

**Rapport**

**R12:1971**

Byggnadsstatik

**Takvärme**

**Temperaturfördelning  
och behaglighet**

**Bo Adamson**

**Börje Löfstedt**

**Byggforskningen**

# Takvärme

## Temperaturfördelning och behaglighet

### Bo Adamson & Börje Löfstedt

# Bygghforskningen

## Sammanfattningar

R12:1971

Vid strålningsuppvärmning av ett rum minskas människornas utstrålning mot omgivningen och man borde för värmebalansens skull kunna minska lufttemperaturen. Detta har ofta betraktats som en ekonomisk fördel vid takuppvärmning. Som nackdel har emellertid framhållits att de delar av kroppen, som är skuggade av t.ex. bord skulle uppleva kyla. Vidare har man ifrågasatt om inte taktemperaturen, när stor värmetillförsel krävs, blir så hög att människan upplever det obehagligt.

En undersökning av temperaturförhållandena vid strålningsuppvärmning med varmt tak har utförts i ett provrum vid institutionen för byggnadskonstruktionslära vid Lunds tekniska högskola. Därvid gjordes också en fysiologisk-hygienisk undersökning med ett antal försökspersoner.

Provrummet hade en inre bredd av 3,06 meter, djup från "fasadväggen" 3,60 m och rumshöjd 2,50 m. I "fasadväggen", dvs. den vägg vars utsida kylades, var inmonterade två kopplade inåtgående tvåglasfönster med karmyttermått 1,40 x 1,40 m. Fönstren var placerade intill varandra mitt på väggen och hade bröstningshöjden 0,67 m. Väggar, golv och tak var isolerade med mineralull.

I taket parallellt med fasadväggen fasthäftades fyra motståndselement vardera med bredden 0,9 m och med en effekt av 300 W vid spänningen 230 V. Genom spänningsreglering med en vridtransformator kunde en konstant effekt av önskad storlek erhållas.

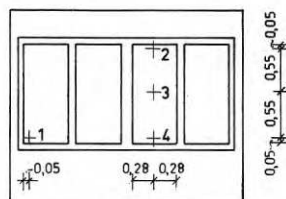
Ventilationsluften tillfördes genom ett uppslitsat horisontellt rör under fönstret. Luften togs från laboratoriet utanför rummet och kylades i ett konvektorbatteri.

Fasadväggen kylades på utsidan varvid temperaturen där kunde sänkas till  $-25^{\circ}\text{C}$  med en noggrannhet av  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

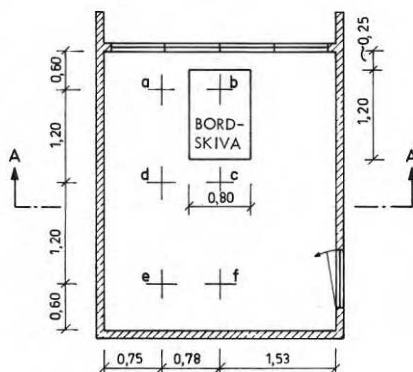
### Temperaturundersökning

Vid mätningarna av temperaturförhållandena i provrummet varierades följande faktorer:

- uteluftens temperatur (c  $-5^{\circ}\text{C}$  resp. c  $-23^{\circ}\text{C}$ )
- antal inkopplade element



a) SEKTION A - A



b) PLAN

a) Sektion A-A. Vy mot fönstervägg. Punkterna 1-4 anger mätpunkternas lägen på fönstrets insida. Mått i meter.

b) Plan. Bordskivan är placerad med undersidan 0,75 m ovanför golvet. Punkterna a-f anger mätpositioner på golvet. Mått i meter.

FIG. 1. Mätpunkternas placering.

antal luftväxlingar per timme (inblåst luft)  
inblåsta luftens temperatur.

Mätningar gjordes i sex positioner (a-f i FIG. 1) med och utan bord i provrummet och omfattade tre ventilationsgrader nämligen 0,  $1\frac{1}{2}$  och 3 luftväxlingar per timme. Totalt genomfördes 25 försöksserier.

I FIG. 2 visas en jämförelse mellan lufttemperaturer på olika nivåer över golv för positionerna b, c och f vid försök utan bord. I FIG. 2a visas temperaturfördelningen vid takeffekten 510 W, utetemperaturen  $-23^{\circ}\text{C}$  och ingen luftväxling. I FIG. 2b visas temperaturfördelningen vid takeffekten 930 W, utetemperaturen  $-22^{\circ}\text{C}$ , tillufttemperaturen  $+9$  à  $+10^{\circ}\text{C}$  och tre luftväxlingar per timme. Man ser att vid taket utbildas en värmekudde, vars temperatur beror på takeffekten. Denna värmekudde påverkar inte nämnvärt lufttemperaturen i vistelsezonen.

Nyckelord:

eluppvärmning, tak, strålning, metod, fysiologi, hygien

strålningsuppvärmning, innertak, temperaturfördelning, hygienisk bedömning

Rapport R12:1971 avser anslag D 18 från Statens råd för byggnadsforskning till professor Bo Adamson och professor Hans Ronge.

UDK 697.273  
628.882  
613.16  
SfB A  
(56)X

Sammanfattning av:

Adamson, B & Löfstedt, B, 1971, *Takvärme. Temperaturfördelning och behaglighet*. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R12:1971, 42 s., ill. 11 kr.

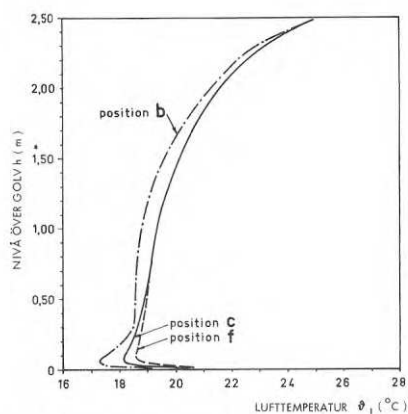
Rapporten är skriven på svenska med svensk och engelsk sammanfattning.

Distribution:

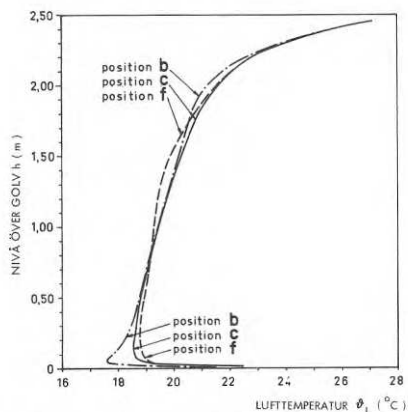
Svensk Byggtjänst  
Box 1403, 111 84 Stockholm  
Telefon 08-24 28 60

Abonnemangsgrupp:

(i) installationer



a) Luftväxlingar per timme=0  
Utetemperatur=-23°C  
Takeffekt=510 W



b) Luftväxlingar per timme=3  
Tillufttemperatur=+9 à 10°C  
Utetemperatur=-22°C  
Takeffekt=930 W

FIG. 2. Jämförelse mellan lufttemperaturer  $\vartheta_1$  på olika nivåer  $h$  över golv för positionerna b, c och f (se FIG. 1). Försök utan bord. Samtliga takelement in-kopplade.

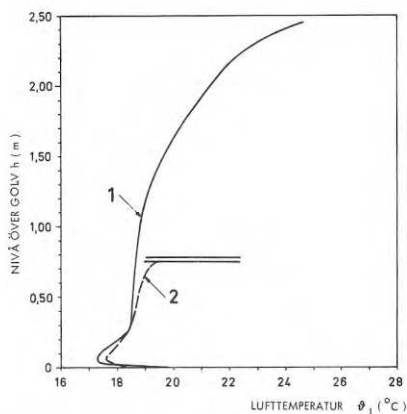
I ankelhöjd dvs. 5 cm ovanför golvet erhålles en kallzon. Denna är kraftigast utbildad intill fönstret där man har en temperaturskillnad mellan 70 cm och 5 cm över golv på drygt en grad.

Golvtemperaturen blir på grund av strålningen från taket högre än lufttemperaturen i ankelhöjd; vid 930 W i takeffekt hela fyra grader.

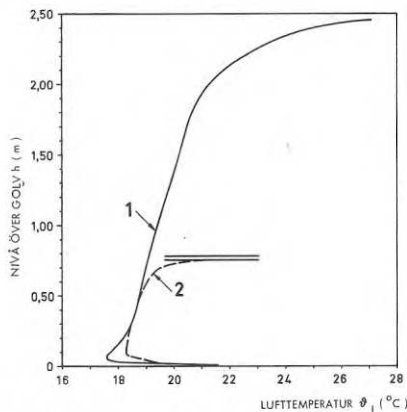
Om en person sitter med benen under en bordskiva så skuggar denna takstrålningen. I FIG. 3 visas temperaturerna för position b (se FIG. 1) vid försök med resp. utan bord. I FIG. 3a visas temperaturfördelningen vid takeffekten 510 W och ingen luftväxling. I FIG. 3b visas förhållandena vid takeffekten 930 W och tre luftväxlingar per timme.

I övrigt har följande temperaturer och temperaturskillnader studerats för ett stort antal fall:

- o temperaturskillnad mellan huvudhöjd och ankelhöjd
- o temperaturskillnad mellan golvyta och ankelhöjd



a) Luftväxlingar per timme=0  
Utetemperatur=-23°C  
Takeffekt=510 W



b) Luftväxlingar per timme=3  
Tillufttemperatur=+9 à 10°C  
Utetemperatur=-22°C  
Takeffekt=930 W

FIG. 3. Jämförelse mellan lufttemperaturer  $\vartheta_1$  på olika nivåer  $h$  över golv för position b (se FIG. 1). Kurva 1=försök utan bordskiva och kurva 2=försök med bordskiva.

- o temperaturskillnad i luft under bord och vid sidan om bord
- o temperaturskillnad mellan bordsundersida och luft under bord
- o fönstertemperaturer.

### Fysiologisk-hygienisk undersökning

Den fysiologisk-hygieniska undersökningen genomfördes med 15 manliga försökspersoner i åldrarna 20-45 år.

De bar ordinär inomhusklädsel. De fick sitta mitt i rummet med fötterna under ett bord i två timmar. Hudtemperaturer på tio punkter samt lufttemperaturer i axelhöjd invid försökspersonen registrerades kontinuerligt. Försökspersonernas subjektiva värmeupplevelse angavs enligt Bedfors 7-gradiga skala för huvudet, kroppen och fötterna. (Mycket för kallt, -3, för kallt, -2, behagligt svalt, -1, lagom, 0, behagligt varmt, +1, för varmt, +2, mycket för varmt, +3.)

Försöken genomfördes i tre serier med en temperatur av -20°C på ytterväggens utsida. Takeffekterna 750

W och 1 000 W provades. En försöks-serie med lägre takhöjd, 190 cm, och takeffekten 1 000 W gjordes.

Hudtemperaturerna på panna och axlar var 33,5-34,5°C, medan medelhudtemperaturerna var 32,3-33,0°C. Som neutralvärde för medelhudtemperaturen brukar anges +33°C. Försökspersonerna uppfattade snarare klimatet som kallt om fötterna än varmt om huvudet. Detta skulle tyda på att den s.k. normala inomhustemperaturen, +21°C, knappast torde vara anpassad till nutida klädvanor.

Den rimligaste bedömningen av om takvärmen är godtagbar torde man få med hjälp av skillnaderna i subjektivt upplevd komfort mellan huvud och fötter. Med den använda temperaturskattningsskalan skulle denna skillnad för att vara förenlig med komfort maximalt få vara två enheter från behagligt varmt till behagligt svalt. Medelvärde av dessa skillnader blev vid de tre försöksserierna 0,96, 1,18 och 1,25.

### Resultat

De genomförda temperaturmätningarna visade att takvärme ger upphov till temperaturgradienter i rum som är ganska normala; vid -23°C ute blev temperaturskillnaden mellan huvudhöjd och ankelhöjd inte mer än ca tre grader trots att tillufttemperaturen var så låg som +10°C. Golvets temperatur blev i allmänhet några grader högre än lufttemperaturen i ankelhöjd och nära lufttemperaturen i huvudhöjd.

Inverkan av bord är av stort intresse. Mätningarna visade att golvtemperaturen blev ca en grad högre än lufttemperaturen i ankelhöjd. Någon nämnvärd skillnad mellan lufttemperaturen under och vid sidan av bordet observerades inte.

Som ett resultat av takvärme får övre delen av fönstret en högre temperatur än vad man beräkningsmässigt skulle erhålla med normala värden på värmemotstånd för fönster och inre värmeövergångsmotstånd. Vid underkanten blir fönstertemperaturerna lägre än förväntat.

Den fysiologisk-hygieniska undersökningen visade att försökspersonerna upplevde temperaturskillnader mellan huvud och fötter. Skillnaderna var emellertid så små att man kan bortse från deras hygieniska konsekvenser. En viss reservation måste göras för den bristfälliga kännedom man för närvarande har om osymmetriska klimataffekter över huvud taget.

Takvärme i den form som här provats ger ett rumsklimat som är fullt acceptabelt i jämförelse med normala bostads- och kontorsklimat.

# Heated ceilings

## The resultant temperature distribution and its effect on comfort

Bo Adamson & Börje Löfstedt

In a room heated by means of thermal radiation the amount of radiant heat emitted by the occupants decreases, and it should therefore be possible to reduce the temperature of the air without increasing their total heat loss. This has often been regarded as one of the economic advantages of heated ceilings. The disadvantages of this system are said to be firstly, that the parts of the body which are screened from direct thermal radiation, e.g. by a table surface, experience a feeling of cold, and secondly that the ceiling temperature necessarily becomes so high when a large supply of heat is required that it causes discomfort.

In the Department of Building Science at the Lund Institute of Technology a study has been made of the temperature conditions in a special test-room warmed by means of a heated ceiling. A number of physiological and hygienic measurements were made on subjects working in the room.

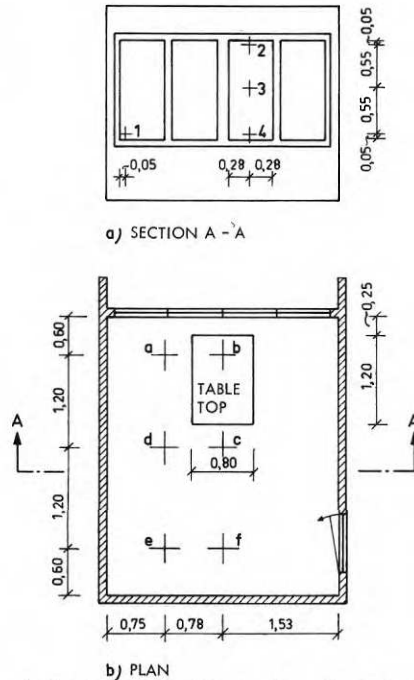
The interior of the test room was 3.06 m wide, 2.50 m high, and measured 3.60 m normal to the "façade" wall whose outer side was cooled. Two double-glazed windows, opening inwards, were mounted side by side in the middle of this wall with a sill height of 0.67 m. Each window frame measured 1.40 m by 1.40 m.

The façade wall was constructed as a normal outer wall, fully insulated, but as the remaining walls, floor and ceiling gave onto the heated air of the laboratory, they were provided with a 10 cm layer of mineral wool.

Four resistance elements, each 0.9 m wide, were stapled to the ceiling, parallel to the façade wall and covering the whole ceiling area. Each was rated at 300 W for 230 V. By using a variable transformer to control the voltage a constant effect of the required magnitude could be obtained.

Fresh air was supplied to the room from a perforated duct mounted horizontally below the window. The air was taken from the laboratory outside the room and cooled in a convector battery to the required temperature.

The air in contact with the outside surface of the façade wall could be cooled to any required temperature down to  $-25^{\circ}\text{C}$  and controlled to within  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .



- a) Section A-A. External wall. Points 1-4 are points of measurement on the inside of the window. Dimensions given in metres.
- b) Plan. The underside of the table top is at a height of 0.75 m above the floor. Points a-f denote measuring positions. Dimensions are given in metres.

FIG. 1. Positions at which measurements were made.

### Temperature investigation

The temperature distribution in the test room was measured with different combinations of values of the following factors:

The "outdoor" air temperature ( $-5$  or  $-23^{\circ}\text{C}$ )

The number of heating elements in use (i.e. surface area of radiant source)

The total heating effect of the elements (i.e. surface temperature of radiant source)

The number of air changes per hour (i.e. the volume of ventilating air)

The temperature of the ventilating air. Measurements were made in six different positions (a-f in FIG. 1) with and without the table in the test-room, and with 0,  $1\frac{1}{2}$  and 3 air changes per hour. In all, 25 series of measurements were made.

FIG. 2 shows the air temperatures at different heights above the floor in positions b, c and f, with no table in the

# National Swedish Building Research Summaries

R12:1971

Key words:

electric heating, ceiling, radiation, temperature distribution, hygiene  
radiant heat, ceiling, temperature distribution, hygiene

Report R12:1971 was supported by Grant D 18 from the Swedish Council for Building Research to Professor Bo Adamson and Professor Hans Ronge.

UDC 697.273  
628.882  
613.16  
SFB A  
(56)X

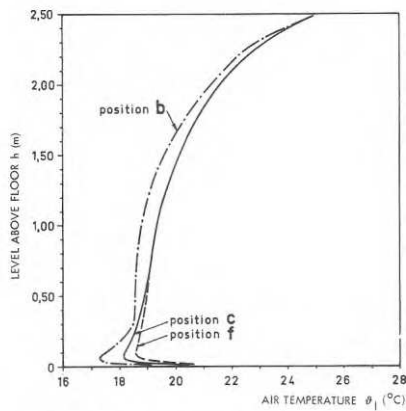
Summary of:

Adamson, B & Löfstedt, B, 1971, *Takvärme. Temperaturfördelning och behaglighet*. Heated ceilings. The resultant temperature distribution and its effect on comfort. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Report R12: 1971, 42 p., ill. 11 Sw. Kr.

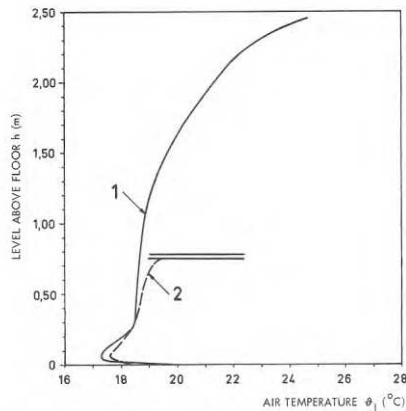
The report is in Swedish with Swedish and English summaries.

Distribution:

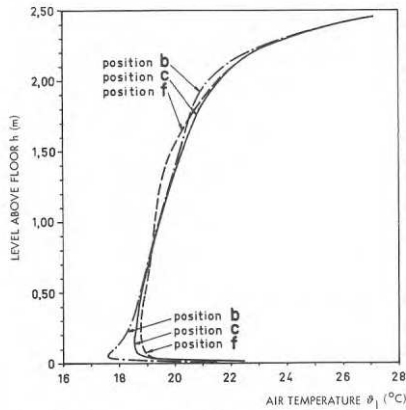
Svensk Byggtjänst  
Box 1403, S-111 84 Stockholm  
Sweden



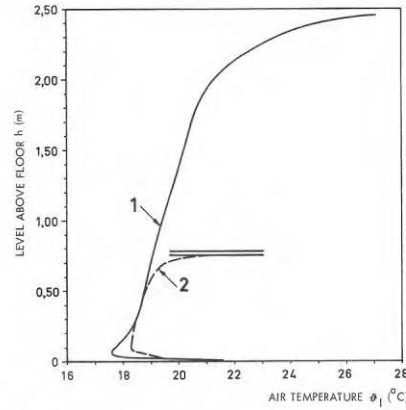
a) Air changes per hour=0  
Outdoor temperature=-23°C  
Effect of ceiling heaters=510 W



a) Air changes per hour=0  
Outdoor temperature=-23°C  
Effect of ceiling heaters=510 W



b) Air changes per hour=3  
Inlet temperature of ventilating air=+9-+10°C  
Outdoor temperature=-22°C  
Effect of ceiling heaters=930 W



b) Air changes per hour=3  
Inlet temperature of ventilating air=+9-+10°C  
Outdoor temperature=-22°C  
Effect of ceiling heaters=930 W.

FIG. 2. Comparison of air temperatures  $\vartheta_1$  at different levels  $h$  above the floor for positions b, c and f (cf. FIG. 1). Table not in test room. All ceiling heaters in operation.

FIG. 3. Comparison of air temperatures  $\vartheta_1$  at different levels  $h$  above the floor for position b (cf. FIG. 1). Curve 1=without table, Curve 2=with table.

test-room. It may be seen that a cushion of hot air forms at the ceiling, its temperature dependent on the heating effect in use. Its presence affects the air temperature in the occupied zone only marginally.

At ankle height - 5 cm above the floor - there is a zone of cold air, most marked close to the window. There the temperature difference between 5 and 70 cm above the floor is about 1°C.

The surface temperature of the floor is raised, by radiant heat exchange with the ceiling, to a value that is higher than the air temperature at a height of 5 cm; with 930 W effect in use this difference is as much as 4°C.

The legs of a person seated at a table are effectively screened from direct radiant heat from a heated ceiling. FIG. 3 shows the temperatures measured at position b (see FIG. 1) with and without the table in the test-room.

In addition the following temperatures and temperature differences were studied in a large number of cases:

The difference between air temperatures at head height and at ankle height.  
The difference between floor surface

temperature and air temperature at ankle height.

The difference between air temperatures under the table and beside the table.

The difference between the surface temperature of the underside of the table and air temperature under the table.

Window surface temperatures.

### Physiological and hygienic investigation

The subjects in this part of the investigation were 15 men between 20 and 45 years old. Wearing their normal indoor clothing, they sat one at a time in the centre of the room with their legs under the table, for a period of two hours in each case. Skin temperatures from ten points and air temperature at shoulder height beside the subject were registered continuously. The latter was maintained at 21°C by regulating the volume of the ventilating air. Subjects recorded their subjective thermal sensations for head, body and feet separately, using the 7-point Bedford scale. (Much too cold, -3, too cold, -2, comfortably cool, -1, ideally comfortable, 0, comfortably warm, +1, too hot, +2, much too hot, +3.)

The experiment was carried out in three series with outdoor temperature of -20°C. Ceiling effects of 750 W and 1 000 W were tested, together with a third condition in which the ceiling height was reduced to 190 cm, again with a heating effect of 1 000 W.

Skin temperatures on forehead and shoulders ranged between 33.5 and 34.5°C, whereas the mean skin temperature was in the range 32.3-33.0°C. 33°C is generally regarded as a neutral value for mean skin temperature. The subjects tended to report that their feet were cold rather than that their heads were hot. This indicates that the supposedly ideal room temperature of 21°C is probably too low for present-day clothing habits.

The most reasonable criterion of whether heated ceilings are acceptable would seem to be the difference in subjective thermal sensation between head and feet. On the Bedford scale this difference should not exceed two units - from comfortably cool to comfortably warm - if the subject is to be comfortable. The mean values of the differences obtained in the three series were 0.96, 1.18 and 1.25 units respectively.

### Conclusions

The temperature measurements showed that heated ceilings give rise to perfectly normal gradients in a room; with an outdoor temperature of -23°C the temperature difference between head height and ankle height was not more than about 3°C, in spite of an inlet air temperature as low as -10°C. The surface temperature of the floor was in general several degrees higher than air temperature at ankle height and in fact approximated air temperature at head height.

The effect of the table was very interesting. The surface temperature of the floor beneath the table was still about 1°C higher than air temperature at ankle height. The difference between air temperatures under the table and beside the table was barely measurable.

The heated ceiling caused the upper part of the window to have a higher temperature than would be expected on the basis of calculations that assumed normal values for the thermal resistance of the window and the internal thermal transmission coefficient. The lower part of the window was cooler than expected.

The physiological and hygienic investigation showed that subjects did experience a difference in thermal sensation between head and feet, but the differences were so small that they have no hygienic significance. This conclusion must be subject to the reservation that present knowledge of asymmetrical climate effects is extremely limited.

Heated ceilings of the type tested give rise to a room climate that is fully acceptable in comparison with normal domestic and office climates.

Rapport R12:1971

TAKVÄRME

Temperaturfördelning och behaglighet

HEATED CEILINGS

The resultant temperature distribution and its effect  
on comfort

av Bo Adamson och Börje Löfstedt

Denna rapport avser anslag nr D 18 från Statens råd för byggnadsforskning till professor, tekn.dr Bo Adamson, Lunds tekniska högskola och professor, med.dr Hans Ronge, Göteborgs universitet. Författare är professor Bo Adamson, LTH, och docent Börje Löfstedt, Statens institut för byggnadsforskning, Lund.

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

Rotobekman AB, Stockholm 1971 10 9012 1

## INNEHÅLL

	CAPTIONS . . . . .	4
1	PROBLEMET . . . . .	5
2	RUMMET . . . . .	6
3	TEMPERATURUNDERSÖKNING . . . . .	8
3.1	Mätanordningar och mätpunkter . . . . .	8
3.2	Försöksserier . . . . .	8
3.3	Resultat . . . . .	12
4	FYSIOLOGISK-HYGIENISK UNDERSÖKNING . . . . .	21
4.1	Metodik . . . . .	22
4.2	Försöksserier . . . . .	23
4.3	Resultat . . . . .	24
4.4	Diskussion . . . . .	27
5	SLUTORD . . . . .	31
6	LITTERATUR . . . . .	32

BILAGA 1: Ritningar över klimatrum

BILAGA 2: Tabeller



## CAPTIONS

FIG. 1. Diagram showing equipment for measurement of temperature. a) rails b) lower part of trolley (approx. 3 m wide) c) upper part of trolley (approx. 0,4 m wide) d) motor for moving trolley (belt drive to trolley wheels) e) vertical rod with thermocouples f) thermocouple g) wall h) ceiling i) floor k) window l) door.

FIG. 2. Positions at which measurements were made.  
 a) Section A-A. External wall. Points 1-4 are points of measurement on the inside of the window. Dimensions are given in metres.  
 b) Plan. The underside of the table top is at a height of 0.75 m above the floor. Points a-f denote measuring positions. Dimensions are given in metres.

FIG. 3a. Comparison of air temperatures  $\vartheta_l$  at different levels h above the floor for Positions b, c and f (cf. FIG. 2). Table not in test room. All ceiling heaters in operation. Air changes per hour = 0. Outdoor temperature =  $-23^{\circ}\text{C}$ . Effect of ceiling heaters = 510 W.  
 Floor temperatures recorded  $\vartheta_g$  :  
 position b:  $\vartheta_g = +19.6^{\circ}\text{C}$   
 position c:  $\vartheta_g = +20.5^{\circ}\text{C}$   
 position f:  $\vartheta_g = +20.7^{\circ}\text{C}$

FIG. 3b. Comparison of air temperatures  $\vartheta_l$  at different levels h above the floor for Positions b, c and f (cf. FIG. 2). Table not in test room. All ceiling heaters in operation. Air changes per hour = 3. Inlet temperature of ventilating air =  $+9$ - $+10^{\circ}\text{C}$ . Outdoor temperature =  $-22^{\circ}\text{C}$ . Effect of ceiling heaters = 930 W.  
 Floor temperatures recorded  $\vartheta_g$  :  
 position b:  $\vartheta_g = +22.1^{\circ}\text{C}$   
 position c:  $\vartheta_g = +23.1^{\circ}\text{C}$   
 position f:  $\vartheta_g = +23.1^{\circ}\text{C}$

FIG. 4a. Comparison of air temperatures  $\vartheta_l$  at different levels h above the floor for Position b (cf. FIG. 2). Curve 1 = without table, Curve 2 = with table. Air change per hour = 0. Outdoor temperature =  $-23^{\circ}\text{C}$ . Effect of ceiling heaters = 510 W.  
 Floor temperatures recorded  $\vartheta_g$  :  
 Curve 1:  $\vartheta_g = +19.6^{\circ}\text{C}$   
 Curve 2:  $\vartheta_g = +18.4^{\circ}\text{C}$

FIG. 4b. Comparison of air temperatures  $\vartheta_l$  at different levels h above the floor for Position b (cf. FIG. 2). Curve 1 = without table, Curve 2 = with table. Air changes per hour = 3. Inlet temperature of ventilating air =  $+9$ - $+10^{\circ}\text{C}$ . Outdoor temperature =  $-22^{\circ}\text{C}$ . Effect of ceiling heaters = 930 W.  
 Floor temperatures recorded  $\vartheta_g$  :  
 Curve 1:  $\vartheta_g = +22.1^{\circ}\text{C}$   
 Curve 2:  $\vartheta_g = +19.8^{\circ}\text{C}$

Uppvärmning av rum kan ske genom konvektion eller strålning dvs. den primära värmetillförseln till rummet sker till rumsluften resp. till rummets eller möblernas ytor. Renodlad konvektiv uppvärmning erhålles när enbart varmluft användes för uppvärmningen och i det närmaste renodlad strålningsuppvärmning erhålles när värme tillföres genom varma takytor. I det senare fallet blir nämligen - till skillnad från vid varma golv - den konvektiva värmeöverföringen mellan yta och rumsluft liten.

Vid strålningsuppvärmning minskas människornas utstrålning mot omgivningen och man borde för värmebalansens skull kunna minska lufttemperaturen. Detta har ofta betraktats som en ekonomisk fördel vid takuppvärmning. Som nackdel har emellertid framhållits att de delar av kroppen, som är skuggade av t.ex. bord skulle uppleva kyla. Vidare har man ifrågasatt om inte taktemperaturen, när stor värmetillförsel krävs, blir så hög att människan upplever det obehagligt.

Föreliggande undersökning har planerats av professor, tekn.dr Bo Adamson, Lunds tekniska högskola, docent, med.dr Börje Löfstedt, Statens institut för byggnadsforskning och professor, med.dr Hans Ronge, Göteborgs universitet. Den har genomförts i lokaler vid institutionen för byggnadskonstruktionslära vid Lunds tekniska högskola och huvudansvarig för klimatrum och temperaturmätningar har varit Bo Adamson, medan Börje Löfstedt varit ansvarig för de delar som avser värmeupplevelse. Medverkande har varit forskningsingenjör Sven Paulsson, instrumentmakare Bernhard Murd, laboratoriebiträde Inger Nilsson och fil.stud. Lars Sivander. Som försökspersoner har medverkat brandmän från Lunds stad. Statens råd för byggnadsforskning har lämnat anslag till undersökningen.

Rummet, som visas i ritningarna i BIL. 1, har en inre bredd = 3,06 m, ett djup från "fasadväggen" = 3,60 m samt en invändig höjd = 2,50 m. I fasadväggen dvs. den vägg vars utsida kyles, har inmonterats två kopplade inåtgående tvåglasfönster med karmyttermått  $b \times h = 1,40 \times 1,40$  m, placerade intill varandra. Fönstrens underkanter är belägna 0,67 m ovan golvet. I övrigt består fasadväggen liksom övriga väggar av regelverk med 100 mm mineralullsisolering.

Golvet är också isolerat med 100 mm mineralull och taket med 150 mm mineralull. Under takbjälkarna är fästade 1 1/2" läkt och mellan dessa har inlagts 30 mm polystyrenplastskivor. På läkten är tvärs genom rummet fasthäftade 4 st ESWA-element (motståndsfolie inbakad i tunn plast) med bredd 0,9 m, vilka således täcker hela rummets djup. ESWA-elementen är 2,75 m långa och av rummets bredd är således 2,75 m uppvärmd och 0,15 m på vardera sidan utan uppvärmning. Elementen har vardera en märkeffekt av 300 W vid en spänning av 230 V. Genom spänningsstabilisering och spänningsreglering med en vridtransformator (20 A) kan en konstant effekt av önskad storlek erhållas. Normalt skulle nedanför dessa element placerats skivor, t.ex. gipsplattor, som då utgör innertak, men i detta fall har låg värmetröghet eftersträfvats, varför elementen lämnats fria.

Rummets väggar är tapetserade med ljus tapet och golvet belagt med plastplattor. Belysningen i rummet åstadkommes temporärt med en lysrörsarmatur på väggen.

Ventilationsluften tillföres genom ett uppslitsat rör längs fasadväggen nära fönstrets underkant och bortföres genom en ventil vid taket på rummets motsatta vägg. Ventilationsluften tages från laboratoriet utanför rummet och passerar ett konvektorbatteri där den kan kylas. Flödet mätes med en strypfläns. Mätningarna har omfattat tre ventilationsgrader, nämligen 0, 1,5 och 3 luftväxlingar per timme.

Fasadväggen kyles på utsidan genom att luft från ett frysrum genom en fläkt och trumma tillföres ett slutet utrymme utanför fasadväggen och därefter återföres till rummet. Temperaturen utanför fasadväggen kan på detta sätt sänkas till  $-25^{\circ}\text{C}$  med noggrannhet  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Temperaturen i laboratoriet utanför rummet kan vid solsken variera ganska mycket, vilket medfört vissa svårigheter i försöksplaneringen eftersom relativt konstanta förhållanden eftersträvats. Temperaturen i utrymmet under det värmeisolerade golvet har uppmätts till  $+16^{\circ}\text{C}$  när rummet är i värmebalans med 500 W på taket, "utetemperaturen" är  $-25^{\circ}\text{C}$  samt laboratorie- och rumstemperaturen är ca  $+21^{\circ}\text{C}$ .

För att studera temperaturen under bord har en bordsskiva  $0,80 \times 1,20$  m hängts upp på höjden  $0,75$  m och med sin kortsida på avståndet  $0,25$  m från fasadväggen. Vid värmeupplevelseundersökningen har bordet placerats längre in i rummet (se avsnitt 4), eftersom luftdrag från inblåsninganordningen annars hade stört de fysiologiska mätningarna.

### 3 TEMPERATURUNDERSÖKNING

#### 3.1 Mätanordningar och mätpunkter

Temperaturmätningarna har utförts med kopparkonstantan-termoelement, som kopplats till en 20-punktskriver Speedomax typ G med inbyggt "kallt lödställe". Vid yttemperaturmätning har termoelementet fastsatts vid ytan och överklistrats med häftande väv. Vid lufttemperaturmätningar har termoelementen strålningskyddats med folie. Det har eftersträvats att minst 100 - 150 mm av termoelementtråden från lödstället skall ha samma temperatur som själva lödstället för att inte värmetransport i tråden skall påverka temperaturen vid lödstället.

Termoelementen, som mätte lufttemperaturen fick sticka ut ca 150 mm från en vertikal trästång, vilken placerats på en vagn. Denna vagn kunde röra sig längs och tvärs rummet på räls och godtycklig position i rummets plan kunde alltså erhållas. Den visas i FIG. 1. Vid fall med bord placerades en trästång med termoelement även under bordet. Vissa andra mätinstrument för strålningsmätning provades men några resultat värda att rapportera erhöles inte.

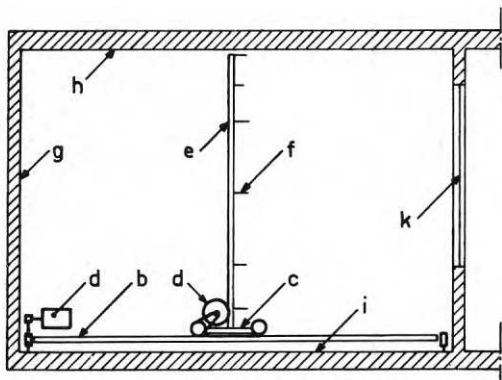
Som visas i FIG. 2 har mätningar skett i sex vagnspositioner (a - f) med och utan bord. I TAB. 1 visas en uppställning över mätpunkterna.

#### 3.2 Försöksserier

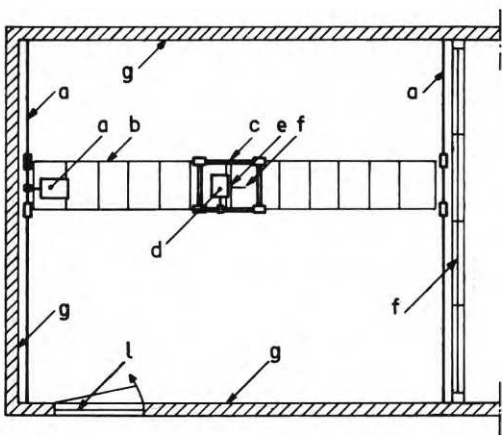
I de genomförda försöksserierna med och utan bord har följande faktorer varierats:

- uteluftens temperatur
- antal inkopplade element (numrerade från fasadväggen)
- antal luftväxlingar per timme (inblåst luft)
- inblåsta luftens temperatur.

Totalt har 25 försöksserier genomförts och försöksbetingelserna visas i TAB. 2.

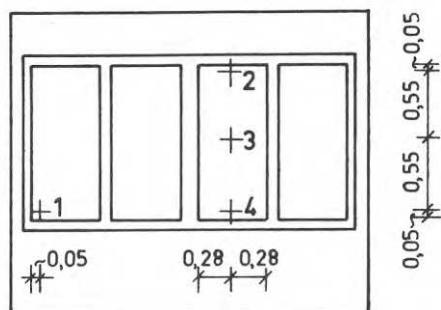


Sektion

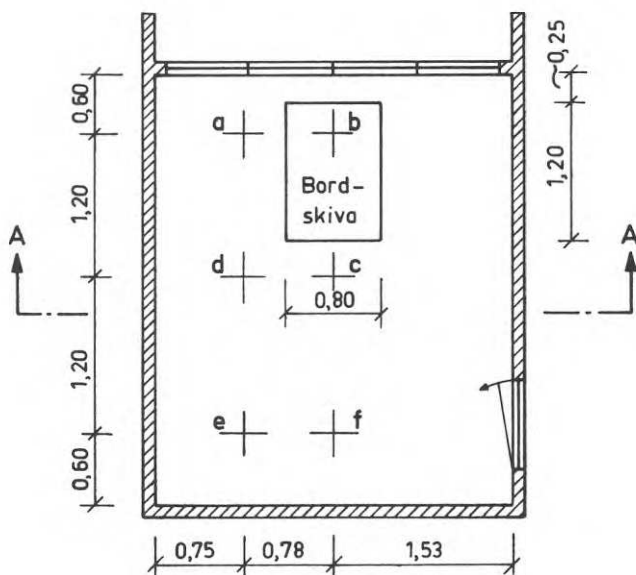


Plan

FIG. 1. Skiss av anordning för temperaturmätning a) räls b) undre vagn (bredd ca 3 m) c) övre vagn (bredd ca 0,4 m) d) motor för vagnrörelse (remdrift på vagnshjul) e) vertikal stång med termoelement f) termoelement g) vägg h) tak i) golv k) fönster l) dörr.



a) Sektion A-A



b) Plan

FIG. 2. Mätpunkternas placering a) Sektion A-A: Vy mot fönstervägg. Punkterna 1-4 anger mätpunkternas lägen på fönstrets insida. Mått i meter. b) Plan. Bordskivan är placerad med undersidan 0,75 m ovanför golvet. Punkterna a-f anger mätpositioner på golvet. Mått i meter.

TAB. 1. Mätpunkter (vagnpositioner a-f enligt FIG. 2).

Temperatur	Utan bord						Med bord					
	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f
Golvtemperatur	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lufttemperatur 0,05m över golv	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0,30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0,70	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1,30	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
1,90	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
2,20	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
2,45	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x
Yttemperatur bordets översida									x			
undersida									x			
fönster pkt 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Inblåsta luftens temperatur	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lufttemperatur i laboratorium	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

TAB. 2. Försöksserier vid temperaturmätningar.

Försök nr	Luftv./h	Inblåsta luft temp.	Element	Bord	Utetemp.
1	0	-	I, II	med	ca -22°
2	"	-	I - IV	"	"
3	"	-	I, II	utan	"
4	"	-	I - IV	"	"
5	"	-	I - IV	med	ca -5°
6	ca 1,5	+10°	I, II	med	ca -22°
7	"	"	I, - IV	"	"
8	"	"	I, II	utan	"
9	"	"	I - IV	"	"
10	"	"	I - IV	med	ca -5°
11	"	+5°	I, II	"	ca -22°
12	"	"	I IV	"	"
13	"	"	I, II	utan	"
14	"	"	I - IV	"	"
15	"	"	I - IV	med	ca -5°
16	ca 3	+15°	I, II	med	ca -22°
17	"	"	I - IV	"	"
18	"	"	I, II	utan	"
19	"	"	I - IV	"	"
20	"	"	I - IV	med	ca -5°
21	"	+10°	I, II	"	ca -22°
22	"	"	I - IV	"	"
23	"	"	I, II	utan	"
24	"	"	I - IV	"	"
25	"	"	I - IV	med	ca -5°



### 3.3 Resultat

Lufttemperaturer i rummet samt yttemperaturer på golv och bordsskiva för de 25 försöksserierna är samlade i tabeller i BIL. 2 och skall här diskuteras.

Temperaturfördelningen i rummet visas i FIG. 3. Man ser att vid taket utbildas en värmekudde, vars temperatur beror på takeffekten. Denna värmekudde påverkar inte nämnvärt temperaturen i rummets vistelsezon, men lufttemperaturen invid taket kan få värmeeconomisk betydelse. Den bortventilerade luften har nämligen en förhöjd temperatur i förhållande till lufttemperaturen i vistelsezonen och en förhöjning med t.ex.  $6^{\circ}$  vid en temperaturskillnad mellan inne och ute av  $42^{\circ}$  ökar ventilationsförlusterna med  $1/7$ . En sänkning av frånluftventilen till 2,10 m över golvet förbättrar förhållandena väsentligt.

I ankelhöjd dvs. ca 0,05 m ovanför golvet erhålles en kallzon. Denna är kraftigast utbildad intill fönstret där man har en temperaturskillnad mellan 0,70 och 0,05 m över golv på drygt en grad. Längre in i rummet är förhållandena väsentligt bättre.

På grund av strålning från taket blir golvtemperaturerna högre än lufttemperaturen ovanför golvet. Vid takeffekten 930 W blir golvtemperaturen hela fyra grader högre än lufttemperaturen i ankelhöjd.

Man kan konstatera att i ett rum utan skuggade ytor, så påverkas människan av omgivande ytors temperatur och lufttemperaturen. Den varma takytan och den något förhöjda golvtemperaturen ger således ett tillskott i värmekänsla utöver vad som erhålles om omgivande ytor har samma temperatur som den aktuella lufttemperaturen.

Den lägre lufttemperaturen intill golvet kompenseras till viss del av den högre yttemperaturen hos golvytan. För nederdelen av ett ben upptar dessutom golvytan förhållandevis stor del av rymdvinkeln.

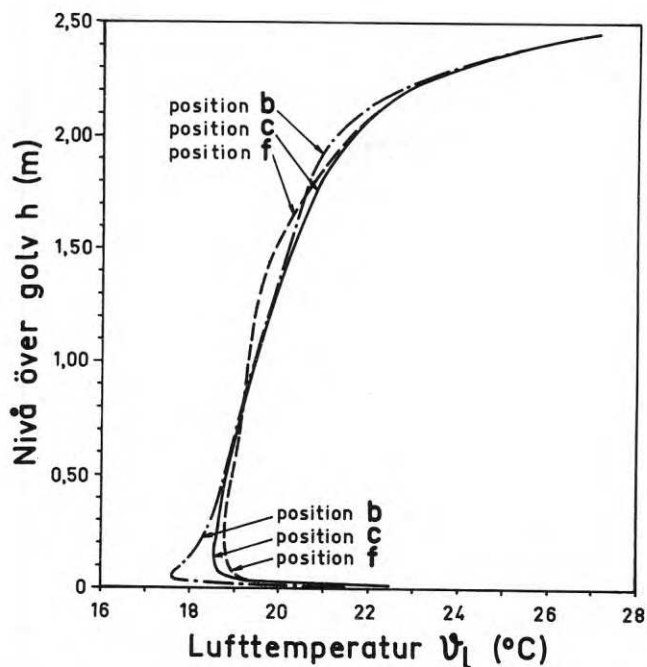


FIG. 3a. Jämförelse mellan lufttemperaturer  $\vartheta_l$  på olika nivåer  $h$  över golv för positionerna b, c och f (se FIG. 2). Försök utan bord. Samtliga takelement inkopplade. Luftväxlingar per timme = 0. Utetemperatur =  $-23^{\circ}\text{C}$ . Takeffekt = 510 W.  
Uppmätta golvtemperaturer  $\vartheta_g$ :  
position b:  $\vartheta_g = +19,6^{\circ}\text{C}$   
position c:  $\vartheta_g = +20,5^{\circ}\text{C}$   
position f:  $\vartheta_g = +20,7^{\circ}\text{C}$

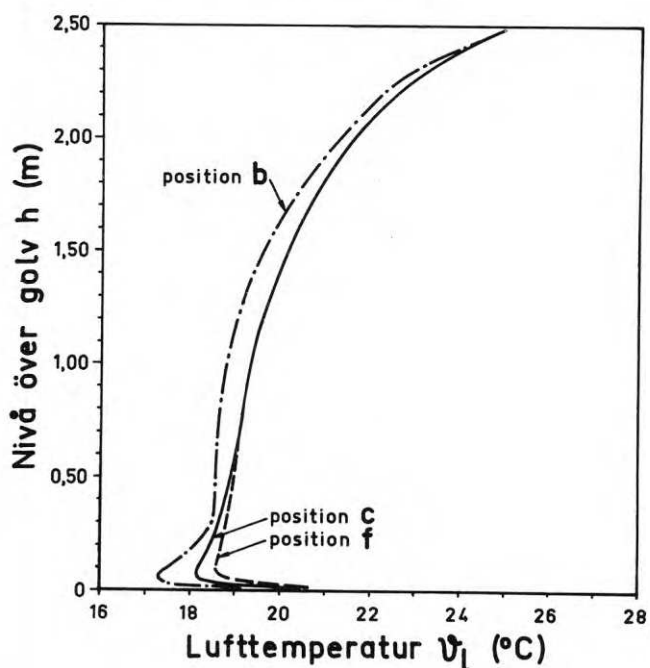


FIG. 3b. Jämförelse mellan lufttemperatur  $\vartheta_l$  på olika nivåer  $h$  över golv för positionerna b, c och f (se FIG. 2). Försök utan bord. Samtliga takelement inkopplade. Luftväxlingar per timme = 3. Tillufttemperatur =  $+9$  à  $+10^{\circ}\text{C}$ . Utetemperatur =  $-22^{\circ}\text{C}$ . Takeffekt = 930 W.  
Uppmätta golvtemperaturer  $\vartheta_g$ :  
position b:  $\vartheta_g = +22,1^{\circ}\text{C}$   
position c:  $\vartheta_g = +23,1^{\circ}\text{C}$   
position f:  $\vartheta_g = +23,1^{\circ}\text{C}$

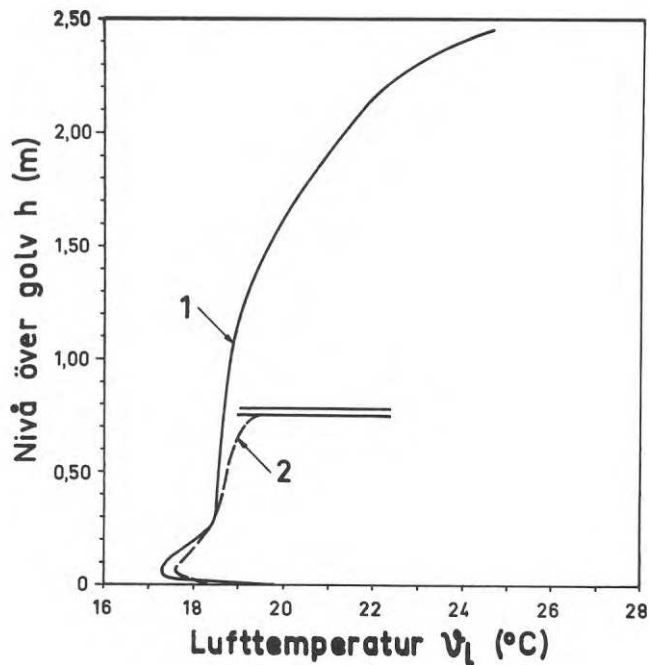


FIG. 4a. Jämförelse mellan lufttemperaturer  $\vartheta_l$  på olika nivåer  $h$  över golv för position b (se FIG. 2). Kurva 1 = försök utan bordskiva och kurva 2 = försök med bordskiva. Luftväxlingar per timme = 0. Utetemperatur =  $-23^{\circ}\text{C}$ . Takeffekt = 510 W.  
Uppmätta golvtemperaturer  $\vartheta_g$ :  
kurva 1:  $\vartheta_g = +19,6^{\circ}\text{C}$   
kurva 2:  $\vartheta_g = +18,4^{\circ}\text{C}$

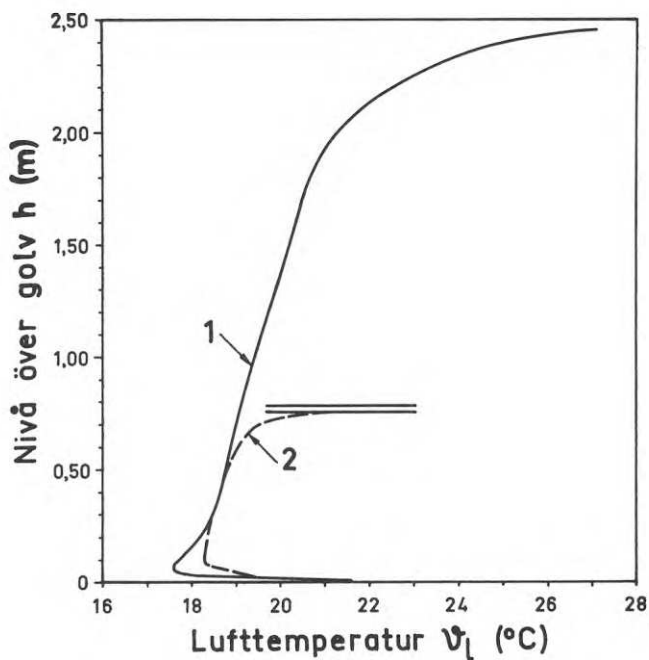


FIG. 4b. Jämförelse mellan lufttemperatur  $\vartheta_l$  på olika nivåer  $h$  över golv för position b (se FIG. 2). Kurva 1 = försök utan bordskiva och kurva 2 = försök med bordskiva. Luftväxlingar per timme = 3. Tillufttemperatur =  $+9$  à  $+10^{\circ}\text{C}$ . Utetemperatur =  $-22^{\circ}\text{C}$ . Takeffekt = 930 W.  
Uppmätta golvtemperaturer  $\vartheta_g$ :  
kurva 1:  $\vartheta_g = +22,1^{\circ}\text{C}$   
kurva 2:  $\vartheta_g = +19,8^{\circ}\text{C}$

Strålningen från taket träffar inte enbart golvet utan även väggar och fönster och höjer deras temperatur, vilket positivt påverkar värmeklimatet, men som också bidrar till en något ökad värmetransmission till det fria.

Om en människa sitter med benen under en bordskiva, så skuggar denna takstrålningen och värmeklimatet ändras således. Emellertid träffas bordets översida av takstrålningen och bordskivan blir uppvärmd och dess undersida får högre temperatur än omgivande luft. Golvet under bordet skuggas även. I FIG. 4 jämföres temperaturfördelningen med och utan bord för mätpunkterna i position b (se FIG. 2). Man ser att lufttemperaturen under bordet blir något högre än vad som erhålles utan bord, men att golvtemperaturen blir lägre än vid försök utan bord.

Ovanstående diskussion av luft- och yttemperaturernas inverkan på värmekänslan har endast varit teoretisk och utgått från ett renodlat fysikaliskt betraktelsesätt. För en verklig bedömning fordras fysiologisk-hygieniska försök, vilka redovisas i avsnitt 4.

Om man studerar temperaturfördelningen i rummet kan man särskilja följande intressanta temperaturer och temperaturskillnader:

temperaturskillnad mellan huvudhöjd (1,60 m över golv) och ankelhöjd (0,05 m över golv),

temperaturskillnad mellan golvyta och luft i ankelhöjd,

temperaturskillnad mellan luft 0,30 m över golv under bord (position b) och luft vid sidan om bord (position c) på samma höjd,

temperaturskillnad mellan bordets undersida och luft 0,30 m över golv,

fönstertemperaturer.

Dessa temperaturers och temperaturskillnaders variation med förändrade försöksdata skall nedan diskuteras.

TAB. 3. Temperaturskillnad mellan luft i huvudhöjd (1,60 m över golv) och i ankelhöjd (0,05 m över golv).

Försöksdata				Position i plan											
Luftv. per timme	Tilluft- temp. °C	Ute- temp. °C	Inkoppl. element	a		b		c		d		e		f	
				u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
0	-	-23	I - IV	2,5	2,5	2,5		2,2	2,2	2,3	2,2	2,0	1,9	1,9	1,7
"	"	-23	I o.II	1,9	2,0	2,1		1,7	1,9	1,5	1,7	1,4	1,4	1,3	1,5
"	"	-5	I - IV		1,1			0,9			1,0		1,0		1,0
1,5	+10	-23	I - IV	3,3	3,2	3,2		2,9	3,0	2,6	2,5	2,7	2,5	3,2	3,2
"	"	-23	I o.II	3,0	2,5	3,1		2,8	2,7	2,8	2,3	2,6	2,0	3,0	2,3
"	"	-5	I - IV		1,8			2,4			2,0		2,0		2,0
1,5	+5	-22	I - IV	3,6	3,3	3,6		3,6	3,0	2,8	2,4	3,0	2,4	3,7	2,9
"	"	-22	I o.II	2,9	2,5	3,1		3,0	2,4	2,8	2,3	2,6	2,1	2,9	2,6
"	"	-5	I - IV		1,9			2,9			2,1		2,4		2,7
3	+15	-23	I - IV	1,2	1,1	0,6		0,6	1,0	0,3	0,3	0,2	0	0,2	0,2
"	"	-20	I o.II	1,0	0,8	0,6		0,6	0,5	0,4	0,3	-0,1	-0,5	0	-0,2
"	"	-5	I - IV		0,5			0,3			0,1		-0,1		0,1
3	+10	-22	I - IV	3,0	2,2	2,7		1,7	1,7	1,4	1,4	0,9	1,1	1,1	1,4
"	"	-22	I o.II	1,6	1,6	1,4		1,2	1,2	0,8	1,0	0,2	0,1	0,7	0,2
"	"	-5	I - IV		1,0			1,1			0,6		0,2		0,6

u.b. = utan bord m.b. = med bord

TAB. 4. Temperaturskillnad mellan golvyta och luft i ankelhöjd (0,05 m över golv).

Försöksdata				Position i plan											
Luftv. per timme	Tilluft- temp. °C	Ute- temp. °C	Inkoppl. element	a		b		c		d		e		f	
				u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
0	-	-23	I - IV	1,8	1,9	2,3	0,8	2,3		2,3	2,1	2,1	2,3	2,1	
"	-	-23	I o.II	0,6	1,6	2,3		2,2		2,3	2,2	1,7	1,6	1,8	
"	-	-5	I - IV		0,8						1,5		1,7		
1,5	+10	-23	I - IV	3,0	2,6	3,4	0,9	3,7		3,2	3,1	3,2	2,9	3,7	
"	"	-23	I o.II	3,1	3,3	3,8	0,7	3,7		3,6	3,4	2,7	3,3	3,1	
"	"	-5	I - IV		1,8						1,6		2,3		
1,5	+5	-22	I - IV	3,5	3,2	3,8	1,2	4,4		3,7	3,7	3,5	3,5	4,4	
"	"	-22	I o.II	3,2	2,9	3,8		4,1		3,8	3,3	3,0	2,9	3,2	
"	"	-5	I - IV		2,1						3,0	3,0			
3	+15	-23	I - IV	2,4	1,9	2,3		2,9		2,7	2,2	2,2	2,0	2,6	
"	"	-20	I o.II	2,5	2,3	2,7		2,6		2,5	2,3	1,7	1,3	1,6	
"	"	-5	I - IV		1,4						1,9	1,8			
3	+10	-22	I - IV	4,8	3,7	4,5	1,6	4,4		3,9	3,9	3,8	3,8	4,1	
"	"	-22	I o.II	3,8	4,2	4,0	1,7	3,8		3,6	4,2	2,2	2,4	2,6	
"	"	-5	I - IV		2,0						2,7	2,4			

u.b. = utan bord m.b. = med bord

### Temperaturskillnad mellan luft i huvudhöjd och i ankelhöjd

I TAB. 3 visas uppmätta temperaturskillnader för luft i huvudhöjd (1,60 m över golv) och ankelhöjd (0,05 m över golv).

Man ser att en ventilation där temperaturen på tillluften ligger under rumstemperaturen ger ökade temperaturskillnader i förhållande till oventilerade rum, vilket är naturligt eftersom takeffekten samtidigt måste höjas för att kompensera uppvärmningen av ventilationsluften.

Om emellertid tilluften hålles vid en viss temperatur =  $+10^{\circ}\text{C}$ , så kommer en ökning av ventilationen från 1,5 till 3 luftväxlingar per timme att ge mindre temperaturskillnader beroende på att luften blandas bättre vid den högre ventilationsgraden.

Något förvånande erhålles litet lägre temperaturskillnader i hela rummet när takeffekten endast tillföres med takelement invid fasadväggen i jämförelse med takeffekten fördelad över hela taket. Emellertid ökar i det förra fallet strålningen från takytan närmast fasadväggen.

Maximala temperaturskillnaden mellan luft i huvud- och ankelhöjd vid tilluftstemperatur =  $10^{\circ}\text{C}$  är ca tre grader. Då är emellertid utetemperaturen  $-23^{\circ}\text{C}$ . Vid  $-5^{\circ}\text{C}$  ute blir temperaturskillnaden ca två grader vid 1,5 luftväxlingar per timme och ca en grad vid 3 luftväxlingar per timme. Någon inverkan av bord på temperaturskillnaden mellan huvudhöjd och ankelhöjd kan knappast spåras i TAB. 3.

### Temperaturskillnad mellan golvyta och luft i ankelhöjd

Som framgår av TAB. 4, så ökar temperaturskillnaden mellan golvyta och luft i ankelhöjd med ökande takeffekt. Maximal temperaturskillnad erhålles vid tre

TAB. 5. Temperaturskillnad  $\Delta t$  mellan luft 0,30 m över golv under bord (position b) och luft vid sidan om bord (position c) samt temperaturskillnad ( $t_{bu} - t_{10,3}$ ) mellan bordets undersida och luft 0,30 m över golv.

Försöksdata				$\Delta t_{30}$	$t_{bu} - t_{30}$
Luftv. per timme	Tilluft-temp. °C	Ute-temp. °C	Inkoppl. element	°C	°C
0	-	-23	I-IV	-0,5	1,0
"	-	-23	Io.II	-0,2	1,3
"	-	-5	I-IV	-0,3	0,7
1,5	+10	-23	I-IV	-0,1	2,0
"	"	-23	Io.II	-0,1	2,7
"	"	-5	I-IV	0	1,7
1,5	+5	-22	I-IV	+0,1	2,5
"	"	-22	Io.IV	0	2,6
"	"	-5	I-IV	0	1,9
3	+15	-23	I-IV	-0,6	1,7
"	"	-20	Io.II	-0,2	1,9
"	"	-5	I-IV	-0,1	1,2
3	+10	-22	I-IV	-0,9	2,9
"	"	-22	Io.II	-0,2	3,2
"	"	-5	I-IV	-0,1	2,0

TAB. 6. Fönstertemperaturer (mät punkt enligt FIG. 2).

Försöksdata				Mätpunkter enligt FIG.2							
Luftv. per timme	Tilluft-temp. °C	Ute-temp. °C	Inkoppl. element	1		2		3		4	
				u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
0	-	-23	I-IV	1,5	1,5	12,6	11,1	8,5	7,0	3,5	3,5
"	-	-23	I o.II	2,6	2,0	13,0	12,6	9,3	8,8	4,5	3,8
"	-	-5	I-IV		9,4		15,1		13,0		10,6
1,5	+10	-23	I-IV	0	0	11,8	11,5	7,2	7,0	3,7	3,3
"	"	-23	I o.II	0	3,5	12,9	14,6	8,1	10,6	3,9	6,5
"	"	-5	I-IV		9,7		15,6		13,5		11,4
1,5	+5	-22	I-IV	2,5	1,8	13,4	13,1	9,2	9,0	5,0	4,6
"	"	-22	I o.II	3,5	2,8	14,0	13,2	10,2	9,4	5,8	5,6
"	"	-5	I-IV		9,5		16,5		13,3		10,7
3	+15	-23	I-IV	3,9	4,2	13,0	13,3	9,9	10,0	13,0	8,6
"	"	-20	I o.II	6,0	6,1	14,9	9,7	11,5	11,6	9,8	10,0
"	"	-5	I-IV		11,0		15,8		14,1		13,6
3	+10	-22	I-IV	0,8	1,2	12,4	12,3	9,0	8,9	6,9	6,9
"	"	-22	I o.II	3,0	1,9	14,2	13,8	10,2	9,3	7,5	6,5
"	"	-5	I-IV		11,0		16,3		14,6		13,0

luftväxlingar per timme med tilluftstemperaturen =  $10^{\circ}\text{C}$ . Den är närmare fem grader intill "fasadväggen" och golvtemperaturen blir då ett par grader högre än lufttemperaturen i huvudhöjd i samma position. Vid "normala" takeffekter kan man räkna med att golvtemperaturen är ett par grader över lufttemperaturen i ankelhöjd och ungefär samma som lufttemperaturen i huvudhöjd.

Golvtemperaturen under bord blir ca en grad högre än lufttemperaturen i ankelhöjd. I övrigt erhålles som väntat ungefär samma temperaturskillnader mellan golv-yta och luft i ankelhöjd för försök med och utan bord.

#### Temperaturskillnad mellan luft 0,30 m över golv under bord och luft på samma höjd vid sidan om bord

Om en människa sitter vid ett bord kan man tänka sig att det ena benet är under bordet, medan det andra benet är utanför bordskivan. I TAB. 5 visas skillnaden i lufttemperatur 0,30 m över golv mellan position b (under bordet) och position c (utanför bordet). Man ser att någon nämnvärd skillnad inte förefinnes.

#### Temperaturskillnad mellan bordets undersida och luften 0,30 m över golv

Av TAB. 5 framgår att bordets undersida får upp till tre grader högre temperatur än luften 0,30 m över golv. Största temperaturskillnaden erhålles för försöket med tre luftväxlingar per timme och tillufttemperaturen =  $+10^{\circ}\text{C}$ . Detta försök hade också den största takeffekten. Under "normala" förhållanden kan man räkna med att bordets undersida har någon grad högre temperatur än luften under bordet.

#### Fönstertemperaturer

I TAB. 6 visas de uppmätta temperaturerna på fönstrets insida i de mätpunkter som visas i FIG. 2. Den mest



markanta skillnaden i fönstertemperatur är att lägre utetemperatur ger lägre fönstertemperatur, vilket är en självklarhet. Sänkningen i fönstertemperaturen är ungefär proportionell mot temperaturskillnaden mellan inne och ute.

Vad som framför allt intresserar i TAB. 6 är yttemperaturens variation i fönstrets höjddled. Upptill har fönstret betydligt högre temperatur än nedtill. Det kan ha sitt intresse att på "konventionellt" sätt söka räkna fram fönstrets yttemperatur.

Med följande antaganden:

inre övergångsmotstånd	$m_i = 0,11 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} (= 0,13 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Ch/kcal})$
yttre övergångsmotstånd	$m_u = 0,06 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} (= 0,07 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Ch/kcal})$
fönstrets värmemotstånd	$m_f = 0,17 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W} (= 0,20 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Ch/kcal})$
utetemperatur	$\vartheta_u = -23^\circ\text{C}$
innetemperatur	$\vartheta_i = 20^\circ\text{C}$

erhålles fönstertemperaturen:

$$\vartheta_f = \vartheta_i - \frac{m_i}{(m_i + m_f + m_u)} (\vartheta_i - \vartheta_u)$$

vilket ger  $\vartheta_f = 6^\circ\text{C}$ .

Av TAB. 6 framgår att man nedtill på fönstret kan erhålla lägre temperatur och att vid denna extrema utetemperatur man kan få isbildning nedtill på fönstret. En god ventilation förbättrar tydligen förhållandena, men luften måste då tillföras längs fönstrets underkant - vid punkt 1 har man inte samma luftrörelser som vid punkt 4.

Den högre temperaturen på fönstrets övre delar är sannolikt - helt eller delvis - resultatet av värmestrålning från det varma taket.

Strålningsuppvärmning innebär i och för sig inga väsentliga skillnader från konvektionsuppvärmning ur fysiologisk synpunkt. Avgörande är endast balansen mellan värmeproduktion och värmeavgivning. De flesta i praktiken förekommande strålningsvärmesystem ger emellertid en viss grad av asymmetri i strålningsfältet, vilket mera sällan är lika utpräglat med konvektiv värme. Temperaturupplevelse och fysiologiska effekter av asymmetrisk uppvärmning är för närvarande ofullständigt kända. Att finna generellt giltiga uttryck för toleransen mot temperaturasymmetri är på grundval av för närvarande tillgängliga data knappast möjligt. Komplexiteten i beräkningen av rymdvinkelförhållanden för människokroppen gentemot ett omgivande asymmetriskt strålningsfält tvingar också till så kraftiga approximationer att fullskaleprov med praktiska system i drift hittills har varit förhärskande och fortfarande får anses som den enda metod som inom rimlig tid kan avslöja för- och nackdelar med strålningsvärmesystem.

Den väsentligaste tidigare undersökning, som utförts beträffande strålningsuppvärmning med varmt tak, torde vara den av Chrenko (1953), som ger vissa övre taktemperaturgränser för subjektivt bedömd komfort. Undersökningar över strålningsavkyllning i varma lokaler med hjälp av kalla tak kan också ha relevans vid bedömningen av asymmetriupplevelsen. Sådana undersökningar har utförts bl.a. av Ronge och Löfstedt (1957). De av Chrenko givna temperaturgränserna för takvärmen förutsätter att takytan är av jämn temperatur och att dess rymdvinkel liknar den som förekom vid undersökningens utförande. Detsamma måste gälla förekomsten av lufttemperaturgradienter. För svenska vinterförhållanden, när utetemperaturerna avviker väsentligt från vad som är vanligt i England, varigenom lufttemperaturgradienterna kan få en helt annan storlek, och för de nu vanliga strålningssystemen med elektriska element, som kan ge annan temperaturfördelning på takytan, kan man därför inte utan experimentell verifikation

tillämpa Chrenko's resultat. Föreliggande undersökning avsåg att i den i avsnitt 2 beskrivna modellen av ett ordinärt bostads- eller kontorsrum under realistiska vinterförhållanden prova uppvärmningssystemet med hänsyn till upplevd och fysiologiskt registrerbar reaktion på temperaturasymmetrin.

#### 4.1 Metodik

Undersökningen genomfördes med femton friska manliga försökspersoner i åldrarna 20-45 år. Försökspersonen instruerades att komma till undersökningen iförd sådan klädsel som han vanligtvis begagnar hemma. Försökspersonen placerades i försöksrummets mitt med pannan vänd mot fönstret. Han satt vid ett bord med fötterna inunder detta och sysselsatte sig under försöket med läsning. De registrerade fysiologiska variablerna var hudtemperaturerna på följande punkter: hårfästet i pannan, nacken, höger axel, vänster axel, bröstet (medialt om bröstvårtan), skuldran (medialt om yttre nyckelbensleden), långfingerblomman, korsryggen, underbenets utsida och stortåns trampdyna. Registreringen gjordes med kopparkonstantantermoelement, fästa till huden med häfta. Termoelementtråden lades så att åtminstone 50 mm av denna närmast lödstället låg i kontakt med hudytan. Vidare mättes lufttemperaturen i axelhöjd invid försökspersonen med hjälp av termoelement. Registreringen skedde på potentiometerskrivare (Leeds och Northrup Speedomax med noggrannhet  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ). Vägd medelhudtemperatur beräknades från följande punkter (vägningsfaktorerna inom parentes): pannan (0,07), höger axel (0,14), bröstet (0,35), fingret (0,05), korsryggen (0,19), underbenet (0,13) och stortån (0,07). Varje försöksperson exponerades under en tid av 120 minuter och temperaturregistreringen skedde kontinuerligt. Försökspersonens subjektiva omdöme om temperaturen gavs enligt Bedfords sjugradiga skala: mycket för kallt (-3), för kallt (-2), behagligt svalt (-1), lagom (0), behagligt varmt (+1), för varmt (+2) och

mycket för varmt (+3). Försökspersonen instruerades att ange temperaturkomforten enligt skalan dels för huvudet, dels för kroppen och dels för fötterna. Den subjektiva bedömningen skedde vid försökets början och därefter med 30 minuters intervaller och samma försöksledare skötte vid samtliga tillfällen utfrågningen av försökspersonen. Försöksperson och försöksledare diskuterade gemensamt fram poängsättning enligt komfortskalan, varvid försöksledaren undvek att påverka försökspersonen till annat än att formulera sig med anpassning till den använda skattningsskalan.

#### 4.2 Försöksserier

Samtliga försök genomfördes med en temperatur av  $-20^{\circ}\text{C}$  på ytterväggens och fönstrets utsida. Vid en försöksserie (1) användes samtliga de i taket monterade elektriska elementen och en effekt av 1000 W. Ytterligare en serie (2) med samma försökspersoner gjordes, med effekten 1000 W och med försökspersonen med bord och stol placerade på en 0,5 m hög plattform i rummet. Denna serie avsåg att klarlägga om vid lägre takhöjder än normalt de ökade rymdvinklarna skulle komma att tillsammans med ändrade gradienter påtagligt förändra komfortupplevelsen. I en tredje serie (3) var takeffekten 750 W. I samtliga försöksserier gavs tilluftmängder motsvarande 1 till 2 omsättningar per timme med en temperatur, mätt vid utsläppet i försöksrummet på  $+3^{\circ}\text{C}$  till  $+10^{\circ}\text{C}$ . Luftmängd och lufttemperatur varierade därvid osystematiskt från försök till försök, eftersom försöksrummet var placerat i en experimenthall med betydande temperaturvariationer på grund av ändringar i uteluftens temperatur och i solinstrålning och utan adekvata klimatkonditioneringsanordningar. Ventilationsluftmängden och temperaturen till försöksrummet inreglerades så att lufttemperaturen i rummets mitt i höjd med försökspersonens axlar hölls så nära  $21^{\circ}\text{C}$  som möjligt. Samtliga försök genomfördes med försökspersonens medförda beklädning på. Efter sista expositionens slut tillfrågades varje försöksperson om hur

han uppfattade funktionen av det provade värmesystemet, varvid gavs alternativen: systemet är bra, godtagbart eller dåligt. Försökspersonen ombads också ange om han för sin egen bostad skulle tycka om att ha, acceptera eller helst inte vilja ha detta uppvärmningssystem.

#### 4.3 Resultat

Det väsentliga av hudtemperaturmätningarna och de subjektiva komfortskattningarna framgår av TAB. 7. Värdena på fingertemperatur och medelhudtemperatur visar att den valda lufttemperaturen legat så lågt, att flertalet försökspersoner befunnit sig på gränsen till köldreaktion, vilket ytterligare styrks av att stortåtemperaturen i regel låg endast obetydligt över rums-temperatur. Eftersom fotbeklädnad och fottemperatur varierade starkt mellan olika försökspersoner redan initialt och fottemperaturen reagerar extremt långsamt har en detaljredovisning av tåtemperaturen ansetts meningslös. Standardisering av fotbeklädnaden hade motverkat syftet att genomföra försöken med "ordinär inomhusbeklädnad". Skillnaderna i hudtemperaturer mellan de tre expositionsalternativen är små och innebär att endast alternativ 3, takeffekt 750 W, ifråga om axeltemperaturen jämfört med alternativ 1 och 2, och beträffande finger- och medelhudtemperaturen endast jämfört med alternativ 2 visar signifikant lägre värden ( $p = 0,05 - 0,001$ ). I TAB. 8 redovisas differenserna mellan komfortangivelse för huvudet och för fötterna. Samtliga differenser är statistiskt signifikanta ( $p = 0,025$ ). Mellan de tre expositionerna föreligger inga signifikanta differenser. Lufttemperaturen i axelhöjd invid försökspersonen var i exp. 1  $21,1 \pm 0,7^{\circ}\text{C}$ , exp. 2  $22,5 \pm 0,66^{\circ}\text{C}$  och i exp. 3  $21,3 \pm 1,02^{\circ}\text{C}$ . Värdet i exp. 2 är signifikant skilt från de båda övriga ( $p = 0,005 - 0,001$ ).

I den avslutande utfrågningen efter samtliga tre expositioner deltog 13 försökspersoner. Tre av dessa ansåg systemet med takvärme som bra, åtta som acceptabelt,

TAB. 7. Temperaturer och komfortsiffror vid försöksrör 1-3. (Försöksserie 1: takeffekt = 1000 W, försöksserie 2: takeffekt = 1000 W, lägre takhöjd, försöksserie 3: takeffekt = 750 W.).

Fp nr	Temperatur °C vid försökets slut									Komfortsiffror											
	Panna			Höger axel			Finger			Medelv. hud			Huvud			Kropp			Fötter		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	33,0	34,3	34,0	33,9	35,3	32,6	32,9	33,6	27,7	33,25	32,40	-	-1,0	+2,0	0	-1,0	+1,0	-1,0	0	-1,5	-1,5
2	33,4	33,9	33,6	33,6	34,7	33,2	25,7	25,7	28,6	32,20	32,70	32,15	-1,0	0	-1,0	-2,0	0	-1,0	-2,0	0	-1,0
3	34,2	35,3	34,8	34,3	35,0	33,8	32,1	34,2	23,5	33,55	33,90	32,35	0	0	-1,0	-1,0	0	-1,0	-1,0	-0,5	-1,5
4	34,7	35,8	35,8	34,6	35,4	34,4	23,7	27,9	24,2	32,80	33,10	32,95	0	0	0	-1,0	-1,5	0	-2,0	-1,5	-1,0
5	30,3	35,3	34,4	34,1	34,3	32,7	27,7	29,8	28,9	32,55	33,15	32,65	0	0	-0,5	-2,0	-0,5	-2,0	0	0	-1,0
6	32,8	34,1	34,9	34,4	33,8	33,7	32,9	28,6	31,7	33,05	32,35	32,95	0	0	0	0	0	0	-1,0	-1,0	-1,0
7	33,8	33,3	34,6	34,1	34,2	33,2	28,6	32,6	32,5	32,40	33,35	32,70	0	0	0	-2,0	0	-0,5	-1,0	0	0
8	33,4	-	-	33,0	-	-	25,0	-	-	31,05	-	-	+1,0	-	-	0	-	-	-1,5	-	-
9	34,8	34,9	32,9	35,0	35,4	34,7	26,7	32,5	24,6	32,55	33,85	32,40	-1,0	-0,25	-	0	0	-	-1,5	-0,25	-
10	31,3	34,1	33,8	33,0	32,4	31,5	27,7	26,8	25,5	31,10	31,70	30,55	0	0	0	-2	-2,0	-2,0	0	0	0
11	34,2	33,6	34,0	34,2	34,4	32,7	27,9	32,8	31,2	31,30	31,90	31,20	+1,0	+1,0	+1,0	0	0	0	0	-2,0	0
12	34,4	35,1	33,1	33,8	34,5	32,5	-	33,9	24,3	-	32,35	31,75	0	+1,0	0	0	0	-1,0	-1,5	-1,5	-1,0
13	34,1	34,4	34,9	33,3	34,8	32,5	23,6	34,2	24,5	31,65	33,90	31,85	0	+1,0	0	0	+1,0	-2,0	-2,5	0	-3,0
14	35,9	35,1	35,0	35,1	35,1	33,5	34,1	34,8	32,2	33,50	-	33,25	+2,8	+1,0	+1,0	+1,0	0	0	-1,0	-1,5	0
15	32,2	34,6	34,6	34,4	35,3	33,3	33,0	32,9	28,8	32,25	33,65	31,45	+0,5	0	+1,0	+0,5	0	+1,0	-1,5	-1,0	-1,0
m	33,48	34,54	34,44	34,03	34,59	33,14	28,66	31,42	27,71	32,37	32,95	32,17	0,15	0,41	0,04	-0,63	-0,14	-0,68	-1,1	-0,77	-0,86
SD	1,42	0,73	0,72	0,63	0,80	0,83	3,66	3,06	3,29	0,84	0,74	0,78	0,95	0,66	0,63	1,01	0,79	0,91	0,81	0,74	0,84

TAB. 8. Differens mellan komfortangivelse för huvud och fötter vid expositionens slut.

Fp nr	Försöksserie		
	1	1	3
1	- 1	+ 3,5	+ 1,5
2	+ 1	0	0
3	+ 1	+ 0,5	+ 0,5
4	+ 2	+ 1,5	+ 1
5	0	0	+ 0,5
6	+ 1	+ 1	+ 1
7	+ 1	0	0
8	+ 2,5	-	-
9	+ 0,5	0	-
10	0	0	0
11	+ 1	+ 3	+ 1
12	+ 1,5	+ 2,5	+ 1
13	+ 2,5	+ 1	+ 3
14	+ 3,8	+ 2,5	+ 1
15	+ 2	+ 1	+ 2
m	1,25	1,18	0,96
SD	1,19	1,23	0,85

två som otillfredsställande. Fem försökspersoner skulle gärna ha systemet i sin egen bostad, fyra skulle acceptera det, och fyra skulle helst inte vilja ha det. Nio av försökspersonerna anmärkte spontant att det kändes varmare om huvudet än om fötterna.

#### 4.4 Diskussion

Den avgörande frågan för takvärmesystemets godtagbarhet är otvivelaktigt klimatasymmetrin. Att denna är av upplevelsemässig och fysiologisk signifikans visas klart av både temperaturskattningar och hudtemperaturmätningar. Med hänsyn till att en viss grad av asymmetri normalt förekommer i de flesta lokaler där människor vistas, är frågan därför hur systemet ställer sig jämfört med andra hittills mera vanliga. Klimatasymmetrin består inte endast i ökad instrålning uppifrån utan bidragande är förekomsten av en lufttemperaturgradient. De valda provningsalternativen kan anses som extrema vinterförhållanden och torde täcka ogynnsammaste normalt förekommande betingelser. De i TAB. 3 ovan redovisade temperaturskillnaderna mellan huvud och ankelhöjd är av samma storleksordning som under liknande förhållanden uppmätts med radiatorvärme (Löfstedt och Ronge 1959). Hur mycket strålningsasymmetrin ytterligare adderar till lufttemperaturgradienten kan svårligen bedömas. Den förhöjda temperaturen hos golv och väggar innebär att asymmetrieffekten blir mindre än som motsvarar instrålningseffekten från taket. En realistisk beräkning av rymdvinkelförhållandena för olika kroppsdelar kan för närvarande knappast utföras, och man är därför hänvisad att använda människan som termometer.

I samtliga tre försöksserier framgår av både subjektiv bedömning och hudtemperaturmätningar att försökspersonerna låg på gränsen till köldreaktion. Som neutralvärde för medelhudtemperaturen brukar anges  $+33^{\circ}\text{C}$ . Fullt utpräglad köldreaktion förelåg emellertid knappast i något fall. Den s.k. normala inomhustempera-



ren,  $21^{\circ}\text{C}$ , torde knappast vara anpassad till nutida klädvanor. Lufthastigheterna i försöksrummet höll sig i storleksordningen  $0,05 - 0,10$  m/sek. omkring försökspersonen, tämligen oberoende av ventilationsluftmängden (stickprovskontroll med varmtrådsanemometer). Försökspersonernas subjektiva uppfattning anger också att de snarare uppfattade klimatet som kallt om fötterna än varmt om huvudet. En höjning av rumstemperaturen hade rimligtvis medfört en förskjutning så att bedömningen för fötterna närmast sig neutralpunkten, medan den för huvudet gått över mot positiv värmeupplevelse. Fottemperaturen är nämligen snarare en indikator på den allmänna värmebalansen än på den lokala temperatur fötterna exponeras för (Wyndham et al, 1951). Den rimligaste bedömningen av om takvärmen är godtagbar torde man få med hjälp av skillnaderna i subjektivt upplevd komfort mellan huvud och fötter. Med den använda temperaturskattningsskalan skulle denna skillnad för att vara förenlig med komfort maximalt få vara två enheter, från behagligt varmt till behagligt svalt.

De här erhållna värdena på cirka en enhet bör då falla inom det acceptabla området. Med hänsyn till de stora standardavvikelseerna,  $\pm 100\%$  grovt räknat, är marginalen dock tämligen snäv. Inom  $\pm 1$  SD ligger cirka  $2/3$  av en population. Detta skulle motsvara den övre gränsen, 2 enheters differens. Från undersökningar över komforttemperatur vet man att det knappast är möjligt att uppnå en högre andel nöjda i en någorlunda stor population. Sannolikt skulle gängse radiatorsystem också ge en liknande komfortfördelning på den här undersökta populationen. De uppmätta hudtemperaturerna på exponerade kroppsdelar, axlar och panna, i förhållande till medelhudtemperaturen kan inte anses excessiva och innebär rimligen heller ingen indikation om alltför påtaglig övervärme uppifrån. Denna bedömning baseras på erfarenhet från ett stort antal laboratorieförsök med nakna försökspersoner. Emellertid finns

inte något material som ger tillräckliga möjligheter att bedöma hudtemperaturens förenlighet eller oförenlighet med komfort, varför den subjektiva bedömningen måste bli utslagsgivande.

Mellan de olika alternativen erhöles statistiskt signifikanta men små skillnader i hudtemperatur, men inte i komfortbedömning. De förekommande skillnaderna i lufttemperatur mellan de olika försöksserierna beror på svårigheten att kontrollera klimatet i experimenthallen. Eftersom här bedömningen i huvudsak vilar på skillnaden mellan komfortupplevelse för huvud och fötter och eftersom små skillnader i omgivningstemperatur inom neutralzonen är av ringa fysiologisk signifikans, bör man kunna bortse från dem. De uppmätta skillnaderna i hudtemperatur mellan de olika alternativen har inte givit utslag ifråga om komfortsiffrorna, vilket innebär att de måste tillmätas liten betydelse. Komfortbedömningen av de tre alternativen utfaller sålunda lika. En 25-procentig ändring av instrålningen från takytan motsvarar inte mycket mer än 10 procents ändring av värmeflödena, eftersom värmeöverföringstalen för strålning och konvektion är ungefär lika stora i detta fall. Med den större takhöjden får man enligt Kollmar och Liese (1957) en rymdvinkelfaktor för taket på 0,64 i förhållande till en plan, mot taket vänd yta på 1,20 m höjd över golvet, ungefär motsvarande försökspersonens huvud. Med den lägre takhöjden blir motsvarande siffra ca 0,85. Skillnaden i instrålning på grund av sänkt takhöjd bör alltså bli av någorlunda samma storleksordning som skillnaden mellan de båda takeffekterna. Om rymdvinkeländringen mellan alternativ 1 och 2 har så liten effekt, bör det innebära att en inte oväsentlig del av asymmetriupplevelsen förorsakas av lufttemperaturgradienten. Denna påverkas emellertid inte bara av valet av strålningsvärme eller annat värmesystem utan också av hur ventilationsluften tillföres och ventilationsmängden. Sammanfattande tycks undersökningen ge vid handen att olägenheterna med takvärme i form av övervärmning av överkroppen i

förhållande till fötterna inte är större än att de kan accepteras och att systemet torde vara lika funktionsdugligt som gängse radiatorsystem. Några fysiologisk-hygieniska fördelar med systemet finns knappast, utan avgörande för valet av detta eller annat värmesystem torde snarast bli tekniska och ekonomiska frågor.

De genomförda temperaturmätningarna visar att takvärme ger upphov till temperaturgradienter i rum som är ganska normala; vid  $-23^{\circ}\text{C}$  ute blir temperaturskillnaden mellan huvudhöjd och ankelhöjd inte mer än ca tre grader trots att tilluften var så låg som  $+10^{\circ}\text{C}$ . Golvet får i allmänhet några grader högre temperatur än luften i ankelhöjd och blir i allmänhet nära lufttemperaturen i huvudhöjd.

Inverkan av bord är av stort intresse. Mätningarna visar att golvtemperaturerna blir ca en grad högre än lufttemperaturen i ankelhöjd. Bordets undersida har i allmänhet någon grad högre temperatur än luften under bordet. Någon nämnvärd skillnad mellan lufttemperaturen under och vid sidan av bordet har inte observerats.

Som ett resultat av takvärme får övre delen av fönstret en högre temperatur än vad man beräkningsmässigt skulle erhålla med normala värden på värmemotstånd för fönster och inre värmeövergångsmotstånd. Vid underkanten blir fönstertemperaturerna lägre än förväntat.

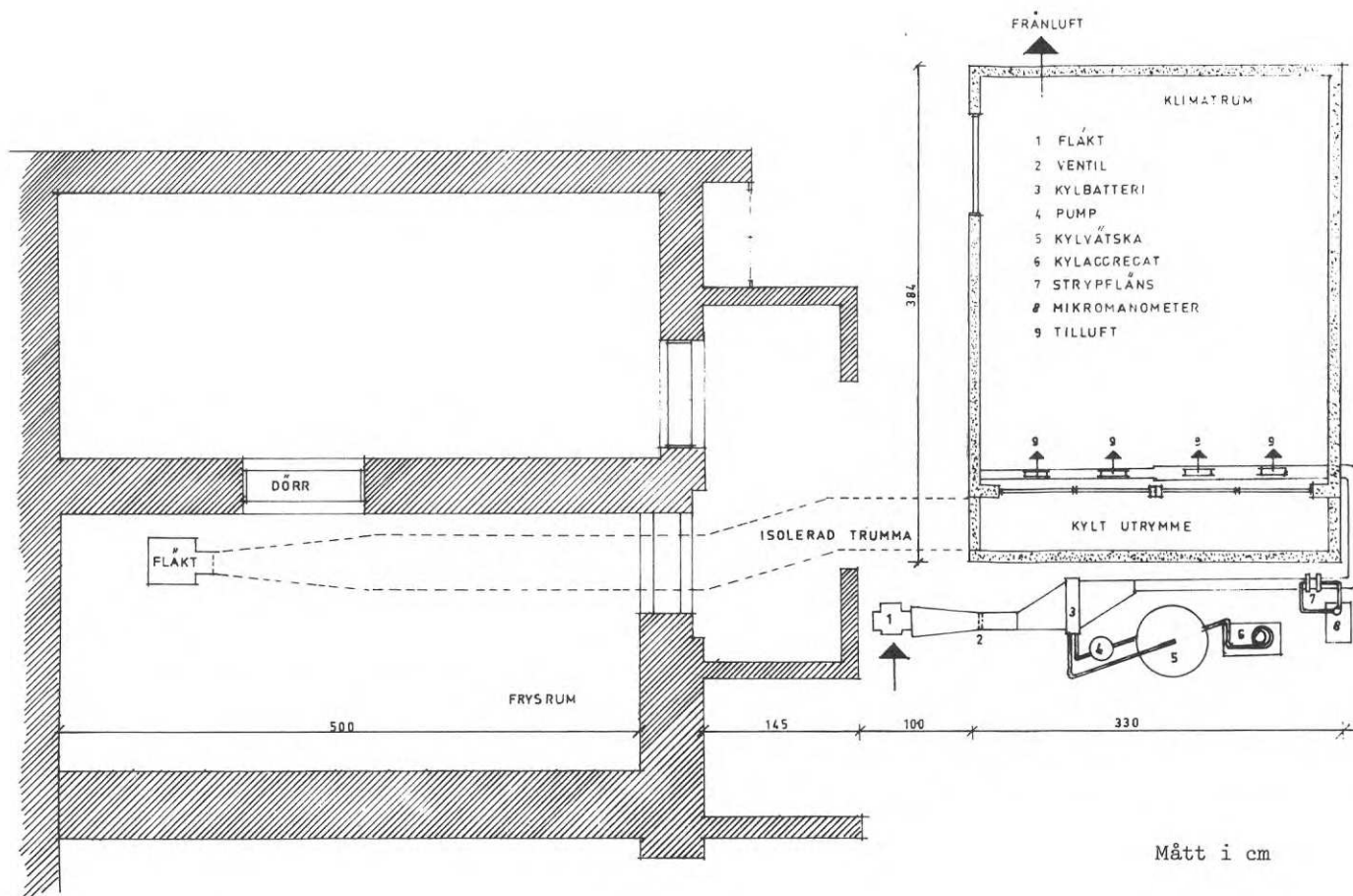
Den fysiologisk-hygieniska undersökningen visar att klara temperatur- och värmeupplevelseskillnader mellan huvud och fötter förelåg hos försökspersonerna. Skillnaderna var dock inte så stora, att hygieniska olägenheter kan förväntas för flertalet ordinära individer. Några hygieniska fördelar kunde heller inte noteras. En viss reservation måste göras för den bristfälliga kännedom man för närvarande har om osymmetriska klimateffekter över huvud taget.

Sammanfattat kan sägas att takvärme i den form som här provats ger ett rumsklimat som är fullt acceptabelt i jämförelse med normala bostads- och kontorsklimat.

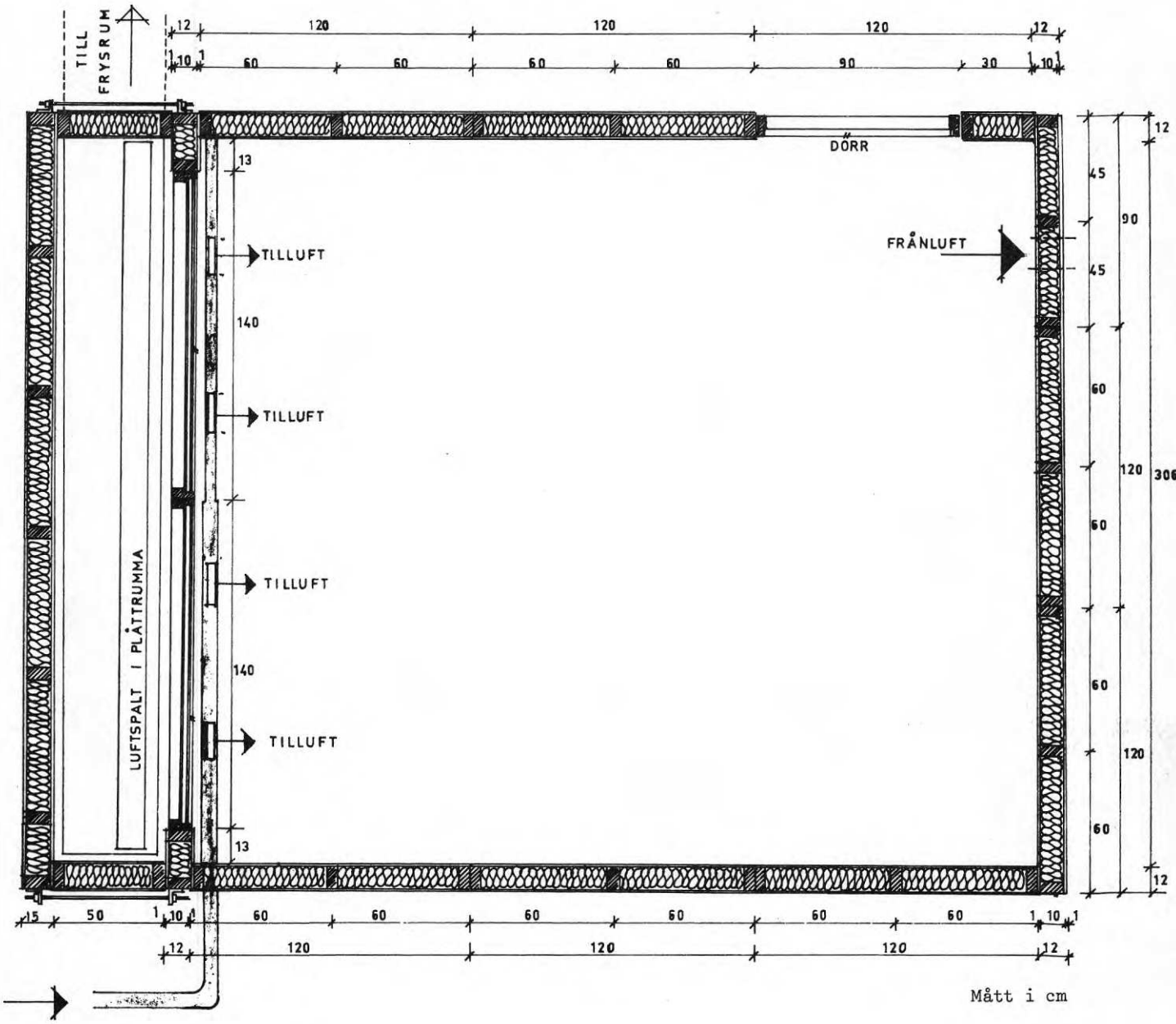
## 6 LITTERATUR

- Chrenko, F.A.: Heated ceilings and comfort. J. Inst. Heat. Ventil. Engrs.: 20:375, 1953, nr 209.
- Kollmar, A. o Liese, W.: Die Strahlungsheizung Flächen-, Strahlplatten- und Infrarotheizungen, Oldenbourg, München 1957.
- Ronge, H.E. o Löfstedt, B.E.: Strålningsdrag från kalla tak. Med några observationer om dragavkylningens fysiologi, VVS nr 5, 1957.
- Ronge, H.E. o Löfstedt, B.E.: Rumsuppvärmning med små varmluftsmängder, SNB Rapport nr 51, Stockholm 1959.
- Wyndham, C.H. o Wilson-Dickinson, W.G.: Physiological responses of hands and feet to cold in relation to body temperature. J. Appl. Physiol.: 4:199, 1951.

BILAGOR

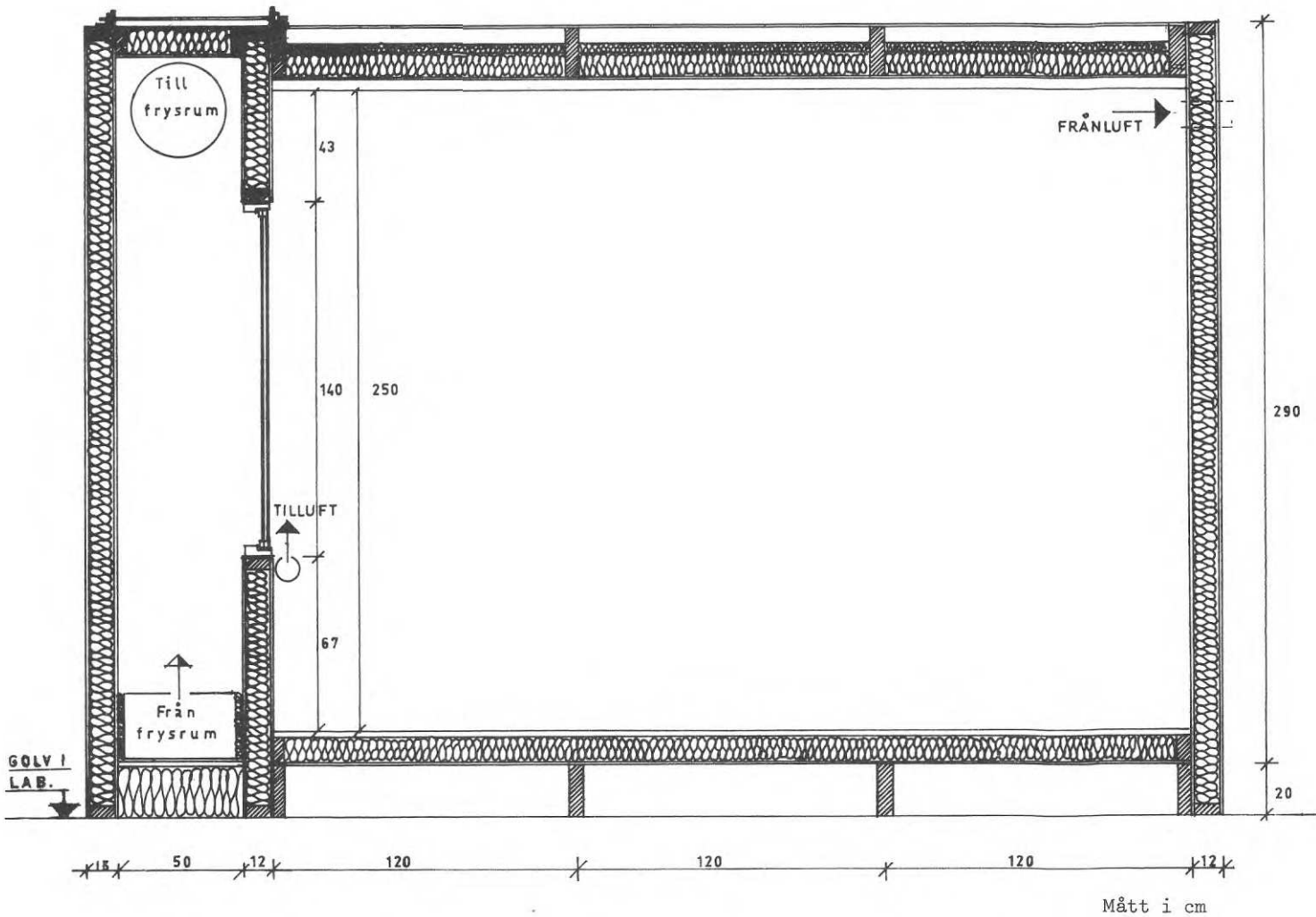


SITUATIONSPLAN  
KLIMATRUM MED VARMT TAK



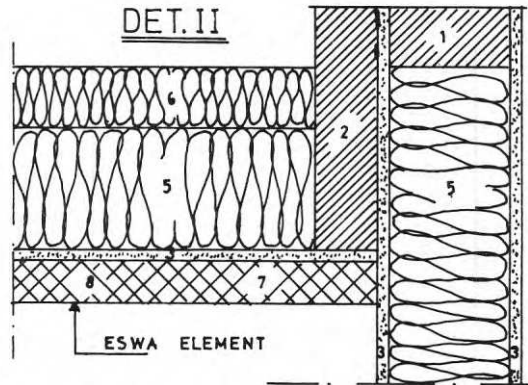
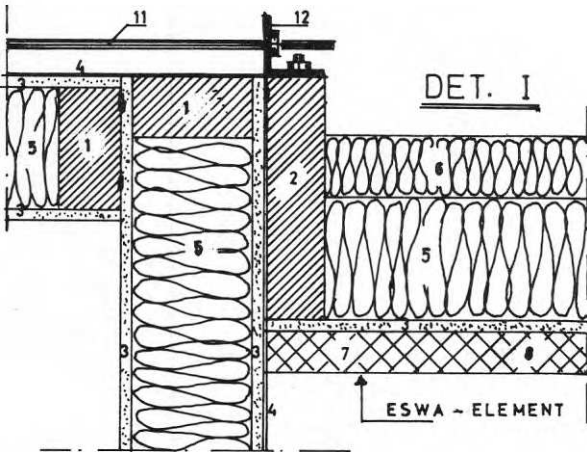
PLAN AV KLIMATRUM



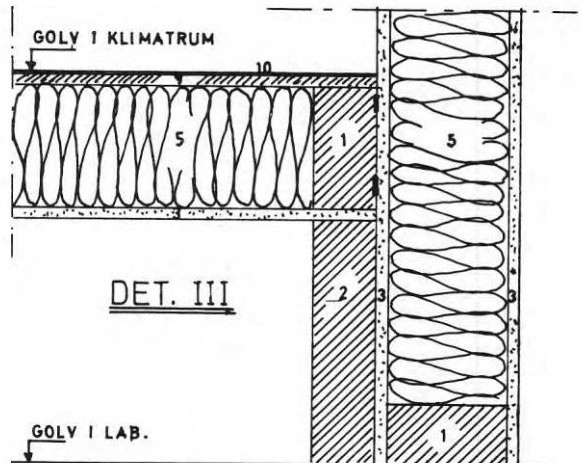


SEKTION GENOM KLIMATRUM

Mått i cm



- 1 2" x 4" REGEL
- 2 2" x 8" SPARR
- 3 10 M.M. BYGGPLATTA
- 4 PLASTFOLIE
- 5 10 CM. MIN-ULLSISOL.
- 6 5 CM. —"— /MATTA/
- 7 1 1/2" x 2" REGLAR c/c 30 CM.
- 8 3 CM. POLYSTYRENPLAST
- 9 20 MM SPÅNSKIVA
- 10 PLAST PLATTOR
- 11 10 MM. RUNDJÄRN
- 12 50 x 50 x 5 MM. VINKELJÄRN



Mått i cm

DETALJER

SE: SEKTION GENOM  
 KLIMATRUM

a. Element I-IV Ute = -23°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	24,6		24,6		24,6		24,6		24,6		24,6	
220	22,2	21,9	22,2		22,5	22,1	22,5	22,1	22,5	22,3	22,6	22,3
190	20,9	20,6	20,9		21,2	21,1	21,4	21,1	21,3	21,2	21,3	21,3
130	19,1	19,3	19,2		19,8	19,9	19,8	19,9	19,8	20,0	19,8	20,1
bord översida				20,1								
bord undersida				19,5								
70	18,5	19,0	18,6	19,1	19,1	19,3	19,2	19,4	19,1	19,6	19,1	19,6
30	18,4	18,9	18,5	18,5	18,6	19,0	18,9	19,1	18,6	19,1	18,8	19,1
5	17,3	17,3	17,3	17,6	18,2	18,2	18,2	18,3	18,5	18,6	18,6	19,0
golv	19,1	19,2	19,6	18,4	20,5		20,5	20,4	20,6	20,9	20,7	

b. Element I och II Ute = -23°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	23,8	23,9	23,8		23,1	23,4	23,1	23,4	22,7	22,7	22,7	22,7
220	22,2	22,3	22,2		22,1	22,2	22,0	22,0	21,8	21,8	21,7	21,8
190	20,8	21,2	21,3		21,3	21,1	21,2	21,1	21,1	20,9	21,0	20,9
130	19,9	19,7	20,0		20,2	19,9	20,1	19,9	20,2	20,0	20,1	20,0
bord översida				20,9								
bord undersida				20,2								
70	19,4	19,2	19,6	19,5	19,9	19,3	19,8	19,3	19,8	19,5	20,0	19,5
30	19,4	19,1	19,5	18,9	19,5	19,1	19,5	19,0	19,5	19,1	19,5	19,1
5	18,4	18,3	18,4		19,0	18,5	19,0	18,7	19,2	18,9	19,2	18,9
golv	19,0	19,9	20,7	19,0	21,2		21,3	20,9	20,9	20,5	21,0	

c. Element I-IV Ute = -5°C

Höjd över golv cm	med bord					
	a	b	c	d	e	f
245	22,5		22,5	22,5	22,5	22,5
220	21,6		21,6	21,6	21,6	21,6
190	20,8		20,9	21,0	21,0	21,1
130	20,0		20,1	20,1	20,2	20,2
bord översida		20,2				
bord undersida		20,2				
70	19,9	19,9	19,9	19,9	20,0	20,0
30	19,8	19,5	19,8	19,8	19,8	19,8
5	19,3		19,5	19,5	19,5	19,5
golv	20,1	20,7		21,0	21,2	

a. Element I-IV Tilluft = +10°C Ute = -22 à 23°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	24,9	25,9	24,9		24,9	25,6	24,8	25,6	24,8	26,1	24,8	26,1
220	22,5	23,0	22,5		22,7	23,0	22,7	23,1	22,8	23,2	22,8	23,3
190	20,8	21,0	20,8		21,1	21,1	21,2	21,1	21,2	21,2	21,2	21,3
130	18,6	18,5	18,6		19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,2	19,1	19,2
bord översida				20,5								
bord undersida				19,2								
70	17,8	17,6	17,8	18,0	17,8	17,8	17,9	18,0	17,9	18,0	18,0	18,0
30	17,1	17,3	17,1	17,2	16,9	17,3	17,2	17,4	17,4	17,4	17,1	17,4
5	16,3	16,5	16,3	17,1	17,1	17,0	17,5	17,5	17,4	17,6	16,9	17,0
golv	19,3	19,1	19,7	18,0	20,8		20,7	20,6	20,6	20,5	20,6	

b. Element I och II Tilluft = +10°C Ute = -22 à 23°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	27,0	26,0	27,0		26,6	25,1	25,8	25,1	24,8	24,0	24,3	23,8
220	23,6	23,3	23,6		23,1	22,9	23,1	22,9	22,5	22,1	22,5	22,1
190	21,5	21,5	21,5		21,2	21,4	21,2	21,4	20,9	21,0	20,8	20,8
130	19,0	19,5	19,0		19,0	19,8	19,0	19,8	19,0	19,5	19,0	19,6
bord översida				22,7								
bord undersida				20,6								
70	17,9	18,6	17,9	19,2	17,9	18,6	17,9	18,8	17,9	18,7	17,9	18,7
30	17,5	18,2	17,5	17,9	17,2	18,0	17,2	18,2	17,2	18,0	17,0	18,0
5	17,0	17,8	17,0	18,0	17,2	17,9	17,2	18,2	17,2	18,2	16,8	17,8
golv	20,1	21,1	20,8	18,7	20,9		20,8	21,6	19,9	21,5	19,9	

c. Element I-IV Tilluft = +10°C Ute = -5°C

Höjd över golv cm	med bord					
	a	b	c	d	e	f
245	23,8		23,8	23,8	23,9	24,0
220	22,2		22,2	22,2	22,2	22,2
190	21,0		21,0	21,2	21,2	21,2
130	19,4		19,8	19,8	19,8	19,8
bord översida		20,7				
bord undersida		19,9				
70	18,5	19,0	18,8	18,9	18,9	18,9
30	18,4	18,2	18,2	18,2	18,3	18,1
5	18,3		17,9	18,4	18,4	18,0
golv	20,1	18,7		21,0	20,7	

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
240	26,5	25,9	26,5		25,9	25,5	25,8	25,3	25,8	25,5	25,5	25,6
220	23,2	23,1	23,2		23,2	22,9	23,3	22,9	23,2	22,8	23,1	23,0
190	21,1	21,2	21,2		21,5	20,9	21,5	20,8	21,3	20,8	21,2	20,6
130	18,5	18,8	18,5		19,0	19,1	18,9	19,0	18,9	19,0	18,9	19,1
bord översida				21,1								
bord undersida				19,5								
70	17,1	17,7	17,3	18,1	17,4	17,6	17,4	17,8	17,4	17,6	17,4	17,8
30	16,7	17,1	16,7	17,0	16,5	16,9	17,0	17,0	16,8	17,0	16,5	16,8
5	16,1	16,6	16,1	16,8	16,5	16,9	17,3	17,4	17,0	17,4	16,3	16,9
golv	19,6	19,8	19,9	18,0	20,9		21,0	21,1	20,5	20,9	20,7	

e. Element I och II Tilluft = +5°C Ute = -22°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
240	26,0	24,3	25,9		24,8	23,8	24,8	23,8	23,9	23,0	23,7	22,9
220	23,7	22,5	23,6		22,9	22,3	22,8	22,3	22,3	21,9	22,1	21,8
190	21,6	21,0	21,6		21,3	20,9	21,1	21,1	20,8	20,7	20,7	20,7
130	19,0	19,1	19,0		19,1	19,3	19,1	19,3	18,9	19,3	18,9	19,3
bord översida				21,2								
bord undersida				20,3								
70	17,8	18,2	17,8	18,9	17,8	18,3	17,8	18,3	17,7	18,3	17,8	18,2
30	17,5	17,6	17,0	17,7	16,9	17,7	17,3	17,7	16,9	17,5	16,8	17,5
5	17,2	17,4	17,0		17,0	17,6	17,3	17,8	17,1	17,9	16,8	17,3
golv	20,4	20,3	20,8	18,9	21,1		21,1	21,1	20,1	20,8	20,0	

u.b. = utan bord m.b. = med bord

f. Element I-IV Tilluft = +5°C Ute = -5°C

Höjd över golv cm	med bord					
	a	b	c	d	e	f
240	24,0		23,8	23,8	23,9	24,0
220	22,1		22,2	22,1	20,9	21,0
190	21,0		21,0	21,0	21,1	20,9
130	19,2		19,5	19,4	19,6	19,5
bord översida		20,5				
bord undersida		19,7				
70	18,5	18,5	18,3	18,5	18,6	18,5
30	17,9	17,8	17,8	18,0	17,9	17,6
5	18,0		17,3	18,0	18,0	17,5
golv	20,1	18,7		21,0	21,0	

a. Element I-IV Tilluft = +15°C Ute = -23°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	23,3	23,9	23,5		23,5	23,9	23,5	23,8	23,7	24,1	23,8	24,3
220	21,3	21,3	21,3		21,6	21,8	21,4	21,9	21,2	21,4	21,4	21,8
190	20,6	20,8	20,6		20,8	21,1	20,6	20,9	20,3	20,8	20,9	21,0
130	19,7	19,8	19,7		19,7	20,1	19,7	19,8	19,7	19,8	19,7	19,8
bord översida				22,1								
bord undersida				20,6								
70	19,5	19,7	19,5	19,6	19,5	19,8	19,6	19,8	19,5	19,8	19,5	19,6
30	19,1	19,4	19,1	18,9	19,2	19,5	19,3	19,8	19,5	20,1	19,4	20,1
5	18,9	19,1	19,5		19,5	19,5	19,8	19,8	20,1	20,1	20,0	20,1
golv	21,3	21,0	21,8	19,1	22,4		22,5	22,0	22,3	22,1	22,6	

b. Element I och II Tilluft = +15°C Ute = -20°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	24,1	24,0	24,0		23,3	23,4	23,5	23,4	22,5	22,5	22,8	22,5
220	22,0	22,0	22,0		21,9	21,8	21,8	21,8	21,2	21,1	21,0	21,1
190	21,3	21,2	21,3		21,1	21,1	21,0	21,0	20,5	20,5	20,7	20,8
130	20,0	20,1	20,1		20,1	20,1	20,0	20,1	19,8	19,9	20,0	20,0
bord översida				22,1								
bord undersida				20,5								
70	20,0	20,1	19,9	20,4	19,9	20,1	20,0	20,0	19,6	19,9	20,0	20,0
30	19,9	19,9	19,5	19,6	19,5	19,8	19,7	19,9	19,9	20,1	20,1	20,0
5	19,5	19,8	19,9		19,9	20,1	20,1	20,1	20,2	20,6	20,3	20,5
golv	22,0	22,1	22,6	19,8	22,5		22,6	22,5	21,9	21,9	21,9	

c. Element I-IV Tilluft = +15°C Ute = -5°C

Höjd över golv cm	Med bord					
	a	b	c	d	e	f
245	22,8		22,8	22,9	22,9	23,0
220	21,4		21,5	21,5	21,2	21,5
190	21,2		21,1	20,9	20,9	21,1
130	20,2		20,3	20,2	20,2	20,3
bord översida		20,7				
bord undersida		21,1				
70	20,1	20,3	20,2	20,2	20,2	20,1
30	19,9	19,9	20,0	19,9	20,2	20,1
5	20,1		20,4	20,4	20,6	20,6
golv	21,5	20,6		22,3	22,4	

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	26,8	27,1	27,1		26,8	27,1	27,0	27,1	27,1	27,1	27,1	27,1
220	22,1	22,7	22,6		22,8	23,0	22,7	23,0	22,4	22,8	22,9	23,0
190	20,7	21,1	20,9		21,2	21,2	21,2	21,3	21,0	21,1	21,2	21,2
130	19,5		19,9		19,9		19,8		19,5		19,5	
bord översida				22,9								
bord undersida				21,3								
70	18,8	19,9	19,0	19,5	19,1	20,1	19,1	20,1	19,2	19,5	19,0	19,5
30	18,3	19,3	18,5	18,4	18,5	19,3	18,8	19,3	19,0	19,3	18,8	19,0
5	17,0	18,3	17,6	18,3	18,7	18,9	19,1	19,1	19,2	19,1	19,0	18,9
golv	21,8	21,0	22,1	19,8	23,1		23,0	23,0	23,0	22,9	23,1	

e. Element I och II Tilluft = +10°C Ute = -21 à 23°C

Höjd över golv cm	a		b		c		d		e		f	
	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.	u.b.	m.b.
245	26,8	26,8	26,5		25,5	25,5	25,4	25,8	24,0	22,0	24,0	21,9
220	22,9	22,7	23,1		22,6	22,5	22,6	22,7	21,9	21,9	21,7	21,9
190	21,8	21,4	21,8		21,4	21,1	21,1	21,1	20,5	20,3	20,9	20,5
130	19,9	19,8	20,0		19,9	19,8	19,8	19,8	19,6	19,7	19,7	19,7
bord översida				24,5								
bord undersida				22,1								
70	19,6	19,6	19,6	20,0	19,6	19,5	19,6	19,7	19,3	19,6	19,2	19,5
30	19,1	18,9	18,9	18,9	18,9	19,1	19,1	19,1	19,3	19,5	19,1	19,4
5	19,1	18,8	19,3	18,8	19,3	19,2	19,5	19,3	19,8	19,8	19,5	19,8
golv	22,9	23,0	23,3	20,5	23,1		23,1	23,5	22,0	22,2	22,1	

u.b. = utan bord m.b. = med bord

f. Element I-IV Tilluft = +10°C Ute = -5°C

Höjd över golv cm	med bord					
	a	b	c	d	e	f
245	24,2		24,2	24,0	24,2	24,1
220	21,8		21,9	22,0	21,9	21,9
190	20,8		21,2	20,9	20,7	21,1
130	19,7		20,0	19,7	19,6	19,7
bord översida		22,1				
bord undersida		21,0				
70	19,6	19,7	19,7	19,5	19,5	19,4
30	19,0	19,0	19,1	19,2	19,4	19,3
5	19,2		19,6	19,6	19,9	19,8
golv	21,2	19,3		22,3	22,3	







**R12:1971**

**Denna rapport avser anslag nr D 18 från Statens råd för  
byggnadsforskning till Bo Adamson, Lund och Hans Ronge  
Göteborg**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84, Stockholm  
Abonnemangsgrupp: i (installation)**

**Pris: 11 kronor**