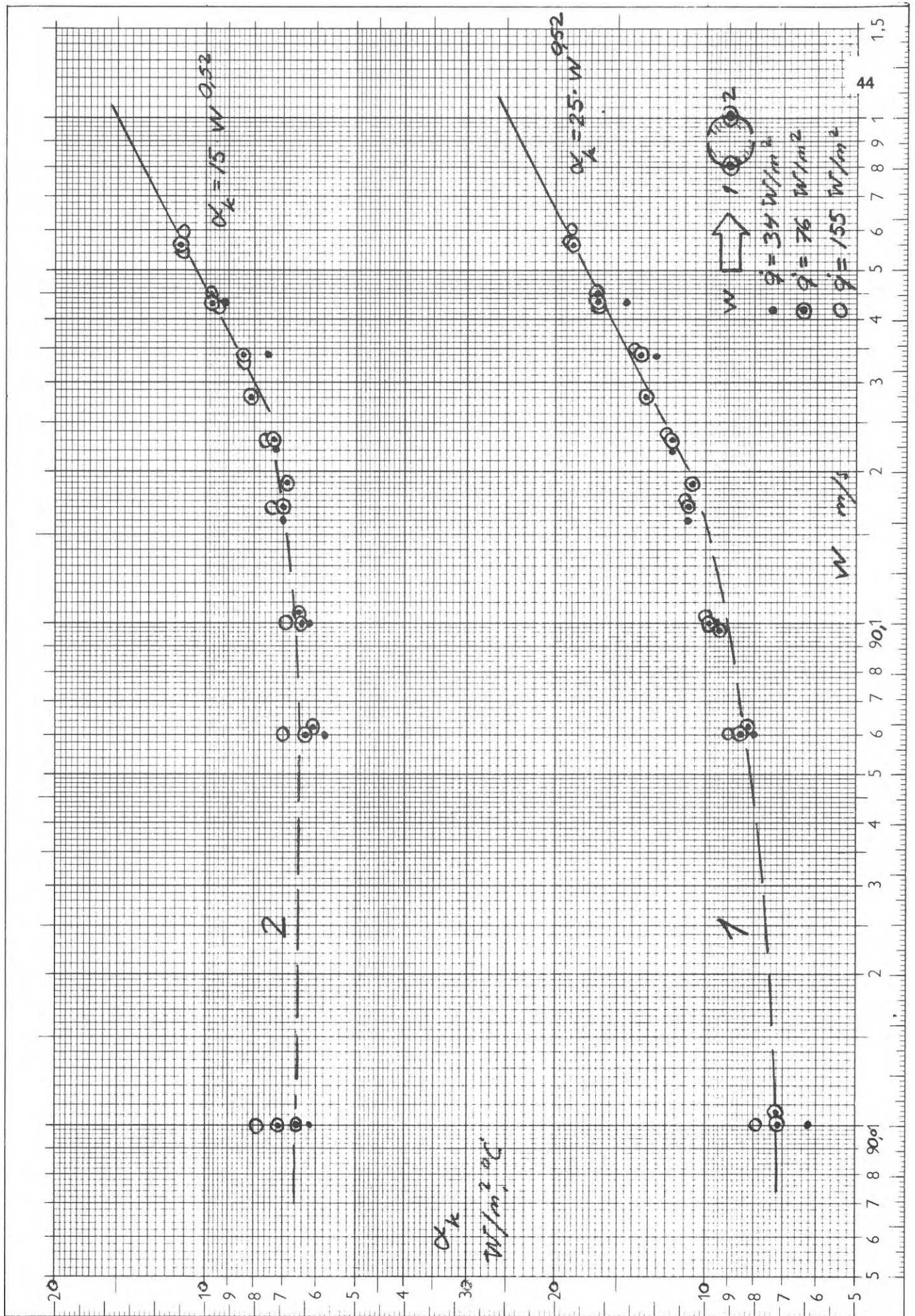


FIG. 23. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) från en cylinder (ϕ 50 x 77 mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

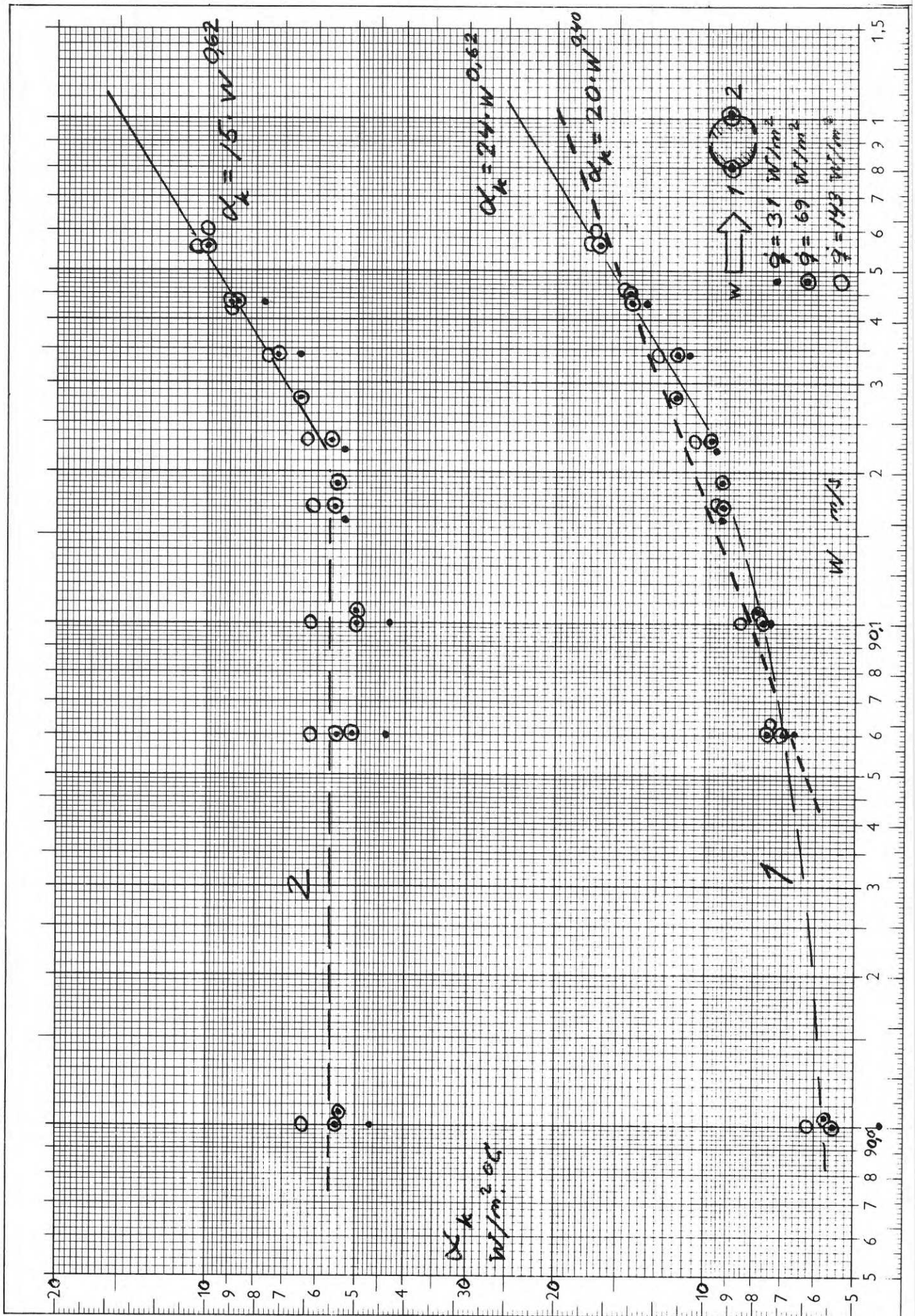


FIG. 24. Den konvektiva värmeavgivningen α_k (W/m²°C) från en cylinder (ϕ 100 x 155 mm) som en funktion av luft hastigheten w (m/s).

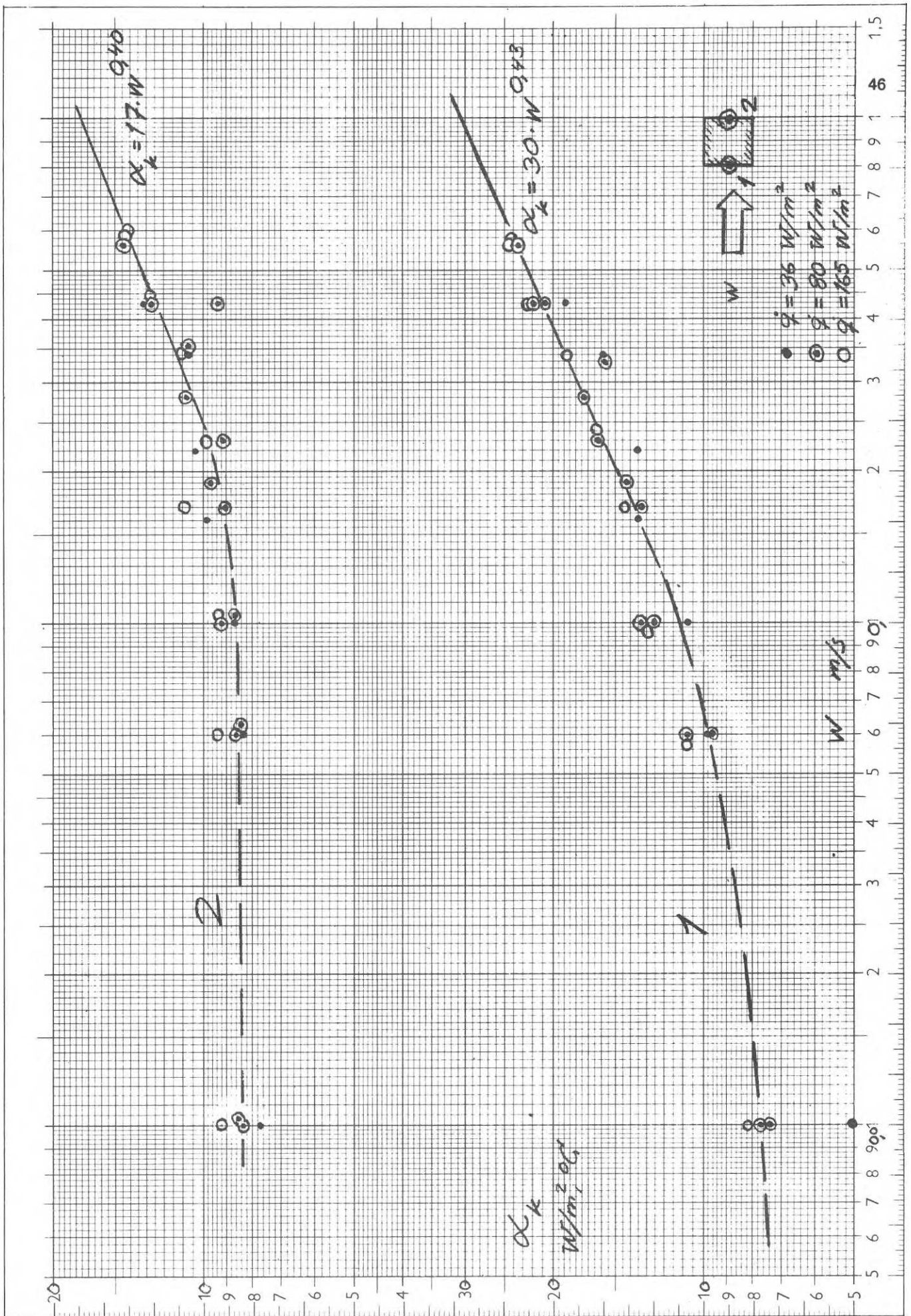


FIG. 25. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) från fram- och baksidan av en kub ($25 \times 23 \times 20$ mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

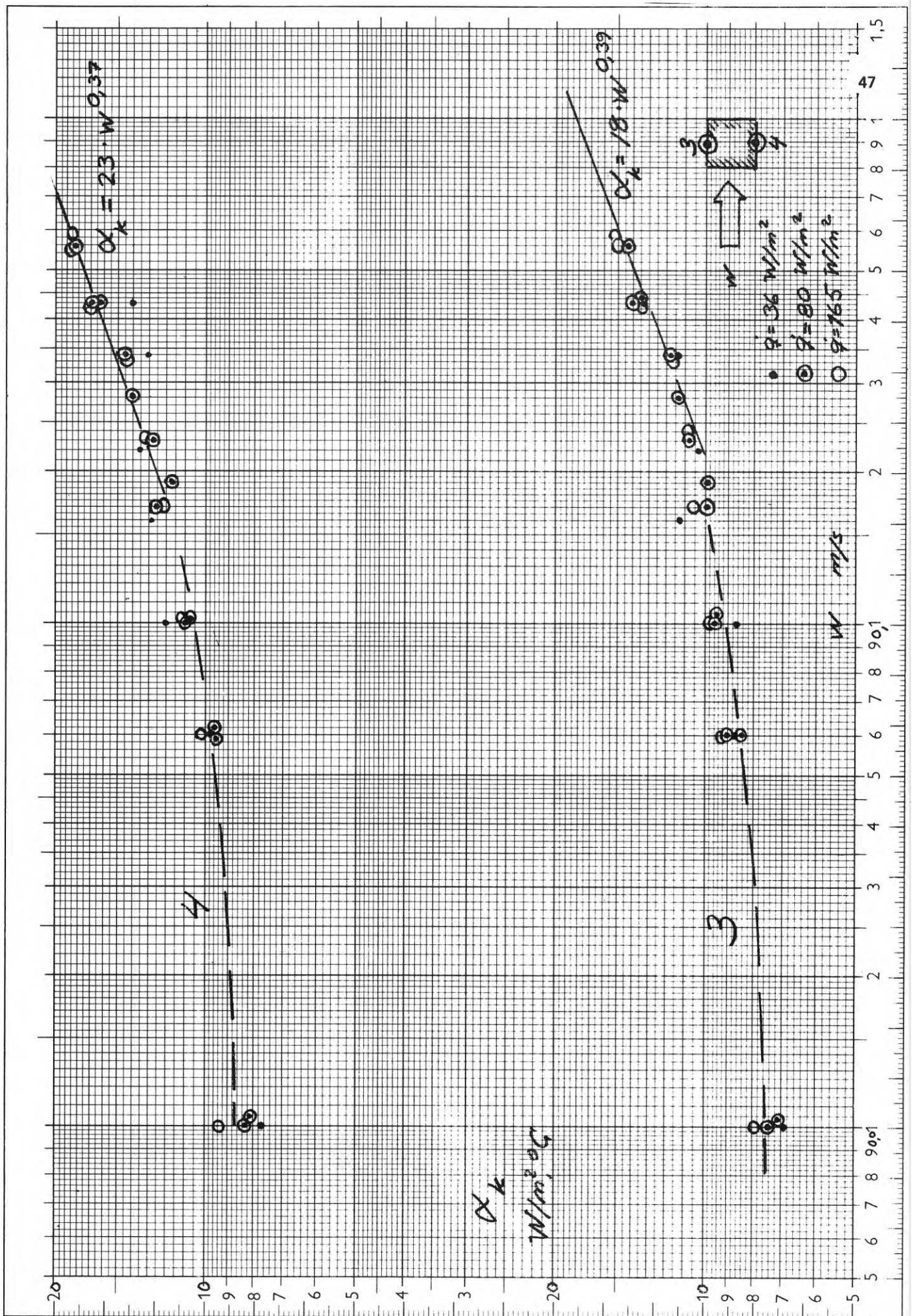


FIG. 26. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) från över- och undersidan av en kub (25 x 23 x 20 mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

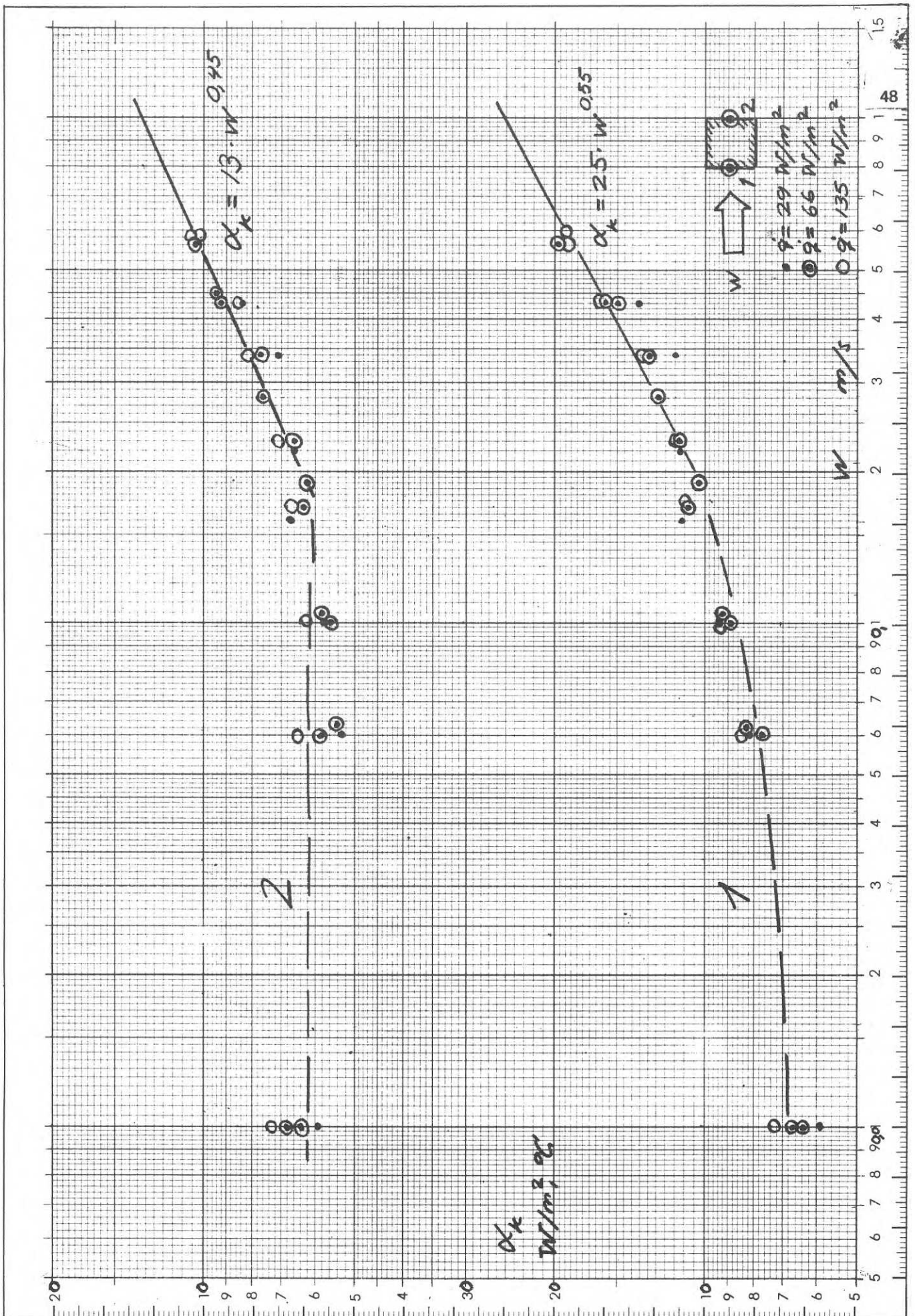


FIG. 27. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) från fram- och baksidan av en kub (50 x 50 x 50 mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

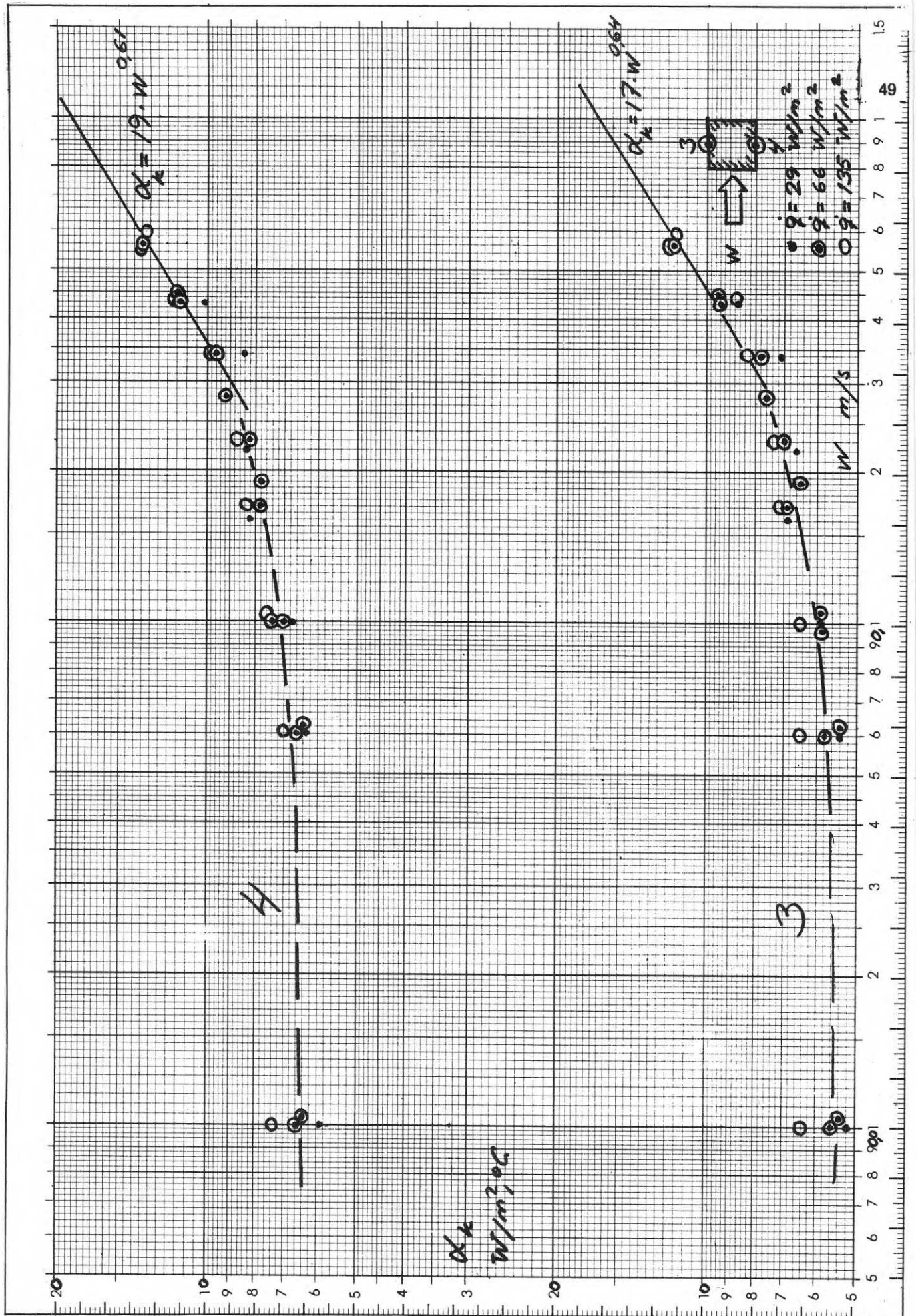


FIG. 28. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($\text{W/m}^2\text{°C}$) från över- och undersidan av en kub ($50 \times 50 \times 50$ mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

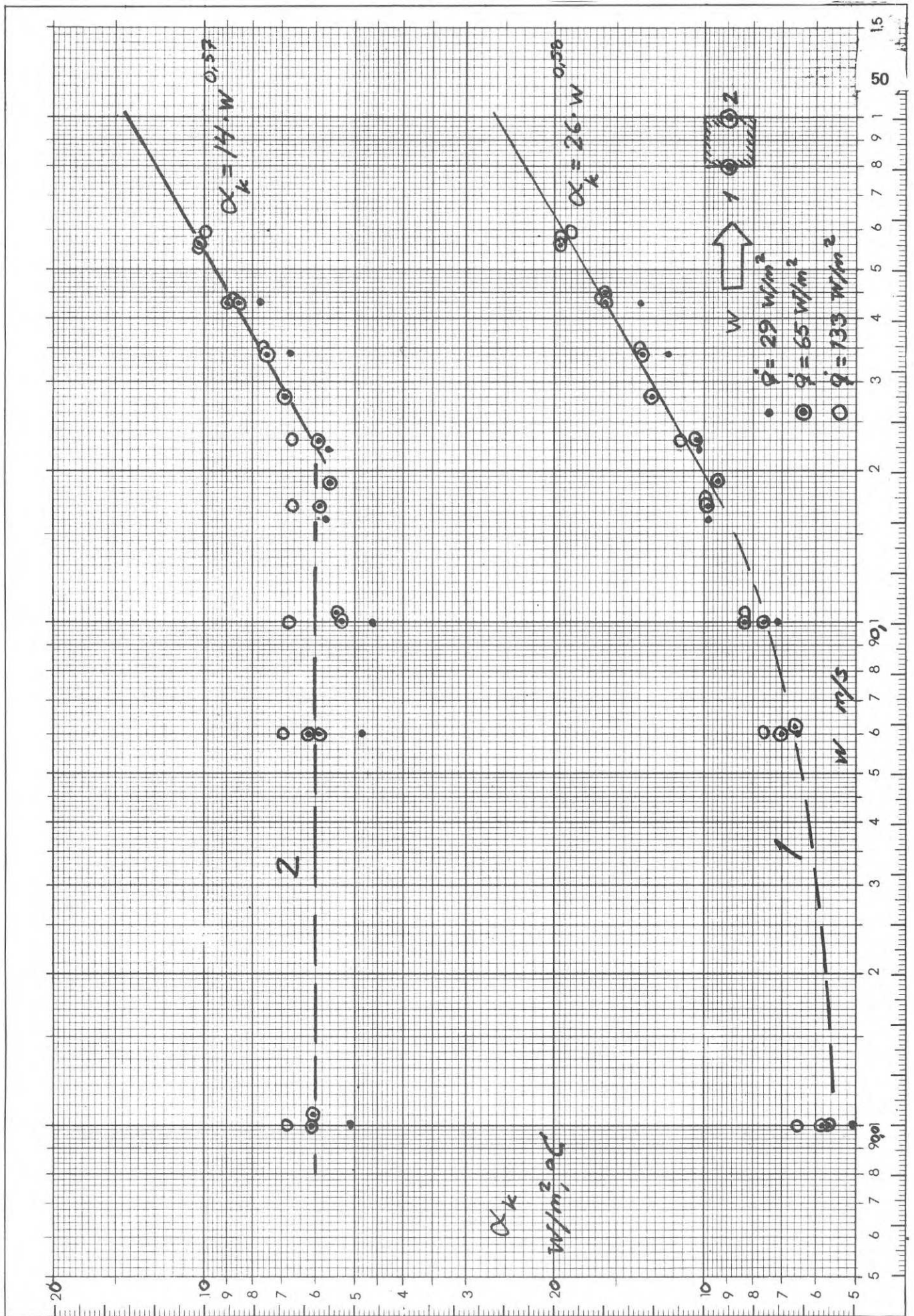


FIG. 29. Den konvektiva värmeavgivningen α_k (W/m²°C) från fram- och baksidan av en kub (100 x 100 x 100 mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

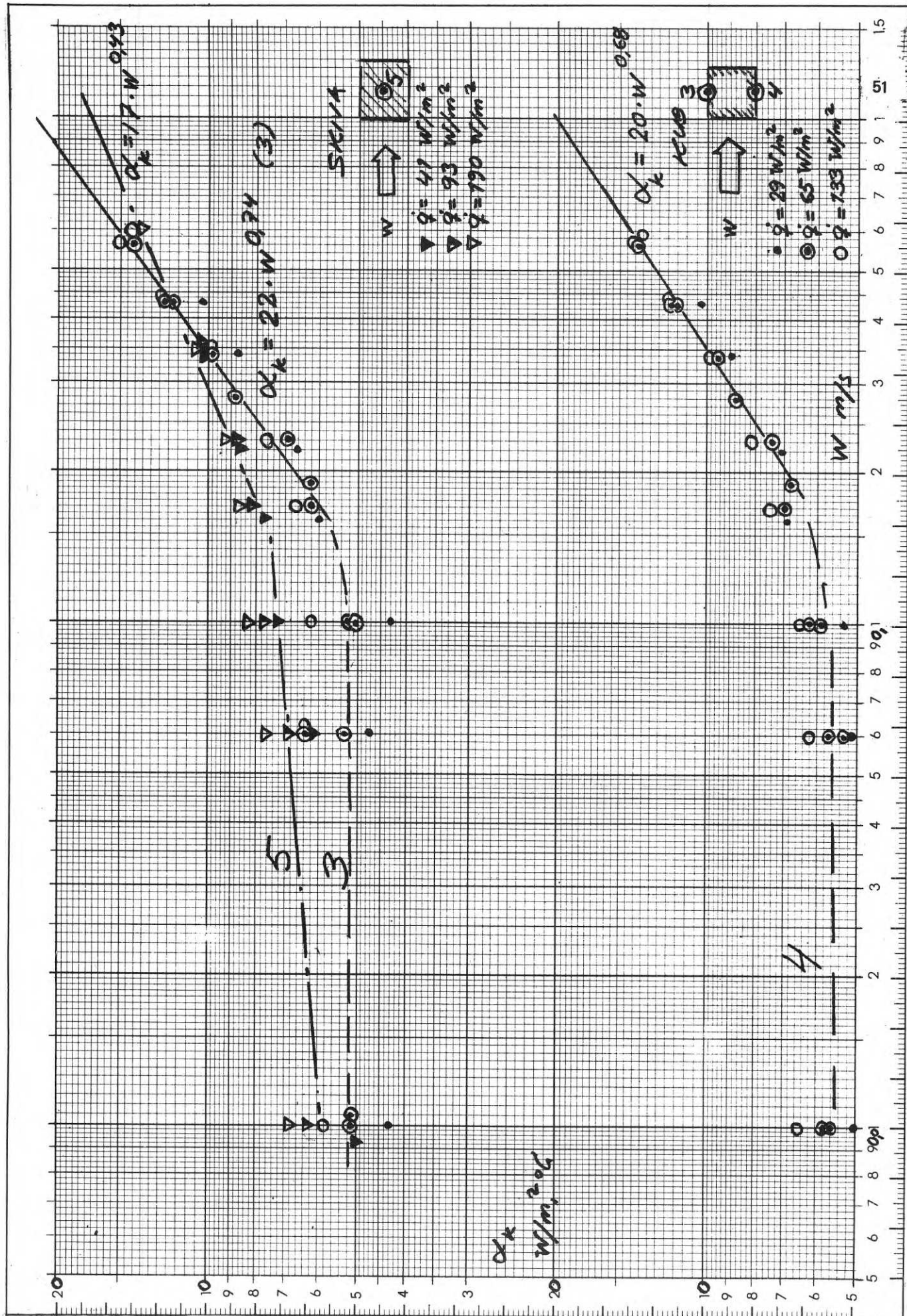


FIG. 30. Den konvektiva värmeavgivningen α_k ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) från över- och undersidan av en kub (100 x 100 x 100 mm) samt från sidan av en skiva (100 x 100 mm) som en funktion av lufthastigheten w (m/s).

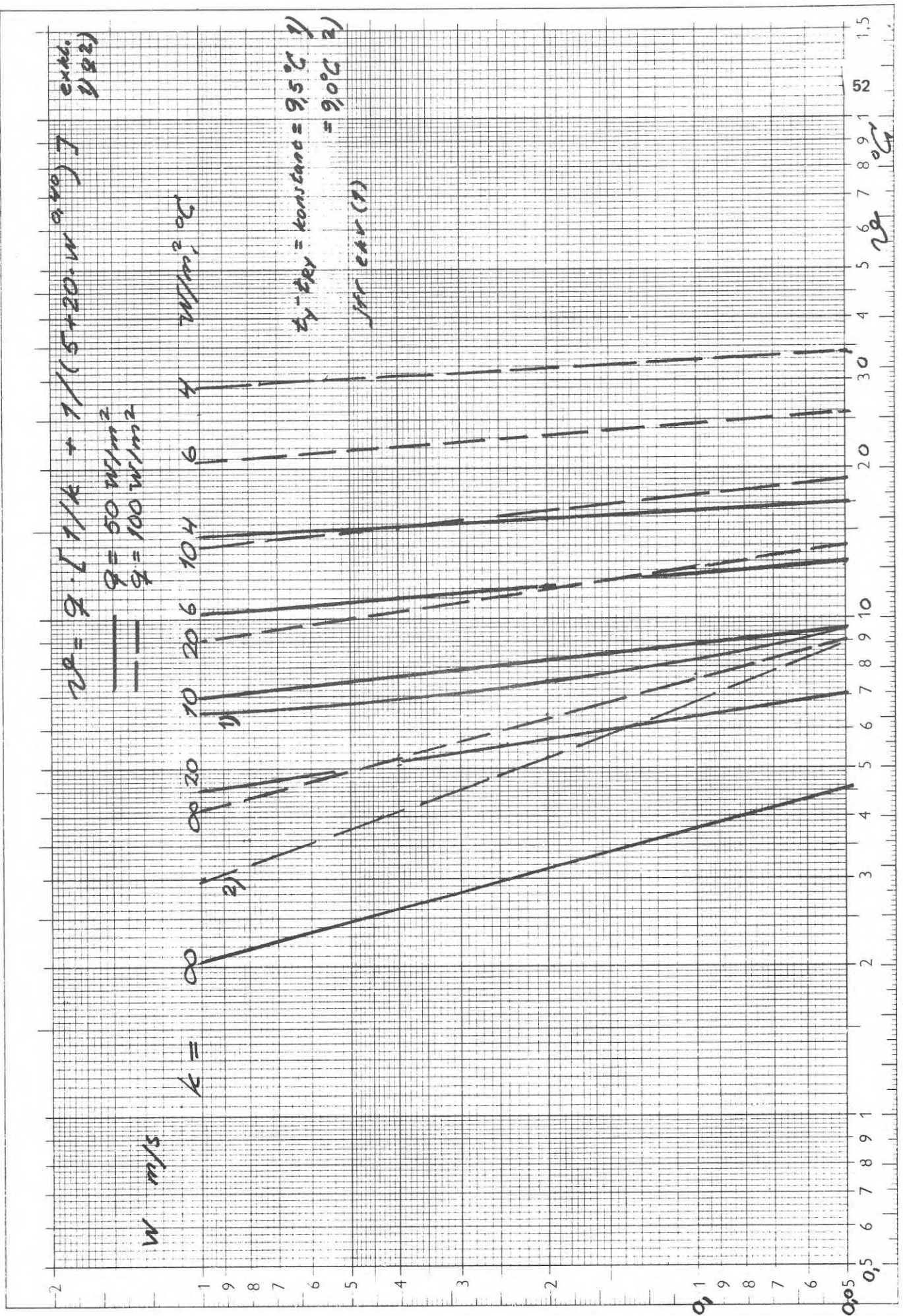


FIG. 31. Relation mellan temperaturdifferensen mellan huden och luften och lufthastigheten, $w(\text{m/s})$ vid konstant värmeavgivning $q(\text{W/m}^2)$ från kroppen samt beklädnadsisolering $k (\text{W/m}^2\text{ }^\circ\text{C})$.

TAB. 1. Luftrörelser när ventilerna öppnas.

Ventilerna för hastighet	Stängda	Stängda	Stängda	Öppnas	Öppna
Ventilerna för position	Stängda	Öppnas	Öppna	Öppna	Öppna
	Lufthast. cm/s	Lufthast. cm/s	Lufthast. cm/s	Lufthast. cm/s	Lufthast. cm/s
	2	15	2	30	16
	2	20	2	30	16
	2	20	2	30	15
	2	13	2	25	15
	2	30	2	30	16
	2	20	2	30	17
	2	30	2	30	17

TAB. 2. Fyrfältstabeller för beräkning av svar samt exempel med alla rätt resp. slumpvis fördelning av svar.

B C x x		In		I-VIII
Antal rätt		Vänster	Höger	Antal fel
Ut	Vänster	Antal svar	Antal svar	Summa vänster
	Höger	Antal svar	Antal svar	Summa höger
		Summa vänster	Summa höger	Totalt

B C x x		In		XX
76		Vänster	Höger	0
Ut	Vänster	38	0	38
	Höger	0	38	38
Ex med alla rätt		38	38	76

B C x x		In		XX
38		Vänster	Höger	38
Ut	Vänster	19	19	38
	Höger	19	19	38
Ex med slumpvis fördeln.		38	38	76

TAB. 3. De olika alternativa konfigurationerna av svaren i fyrfältstabeller för en försöksperson med resp. T-värde.

1	1
1	1

$$T = 0$$

0	0
11	11

$$T = 0$$

11	0
0	11

$$T = +1$$

1	0
1	11

$$T = +0,315$$

0	11
11	0

$$T = -1$$

1	11
1	0

$$T = -0,315$$

11	11
0	0

$$T = 0$$

11	1
0	1

$$T = +0,315$$

0	1
11	1

$$T = -0,315$$

TAB. 4. Fyrfältstabeller med råfrekvenser.

B₁ - B₄ = de fyra hastigheterna.C₁ - C₂ = de två olika varaktighetsgraderna.

B ₁ C ₁		In		I
44		vänster	höger	32
Ut	vänster	22	16	38
	höger	16	22	38
		38	38	76

B ₁ C ₂		In		V
47		vänster	höger	29
Ut	vänster	22	13	35
	höger	16	25	41
		38	38	76

B ₂ C ₁		In		II
56		vänster	höger	20
Ut	vänster	29	11	40
	höger	9	27	36
		38	38	76

B ₂ C ₂		In		VI
56		vänster	höger	20
Ut	vänster	29	11	40
	höger	9	27	36
		38	38	76

B ₃ C ₁		In		III
46		vänster	höger	30
Ut	vänster	21	13	34
	höger	17	25	42
		38	38	76

B ₃ C ₂		In		VII
62		vänster	höger	14
Ut	vänster	33	9	42
	höger	5	29	34
		38	38	76

B ₄ C ₁		In		IV
42		vänster	höger	34
Ut	vänster	23	19	42
	höger	15	19	34
		38	38	76

B ₄ C ₂		In		VIII
63		vänster	höger	13
Ut	vänster	33	8	41
	höger	5	30	35
		38	38	76

TAB. 5. T-värden uppdelade på försöksbetingelser och försökspersoner.

B₁ - B₄ = de fyra hastigheterna.C₁ - C₂ = de två olika varaktighetsgraderna.

		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	
C ₁	1	0,315	0,315	0,315	0	0,437
	2	-0,315	0,315	0	0,315	
	3	0	1	0,315	0	
	4	1	0,315	0,315	0,315	
	5	0,315	0	0,315	0	
	6	0,315	0,315	0,315	0	
	7	0	1	-1	0,315	
	8	0	0	-0,315	0,315	
	9	-1	0,315	0	0,315	
	10	0	-0,315	-0,315	-0,315	
	11	0,315	0,315	0,315	0,315	
	12	0,315	1	0,315	1	
	13	0	-0,315	0	-0,315	
	14	0	0	1	-1	
	15	0,315	1	0,315	0,315	
	16	-0,315	0,315	-0,315	0	
	17	0,315	1	0,315	-0,315	
	18	0	0,315	0,315	0,315	
	19	-0,315	1	0,315	0,315	
		0,067	0,416	0,135	0,099	0,308
C ₂	1	1	0,315	0,315	1	
	2	0,315	0	1	1	
	3	0	0,315	0,315	0	
	4	-0,315	1	0	0	
	5	0	0,315	1	0,315	
	6	0	0,315	0	1	
	7	0	1	1	0,315	
	8	0	0	0,315	-0,315	
	9	0,315	0,315	0,315	0	
	10	0	0	0,315	1	
	11	-1	0,315	1	1	
	12	0	1	1	1	
	13	0,315	0,315	1	1	
	14	-0,315	0	0,315	0,315	
	15	1	1	0,315	1	
	16	0,315	0,315	0,315	0,315	
	17	0,315	0,315	0,315	1	
	18	1	0	1	1	
	19	1	0,315	0,315	1	
		0,208	0,377	0,534	0,629	

TAB. 6. Resultat från 3-vägs variationsanalys.

SOURCE OF VARIATION	SUMS OF SQUARES	DEGREES OF FREEDOM	MEAN SQUARES	F	
B Hastighet	1.54839	3.	0.51613	2.83	(5%)
C Varaktighet	2.53510	1	2.53510	13.45	(0.5%)
BC	1.86164	3	0.62055	3.28	(5%)
K Försökspersoner	5.71355	18	0.31742	1.68	(10%)
BR	7.74516	54	0.14343		
CR	2.77027	18	0.15390		
BCR	10.18645	54.	0.18864		
TOTAL	32.36055	151			

TAB. 7. Beräkning av χ^2 och korrigerande procenträtt (P)

$$\chi^2 = \sum \frac{O^2}{E} - N$$

Antal frihetsgrader = 2 [fix i en riktning (in) och variabel i en (ut)].

$$P = 2(P - \frac{1}{2})$$

$$B_1C_1 \quad \chi^2 = \frac{22^2 + 16^2 + 16^2 + 22^2}{19} - 76 = \frac{484 + 256 + 256 + 484}{19} - 76 = \underline{1,89}$$

$$P = 2(0,579 - \frac{1}{2}) = \underline{15,8 \%}$$

$$B_2C_1 \quad (\chi^2 = \frac{29^2 + 11^2 + 9^2 + 27}{19} - 76 = \frac{841 + 121 + 81 + 729}{19} - 76 = \underline{17,26})$$

$$(P = 2(0,735 - \frac{1}{2}) = \underline{48,5 \%})$$

$$B_3C_1 \quad \chi^2 = \frac{21^2 + 13^2 + 17^2 + 25^2}{19} - 76 = \frac{441 + 169 + 289 + 625}{19} - 76 = \underline{4,21}$$

$$P = 2(0,606 - \frac{1}{2}) = \underline{21,6 \%}$$

$$B_4C_1 \quad \chi^2 = \frac{23^2 + 19 + 15^2 + 19^2}{19} - 76 = \frac{529 + 361 + 225 + 361}{19} - 76 = \underline{1,68}$$

$$P = 2(0,553 - \frac{1}{2}) = \underline{10,5 \%}$$

$$B_1C_2 \quad \chi^2 = \frac{22^2 + 13^2 + 16^2 + 25^2}{19} - 76 = \frac{484 + 169 + 256 + 625}{19} - 76 = \underline{4,8}$$

$$P = 2(0,618 - \frac{1}{2}) = \underline{23,6 \%}$$

$$B_2C_2 \quad \chi^2 = \frac{29^2 + 11^2 + 9^2 + 27}{19} - 76 = \frac{841 + 121 + 81 + 784}{19} - 76 = \underline{20,2}$$

$$P = 2(0,735 - \frac{1}{2}) = \underline{48,9 \%}$$

$$B_3C_2 \quad \chi^2 = \frac{33^2 + 9^2 + 5^2 + 29^2}{19} - 76 = \frac{1089 + 81 + 25 + 841}{19} - 76 = \underline{31,15}$$

$$P = 2(0,816 - \frac{1}{2}) = \underline{63,2 \%}$$

$$B_4C_2 \quad \chi^2 = \frac{33^2 + 8^2 + 5^2 + 30^2}{19} - 76 = \frac{1089 + 64 + 25 + 900}{19} - 76 = \underline{33,36}$$

$$P = 2(0,830 - \frac{1}{2}) = \underline{66,5 \%}$$

TAB. 8. Sammanställning av prestationsdata för alla försökspersoner under de olika försöksbetingelserna.

B_1C_1	$P = 15,8 \%$ $\bar{T} = 0,067$ $\chi^2 = 1,89$	B_1C_2	$P = 23,6 \%$ $\bar{T} = 0,208$ $\chi^2 = 4,8$
B_2C_1	$P = (48,5\%)$ $\bar{T} = (0,416)$ $\chi^2 = (17,26)$	B_2C_2	$P = 48,9 \%$ $\bar{T} = 0,377$ $\chi^2 = 20,2 \text{ x/}$
B_3C_1	$P = 21,6 \%$ $\bar{T} = 0,135$ $\chi^2 = 4,29$	B_3C_2	$P = 63,2 \%$ $\bar{T} = 0,534$ $\chi^2 = 31,15 \text{ x/}$
B_4C_1	$P = 10,5 \%$ $\bar{T} = 0,099$ $\chi^2 = 1,68$	B_4C_2	$P = 66,5 \%$ $\bar{T} = 0,629$ $\chi^2 = 33,36 \text{ x/}$

x/ signifikant större än slumpfördelning på 0,1 % nivå

TAB. 9. Mätvärden från undersökning av konvektiv värmeavgivning från tekniska mätroppar.

Prov	I	w	Cylinder ϕ 23 x 35 mm \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6						α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	
			ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6							
1	0,20	0	6,0	5,5	5,4	5,4	6,7	6,5	(-0,3)	7,3 (+0,4)	8,0 (0)	6,2 (0)	6,2 (0)	4,6 (0)	4,7
2	0,06	4,1	4,4	4,4	4,3	5,6	4,8	6,8	(+0,3)	10,3 (-0,3)	10,0 (+0,2)	7,8 (-0,2)	6,0 (+0,2)	6,4 (-0,1)	4,5
3	0,10	3,5	3,9	3,7	3,7	5,2	4,3	6,9	(+0,5)	12,6 (+0,4)	11,3 (+0,4)	9,1 (-0,3)	6,5 (+0,3)	7,1 (-0,2)	4,5
4	0,16	3,1	3,5	3,2	4,6	3,4	4,6	5,6	(+0,5)	14,2 (-0,5)	12,6 (+0,4)	10,5 (-0,3)	7,5 (+0,3)	9,0 (-0,2)	5,5
5	0,22	2,9	3,5	3,0	4,5	3,3	4,5	5,6	(+0,8)	15,2 (-0,7)	12,6 (+0,5)	11,2 (-0,3)	7,5 (+0,3)	9,3 (-0,2)	5,5
6	0,34	2,8	3,4	2,8	4,3	2,9	4,3	4,6	(+0,9)	15,7 (-0,7)	12,9 (+0,5)	12,0 (-0,3)	7,8 (+0,3)	10,6 (-0,2)	6,7
7	0,43	2,4	2,9	2,4	3,6	2,4	3,6	3,9	(+0,8)	18,3 (-0,7)	15,2 (+0,5)	14,0 (-0,3)	9,4 (+0,3)	12,8 (-0,2)	7,9
8	0,30	0	11,9	10,8	10,7	10,7	12,7	12,5	(-0,4)	8,3 (+0,4)	9,2 (0)	7,1 (0)	7,1 (0)	5,5 (0)	5,5
9	0,06	9,1	9,8	9,3	11,7	10,1	12,3	12,3	(+0,3)	10,9 (-0,3)	10,1 (+0,3)	8,2 (-0,2)	6,5 (+0,1)	6,9 (-0,1)	5,6
10	0,10	8,0	8,7	8,4	11,4	9,3	13,4	13,4	(+0,4)	12,4 (-0,3)	11,4 (+0,4)	9,0 (-0,3)	6,7 (+0,2)	7,4 (-0,2)	5,2
11	0,17	7,1	7,3	7,3	10,3	7,8	12,1	12,1	(+0,1)	14,0 (-0,1)	13,7 (+0,4)	10,4 (-0,3)	7,3 (+0,3)	8,9 (-0,2)	5,7
12	0,23	6,6	7,8	6,8	10,0	7,3	12,0	12,0	(+0,7)	15,0 (-0,6)	12,7 (+0,5)	11,1 (-0,3)	7,6 (+0,3)	9,5 (-0,2)	5,8
13	0,34	6,0	7,2	5,8	8,7	5,8	9,4	9,4	(+0,8)	16,5 (-0,7)	13,7 (+0,5)	13,0 (-0,3)	8,7 (+0,3)	11,9 (-0,2)	7,4
14	0,43	4,9	6,2	4,8	7,5	5,0	7,5	7,5	(+1,1)	20,2 (-0,8)	16,0 (+0,6)	15,8 (-0,4)	10,1 (+0,3)	13,8 (-0,2)	9,2
15	0,56	4,5	5,6	4,2	6,5	4,3	6,5	6,8	(+1,0)	22,0 (-0,8)	17,7 (+0,5)	18,0 (-0,4)	11,6 (+0,3)	16,0 (-0,2)	10,2
16	0,28	5,0	6,2	4,8	7,5	5,0	7,5	7,8	(+0,8)	19,8 (-0,6)	16,0 (+0,6)	15,8 (-0,3)	8,4 (+0,3)	13,8 (-0,2)	8,9
17	0,43	6,2	7,4	6,0	9,0	6,2	10,0	10,0	(+0,8)	16,0 (-0,6)	13,4 (+0,5)	12,6 (-0,3)	7,2 (+0,3)	11,2 (-0,2)	6,9
18	0,19	7,3	8,3	7,4	10,6	7,7	12,1	12,1	(+0,5)	13,6 (-0,5)	11,9 (+0,4)	10,2 (-0,3)	7,2 (+0,3)	9,0 (-0,2)	5,7
19	0,10	7,9	8,7	8,1	11,2	9,0	13,2	13,2	(+0,4)	12,6 (-0,4)	11,4 (+0,4)	9,4 (-0,3)	6,8 (+0,2)	7,7 (-0,2)	5,2
20	0,06	9,1	9,8	9,6	12,1	10,8	13,2	13,2	(+0,3)	10,9 (-0,3)	10,1 (+0,3)	7,9 (-0,2)	6,3 (+0,1)	6,4 (-0,1)	5,2
21	0	11,7	10,9	10,7	11,3	12,2	12,8	12,8	(+0,3)	8,5 (+0,3)	9,1 (+0,1)	7,1 (-0,1)	6,7 (0)	5,7 (0)	5,4
22	0,43	0	21,9	20,2	19,7	19,6	22,9	22,4	(-0,3)	9,3 (+0,3)	10,1 (0)	7,9 (0)	7,9 (0)	6,2 (0)	6,4
23	0,06	17,7	18,6	17,7	21,5	19,5	22,8	22,8	(+0,2)	11,5 (-0,2)	11,0 (+0,2)	8,8 (-0,2)	7,2 (+0,1)	7,3 (-0,1)	6,3
24	0,10	15,9	17,8	16,0	21,5	17,2	22,7	22,7	(+0,5)	12,8 (-0,4)	11,4 (+0,3)	9,7 (-0,3)	7,2 (+0,2)	8,3 (-0,1)	6,3
25	0,17	14,5	16,6	14,6	20,2	15,5	22,5	22,5	(+0,6)	14,0 (-0,5)	12,3 (+0,4)	10,6 (-0,3)	7,7 (+0,2)	9,2 (-0,2)	6,3
26	0,23	13,5	15,7	13,5	19,6	14,0	22,0	22,0	(+0,7)	15,1 (-0,6)	13,0 (+0,5)	11,5 (-0,3)	7,9 (+0,3)	10,2 (-0,2)	6,5
27	0,34	11,7	14,3	11,6	17,6	11,6	18,2	18,2	(+0,9)	17,4 (-0,7)	14,2 (+0,5)	13,4 (-0,3)	8,8 (+0,3)	12,3 (-0,2)	7,8
28	0,43	9,9	12,7	9,8	15,3	9,9	15,5	15,5	(+1,1)	20,6 (-0,5)	16,0 (+0,6)	15,8 (-0,4)	10,1 (+0,3)	14,4 (-0,2)	9,2
29	0,56	8,7	11,5	8,5	13,2	8,5	13,2	13,3	(+1,3)	23,4 (-1,0)	17,7 (+0,6)	18,3 (-0,4)	11,7 (+0,3)	16,8 (-0,2)	10,7
30	0,59	8,8	11,3	8,5	13,3	8,6	14,0	14,0	(+1,1)	23,2 (-0,9)	18,0 (+0,6)	18,3 (-0,4)	11,6 (+0,3)	16,6 (-0,2)	10,2

$$\alpha_k = \alpha_x + \Delta\alpha_x$$

$\Delta\alpha_1$ $\Delta\alpha_2$ $\Delta\alpha_3$ $\Delta\alpha_4$ $\Delta\alpha_5$ $\Delta\alpha_6$

TAB. 10. Mätvärden från undersökning av konvektiv värmeavgivning från tekniska mätroppar.

$$w \rightarrow 1 \begin{array}{c} 3 \\ \square \\ 4 \end{array} 2 \quad \dot{q} = 890 \cdot I^2$$

Kub 25 x 23 x 20 mm²

Prov	I (A)	w (m/s)	ϑ (K)		ϑ_3 (Över)	ϑ_4 (Under)	α_2	α_1	α_3	α_4								
			(Bak)	(Fram)														
1	0,20	0	(-0,4)	5,0	(+0,9)	6,0	(-0,1)	5,3	(-0,4)	5,0	(+0,6)	7,1	(-1,2)	6,0	(+0,2)	6,7	(+0,6)	7,1
2	0,20	0,06	(+0,2)	4,1	(-0,2)	3,8	(+0,1)	4,0	(-0,2)	3,8	(-0,4)	8,7	(+0,4)	9,4	(-0,2)	8,9	(+0,4)	9,4
3	0,20	0,10	(+0,3)	3,9	(-0,2)	3,5	(+0,3)	3,9	(-0,5)	3,3	(-0,6)	9,2	(+0,4)	10,3	(-0,6)	9,2	(+1,2)	10,8
4	0,20	0,16	(+0,4)	3,3	(-0,3)	2,8	(+0,1)	3,1	(-0,2)	2,9	(-1,0)	10,8	(+0,8)	12,7	(-0,3)	11,5	(+0,6)	12,3
5	0,20	0,22	(+0,3)	3,2	(-0,3)	2,8	(+0,3)	3,2	(-0,3)	2,8	(-0,8)	11,1	(+0,8)	12,7	(-0,8)	11,1	(+0,8)	12,7
6	0,20	0,34	(+0,3)	3,1	(-0,5)	2,5	(+0,2)	3,0	(-0,1)	2,8	(-0,8)	11,5	(+1,6)	14,3	(-0,5)	11,9	(+0,3)	12,7
7	0,20	0,43	(+0,2)	2,6	(-0,5)	2,1	(+0,2)	2,6	(+0,1)	2,5	(-0,6)	13,7	(+1,9)	17,0	(-0,6)	13,8	(-0,3)	14,3
8	0,30	0	(-0,4)	10,0	(+0,2)	10,7	(+0,2)	10,6	(-0,4)	10,0	(+0,3)	8,0	(-0,2)	7,5	(-0,2)	7,6	(+0,3)	8,0
9	0,30	0,06	(+0,3)	9,0	(-0,3)	8,5	(+0,1)	8,8	(-0,3)	8,5	(-0,3)	8,9	(+0,3)	9,4	(-0,1)	9,1	(+0,3)	9,4
10	0,30	0,10	(+0,9)	8,4	(-1,0)	7,0	(+0,4)	8,0	(-0,3)	7,5	(-0,9)	9,5	(+1,1)	11,4	(-0,4)	10,0	(+0,3)	10,7
11	0,30	0,17	(+1,0)	8,0	(-0,9)	6,6	(+0,5)	7,6	(-0,6)	6,8	(-1,0)	10,0	(+1,1)	12,1	(-0,5)	10,5	(+0,7)	11,8
12	0,30	0,23	(+1,3)	7,7	(-1,2)	5,5	(+0,5)	7,1	(-0,3)	6,5	(-1,3)	10,4	(+1,7)	14,5	(-0,6)	11,3	(+0,4)	12,3
13	0,30	0,34	(+0,9)	6,8	(-0,9)	5,5	(+0,5)	6,5	(-0,5)	5,8	(-1,1)	11,8	(+1,3)	14,5	(-0,6)	12,3	(+0,7)	13,8
14	0,30	0,43	(+2,0)	6,9	(-1,6)	4,2	(+0,2)	5,6	(-0,6)	5,0	(-2,3)	11,6	(+3,0)	19,0	(-0,3)	14,3	(+1,0)	16,0
15	0,30	0,56	(+0,6)	5,2	(-1,2)	3,8	(+0,7)	5,2	(-0,2)	4,5	(-0,9)	15,4	(+2,5)	21,0	(-1,1)	15,4	(+0,4)	17,8
16	0,30	0,43	(+0,8)	5,8	(-1,2)	4,3	(+0,6)	5,6	(-0,2)	5,0	(-1,1)	13,8	(+2,2)	18,6	(-0,9)	14,3	(+0,3)	16,0
17	0,30	0,28	(+0,8)	6,7	(-1,2)	5,2	(+0,7)	6,6	(-0,3)	5,9	(-1,0)	11,9	(+1,8)	15,4	(-0,8)	12,1	(+0,4)	13,6
18	0,30	0,19	(+0,7)	7,7	(-1,2)	6,3	(+0,6)	7,6	(-0,2)	7,0	(-0,7)	10,4	(+1,5)	12,7	(-0,6)	10,5	(+0,2)	11,4
19	0,30	0,10	(+0,7)	8,1	(-1,1)	6,8	(+0,5)	8,0	(-0,1)	7,5	(-0,7)	9,9	(+1,3)	11,8	(-0,5)	10,0	(+0,1)	10,7
20	0,30	0,06	(+0,5)	9,0	(-0,8)	8,0	(+0,5)	9,0	(-0,2)	8,5	(-0,5)	8,9	(+0,6)	10,0	(-0,5)	8,9	(+0,2)	9,4
21	0,30	0	(-0,6)	9,8	(+0,1)	10,3	(+0,6)	10,7	(-0,2)	10,1	(+0,3)	8,2	(-0,1)	7,8	(-0,4)	7,5	(+0,2)	7,9
22	0,43	0	(-0,8)	18,5	(+0,8)	19,7	(+1,0)	19,9	(-1,0)	18,4	(+0,3)	8,9	(-0,3)	8,4	(-0,4)	8,3	(+0,4)	9,0
23	0,43	0,06	(+0,7)	17,1	(-1,0)	15,8	(+0,6)	17,0	(-0,3)	16,3	(-0,3)	9,7	(+0,5)	10,4	(-0,3)	9,7	(+0,1)	10,1
24	0,43	0,10	(+1,4)	16,4	(-1,8)	14,0	(+0,8)	16,0	(-0,4)	15,1	(-0,7)	10,0	(+1,0)	11,8	(-0,4)	10,3	(+0,2)	10,9
25	0,43	0,17	(+0,8)	14,5	(-1,8)	12,5	(+1,2)	14,8	(-0,2)	13,7	(-0,4)	11,4	(+1,2)	13,2	(-0,6)	11,2	(+0,1)	12,0
26	0,43	0,23	(+2,1)	15,0	(-2,6)	11,5	(+1,2)	14,3	(-0,6)	13,0	(-1,1)	11,0	(+1,8)	14,3	(-0,7)	11,5	(+0,4)	12,7
27	0,43	0,34	(+2,0)	13,6	(-2,8)	10,0	(+1,4)	13,2	(-0,6)	11,7	(-1,2)	12,1	(+2,2)	16,5	(-0,8)	12,5	(+0,4)	14,1
28	0,43	0,43	(+1,8)	11,8	(-2,7)	8,4	(+1,4)	11,5	(-0,6)	10,0	(-1,2)	14,0	(+2,6)	19,7	(-1,0)	14,3	(+0,5)	16,5
29	0,43	0,56	(+1,7)	10,6	(-2,5)	7,5	(+1,3)	10,3	(-0,5)	9,0	(-1,3)	15,6	(+2,7)	22,0	(-1,0)	16,0	(+0,4)	18,4
30	0,43	0,59	(+1,7)	10,7	(-2,5)	7,6	(+1,2)	10,3	(-0,5)	9,1	(-1,3)	15,4	(+2,6)	21,7	(-0,9)	16,0	(+0,4)	18,2

$$\Delta \vartheta_x = \frac{4}{3} \cdot \vartheta_x - \frac{1}{3} \cdot \sum_{n=1}^4 \vartheta_n$$

$$\alpha_k = \alpha_x + \Delta \alpha_x$$

TAB. 11. Mätvärden från undersökning av konvektiv värmeavgivning från tekniska mätroppar.

Prov	I	w	Kub 50 x 50 x 50 mm				ϑ_4	α_1	α_2	α_3	α_4			
			ϑ_1	2	ϑ_3	ϑ_4								
1	0,20	0	(-0,2)	5,0	(+0,2)	5,5	(-0,2)	5,0	(+0,1)	5,8	(+0,1)	5,3	(+0,1)	5,8
2		0,06	(-1,0)	4,0	(+0,6)	5,1	(-0,1)	4,7	(+0,8)	7,3	(-0,3)	5,6	(-0,3)	5,7
3		0,10	(-1,1)	3,5	(+0,6)	4,8	(+0,5)	4,7	(+0,9)	8,4	(-0,4)	6,1	(-0,3)	6,2
4		0,16	(-1,0)	2,9	(+0,6)	4,1	(+0,5)	4,0	(+1,0)	10,1	(-0,4)	7,1	(-0,4)	7,3
5		0,22	(-1,1)	2,9	(+0,6)	4,2	(+0,6)	4,2	(+1,1)	10,1	(-0,4)	7,0	(-0,4)	7,0
6		0,34	(-1,0)	2,8	(+0,5)	3,9	(+0,5)	3,9	(+1,1)	10,4	(-0,4)	7,5	(-0,4)	7,5
7		0,43	(-0,8)	2,3	(+0,5)	3,3	(+0,4)	3,2	(+1,0)	12,7	(-0,5)	8,9	(-0,4)	9,1
8	0,30	0	(-0,1)	10,3	(-0,5)	10,0	(+1,1)	11,2	(+0,3)	6,4	(+0,2)	6,6	(-0,3)	5,9
9		0,06	(-1,7)	8,8	(+0,9)	10,8	(+0,9)	10,8	(+0,6)	7,5	(-0,3)	6,1	(-0,3)	6,1
10		0,10	(-2,3)	8,1	(+1,6)	11,0	(+1,2)	10,7	(+0,8)	8,1	(-0,4)	6,0	(-0,3)	6,2
11		0,17	(-2,4)	6,7	(+1,5)	9,6	(+1,0)	9,2	(+1,1)	9,8	(-0,5)	6,8	(-0,3)	7,2
12		0,23	(-2,3)	6,5	(+1,4)	9,3	(+1,0)	9,0	(+1,1)	10,1	(-0,5)	7,1	(-0,3)	7,3
13		0,34	(-2,1)	5,5	(+1,2)	8,0	(-1,1)	8,0	(+1,1)	11,9	(-0,5)	8,2	(-0,4)	8,2
14		0,43	(-2,1)	4,5	(+1,1)	6,8	(+1,0)	6,7	(+1,4)	14,6	(-0,5)	9,7	(-0,4)	9,8
15		0,56	(-1,9)	3,6	(+1,3)	6,0	(+0,7)	5,5	(+1,6)	18,2	(-0,6)	11,0	(-0,4)	12,0
16		0,43	(-1,9)	4,5	(+1,0)	6,7	(+1,0)	6,7	(+1,3)	14,6	(-0,4)	9,8	(-0,4)	9,8
17		0,28	(-2,1)	5,8	(+1,1)	8,2	(+1,1)	8,2	(+1,1)	11,3	(-0,4)	8,0	(-0,4)	8,0
18		0,19	(-2,2)	7,1	(+1,5)	9,9	(+1,2)	9,7	(+0,9)	9,3	(-0,5)	6,7	(-0,4)	6,8
19		0,10	(-2,3)	7,9	(+1,3)	10,6	(+1,3)	10,5	(+0,9)	8,3	(-0,4)	6,2	(-0,4)	6,3
20		0,06	(-1,9)	9,3	(+1,1)	11,5	(+1,3)	11,5	(+0,6)	7,1	(-0,3)	5,7	(-0,3)	5,7
21		0	(-0,3)	10,5	(-0,3)	10,5	(+1,0)	11,5	(+0,1)	6,3	(+0,1)	6,3	(-0,3)	5,7
22	0,43	0	(-0,7)	18,7	(-1,1)	18,1	(+1,1)	20,5	(+0,1)	7,2	(+0,2)	7,5	(-0,2)	6,6
23		0,06	(-2,9)	16,9	(+1,3)	20,1	(+1,4)	20,2	(+0,5)	8,0	(-0,2)	6,7	(-0,2)	6,7
24		0,10	(-2,9)	15,6	(+2,5)	20,4	(+2,0)	20,0	(+0,6)	8,7	(-0,4)	6,6	(-0,3)	6,8
25		0,17	(-4,2)	13,7	(+2,8)	19,0	(+2,1)	18,3	(+0,9)	9,9	(-0,4)	7,1	(-0,3)	7,4
26		0,23	(-4,1)	12,8	(+2,6)	18,0	(+2,1)	17,6	(+1,0)	10,5	(-0,4)	7,5	(-0,4)	7,7
27		0,34	(-4,0)	11,0	(+2,1)	15,6	(-2,1)	15,6	(+1,1)	12,3	(-0,4)	8,6	(-0,4)	8,7
28		0,43	(-4,5)	9,2	(+2,8)	14,8	(+2,7)	14,7	(+1,5)	14,7	(-0,6)	9,1	(-0,6)	9,2
29		0,56	(-3,4)	7,7	(+2,5)	12,1	(+1,3)	11,2	(+1,3)	17,5	(-0,6)	11,2	(-0,3)	12,1
30		0,59	(-3,4)	7,8	(+2,2)	12,0	(+1,3)	11,3	(+1,3)	17,3	(-0,6)	11,2	(-0,3)	11,9

$$\Delta \vartheta_x = \frac{1}{3} \cdot \vartheta_x - \frac{1}{3} \cdot \sum_{i=1}^n \vartheta_i$$

$$\alpha_k = \alpha_x + \Delta \alpha_x$$

$\Delta \vartheta_1$ $\Delta \vartheta_2$ $\Delta \vartheta_3$ $\Delta \vartheta_4$ $\Delta \alpha_1$ $\Delta \alpha_2$ $\Delta \alpha_3$ $\Delta \alpha_4$

TAB. 12. Mätvärden från undersökning av konvektiv värmeavgivning från tekniska mätroppar.

Prov	I	w	Kub 100 x 100 x 100 mm			Plan skiva 100 x 100 mm			ϑ_5	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5					
			ϑ_1 (Fram)	ϑ_2 (Bak)	ϑ_3 (Över)	ϑ_4 (Under)	ϑ_1 (Fram)	ϑ_2 (Bak)							ϑ_3 (Över)	ϑ_4 (Under)			
1	0,20	0	(-0,2)	5,8	(-0,3)	5,7	(+0,9)	6,6	(-0,3)	5,7	8,0	(+0,0)	5,0	(+0,1)	4,4	(-0,1)	5,1	(+0,1)	5,1
2	0,06	0	(-1,3)	4,6	(+0,6)	6,0	(+0,6)	6,0	(+0,1)	5,6	6,6	(+0,3)	6,2	(-0,1)	4,8	(-0,1)	5,1	(-0,0)	5,1
3	0,10	0	(-1,9)	4,3	(+1,1)	6,6	(+1,1)	6,6	(-0,3)	5,5	5,7	(+0,4)	6,7	(-0,2)	4,4	(-0,2)	5,2	(+0,1)	5,2
4	0,16	0	(-1,5)	3,1	(+0,9)	4,9	(+0,6)	4,7	0,0	4,2	5,4	(+0,5)	9,3	(-0,2)	5,9	(-0,1)	6,9	0,0	6,9
5	0,22	0	(-1,5)	3,0	(+1,2)	5,0	(+0,3)	4,3	0,0	4,1	4,7	(+0,5)	9,6	(-0,2)	5,8	(-0,1)	7,0	0,0	7,0
6	0,34	0	(-1,0)	2,5	(+1,1)	4,1	(0,0)	3,3	(-0,1)	3,2	4,1	(+0,4)	11,5	(-0,3)	7,0	(0,0)	9,0	(+0,0)	9,0
7	0,43	0	(-0,9)	2,2	(+1,0)	3,6	(+0,3)	2,8	(-0,1)	2,8	-	(+0,4)	13,1	(-0,3)	8,0	(-0,1)	10,3	(+0,0)	10,3
8	0,30	0	(-0,4)	11,1	(-0,8)	10,8	(+1,5)	12,5	(-0,3)	11,2	14,9	(+0,0)	5,8	(+0,1)	6,0	(-0,1)	5,8	(+0,0)	5,8
9	0,06	0	(-2,9)	9,4	(+0,3)	10,5	(0,0)	10,3	(+1,0)	11,1	13,4	(+0,1)	6,9	(-0,0)	6,2	(0,0)	5,8	(-0,1)	5,8
10	0,10	0	(-2,9)	8,9	(+1,2)	12,0	(+1,9)	12,5	(-0,1)	11,0	12,0	(+0,3)	7,3	(-0,1)	5,4	(-0,2)	5,9	(+0,0)	5,9
11	0,17	0	(-3,1)	6,9	(+1,8)	10,6	(+1,1)	10,3	(-0,1)	9,2	11,4	(+0,4)	9,4	(-0,2)	6,1	(-0,1)	7,0	(+0,0)	7,0
12	0,23	0	(-3,0)	6,6	(+2,4)	10,6	(+0,6)	9,3	0,0	8,8	10,5	(+0,5)	9,8	(-0,2)	6,1	(-0,1)	7,4	0,0	7,4
13	0,34	0	(-2,2)	5,0	(+2,2)	8,3	(-0,1)	6,6	(+0,2)	6,8	9,2	(+0,4)	12,9	(-0,3)	7,8	(+0,0)	9,8	(-0,0)	9,8
14	0,43	0	(-1,7)	4,2	(+2,0)	7,0	(-0,3)	5,3	0,0	5,5	-	(+0,4)	15,4	(-0,3)	9,3	(+0,1)	12,2	0,0	11,8
15	0,56	0	(-1,8)	3,4	(+2,0)	6,2	(-0,2)	4,6	0,0	4,7	-	(+0,5)	19,0	(-0,3)	10,4	(+0,0)	14,1	0,0	13,8
16	0,43	0	(-2,0)	4,2	(+2,3)	7,4	(-0,2)	5,5	(-0,1)	5,6	-	(+0,5)	15,4	(-0,3)	8,8	(+0,0)	11,8	(+0,0)	11,6
17	0,28	0	(-3,6)	5,3	(+2,3)	9,0	(+0,2)	7,4	(+0,2)	7,4	-	(+0,5)	12,2	(-0,3)	7,2	(-0,0)	8,8	(+0,0)	8,8
18	0,19	0	(-3,2)	7,2	(+2,2)	11,2	(+0,1)	10,4	(-0,1)	9,5	-	(+0,4)	9,0	(-0,2)	5,8	(-0,0)	6,2	(+0,0)	6,2
19	0,10	0	(-3,2)	8,2	(+1,5)	11,7	(+1,9)	12,0	(-0,1)	10,5	-	(+0,4)	7,9	(-0,1)	5,5	(+0,2)	5,4	(+0,0)	5,4
20	0,06	0	(-1,6)	10,1	(-0,4)	11,0	(+1,0)	12,0	(+1,0)	12,0	-	(+0,2)	6,4	(+0,0)	5,9	(-0,1)	5,4	(-0,1)	5,4
21	0	0	(-0,3)	11,3	(-0,7)	11,0	(+1,1)	12,4	(-0,1)	11,5	-	(+0,0)	5,7	(+0,1)	5,9	(-0,1)	5,2	(+0,0)	5,6
22	0,43	0	(-0,9)	20,1	(-1,1)	20,0	(+2,3)	22,5	(-0,3)	20,6	27,9	(+0,0)	6,6	(+0,1)	6,7	(-0,1)	6,5	(+0,0)	6,5
23	0,06	0	(-2,6)	17,8	(-0,8)	19,1	(+1,3)	20,7	(+2,1)	21,3	25,0	(+0,2)	7,5	(+0,0)	7,0	(-0,1)	6,4	(-0,1)	6,3
24	0,10	0	(-3,7)	16,5	(+0,4)	19,6	(+2,3)	21,0	(+1,1)	20,1	23,1	(+0,2)	8,1	(-0,0)	6,8	(-0,1)	6,6	(-0,1)	6,6
25	0,17	0	(-5,0)	13,9	(+2,4)	19,5	(+2,4)	19,5	(+0,2)	17,8	22,1	(+0,4)	9,6	(-0,1)	6,8	(-0,1)	7,5	(-0,0)	7,5
26	0,23	0	(-5,3)	12,3	(+3,9)	19,2	(+1,1)	17,1	(+0,3)	16,5	20,5	(+0,4)	10,8	(-0,2)	6,9	(-0,1)	8,1	(-0,0)	8,1
27	0,34	0	(-4,3)	10,3	(+4,3)	16,7	(-0,1)	13,4	(+0,1)	13,6	18,3	(+0,4)	12,9	(-0,3)	8,0	(+0,0)	9,9	(-0,0)	9,8
28	0,43	0	(-3,7)	8,5	(+4,5)	14,7	(-0,7)	10,8	(-0,1)	11,2	-	(+0,4)	15,7	(-0,3)	9,1	(+0,1)	12,3	(+0,0)	11,9
29	0,56	0	(-3,3)	7,0	(+4,1)	12,5	(-0,7)	8,9	(-0,1)	9,4	-	(+0,5)	19,0	(-0,3)	10,6	(+0,1)	15,0	(+0,0)	14,2
30	0,59	0	(-3,6)	7,2	(+4,3)	13,1	(-0,6)	9,4	(-0,1)	9,8	14,3	(+0,5)	18,5	(-0,3)	10,2	(+0,1)	14,2	(+0,0)	13,6

$\Delta\alpha_4$

$\Delta\alpha_3$

$\Delta\alpha_2$

$\Delta\alpha_1$

$\Delta\vartheta_4$

$\Delta\vartheta_3$

$\Delta\vartheta_2$

$\Delta\vartheta_1$

4

$$\Delta\vartheta_x = \frac{h}{3} \cdot \vartheta_x - \frac{1}{3} \sum \vartheta_n$$

$$\alpha_k = \alpha_x + \Delta\alpha_x$$

R26: 1972

Denna rapport avser anslag D 738 från Statens råd för byggnadsforskning till laboratoriechef Toni Ivergård, Kooperativa förbundet, Stockholm.

Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm

Grupp: installation

Pris: 17 kronor