

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 4

UNDERSØGELSER OVER
BETYDNINGEN AF GULVOPVARMNING
FOR BEHAGELIGHEDSFORNEMMELSER OG
FODTEMPERATURER

AF

MARIUS NIELSEN

(Universitetets zoofysiologiske Laboratorium)

LABORATORIET FOR TEKNISK HYGIENE
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE

KØBENHAVN

1948

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 4

UNDERSØGELSER OVER
BETYDNINGEN AF GULVOPVARMNING
FOR BEHAGELIGHEDSFØRNEMLER OG
FODTEMPERATURER

AF

MARIUS NIELSEN

(Universitetets zoofysiologiske Laboratorium)

KØBENHAVN

1948

Boligopvarmningsudvalgets Medlemmer
Members of the committee for the study of domestic heating.

Professor, dr. phil. August Krogh (formand),
Afdelingsingeniør Otto Juel Jørgensen (sekretær),
Professor F. C. Becker,
Overingeniør Carl Bruun,
Læge Sven Christiansen,
Civilingeniør J. Falck,
Direktør, Civilingeniør Gunnar Gregersen,
Vicedirektør, Civilingeniør P. Hempel,
Overlæge, Dr. phil. O. M. Henriques,
Professor E. S. Johansen,
Arkitekt Mogens Koch,
Civilingeniør A. von der Lieth,
Professor J. L. Mansa,
Direktør Niels Pedersen,
Overingeniør Carl U. Simonsen.

CONTRIBUTION NUMBER 4 FROM THE COMMITTEE FOR
THE STUDY OF DOMESTIC HEATING, COPENHAGEN

ON THE IMPORTANCE OF
HEATING OF FLOORS FOR THE SENSATION
OF COMFORT AND THE TEMPERATURES
OF THE LOWER EXTREMITIES

BY

MARIUS NIELSEN

(Zoophysiological laboratory, University of Copenhagen)

COPENHAGEN

1948

Boligopvarmningsudvalget har i sin Tid overdraget Universitetets Zoofysiologiske Laboratorium det i denne Beretning omhandlede Forsøgsarbejde, som er udført af Dr. phil. *Marius Nielsen*.

Herved indstiller jeg, at denne Beretning bliver offentliggjort som et Led i Boligopvarmningsudvalgets Publikationer.

The Committee for the Study of Domestic Heating entrusted the Zoophysiological Laboratory of the University of Copenhagen with the performance of the experimental work dealt with in this report. The work was carried out by *Marius Nielsen*, Ph. D.

I hereby recommend that the report is included among the publications of the Committee.

August Krogh.

Boligopvarmningsudvalget ønsker at offentliggøre denne Beretning. Forfatteren er ansvarlig for Beretningens Resultater og Konklusioner.

The Committee for the Study of Domestic Heating has found it desirable to publish this report, the results and conclusions of which are given on the author's responsibility.

August Krogh
Formand.

Carl Bruun

Sven Christiansen

J. Falck

Gunnar Gregersen

P. Hempel

O. M. Henriques

E. S. Johansen

Otto Juel Jørgensen

Mogens Koch

A. von der Lieth

J. L. Mansa

Niels Pedersen

Carl U. Simonsen

Ovenstaaende er ikke tiltraadt af Professor *F. C. Becker*. Der henvises til Bemærkningerne Side 28.

I en tidligere Undersøgelse (Meddelelse Nr. 3 fra Boligopvarmningsudvalget) er det paavist, at den væsentligste fysiologiske Reaktion som Følge af utilstrækkelig Opvarmning, ved hvilken Omgivelserne føles ubehageligt kolde, bestaar i en stærk Afkøling af Ekstremiteterne, navnlig af Fødderne, hvorimod Kroppen iøvrigt kun paavirkes i ringe Grad. Selv i Omgivelser, der ikke føles ubehageligt kolde, kan Føddernes Temperatur, særligt hos unge Kvinder, ved længere Tids stillesiddende Beskæftigelse blive overordentlig lav. Der foreligger da den Mulighed, at en Opvarmning af Gulvet (eventuelt kombineret med anden Form for Opvarmning) vil paavirke Underekstremiteternes Temperatur samt Behagelighedsfølelserne i gunstig Retning og derved muligvis betinge en baade sundere og mere økonomisk Form for Opvarmning end den sædvanlige, hvor Gulvtemperaturen i Almindelighed er forholdsvis lav. I det foreliggende Arbejde er dette Spørgsmaal taget op til Undersøgelse.

Forsøgene er udført i Boligopvarmningsudvalgets Forsøgsrum paa Teknologisk Institut. (Se Meddelelse Nr. 2 og Nr. 3 fra Boligopvarmningsudvalget). Gulvopvarmningen blev foretaget ved Hjælp af elektriske Varmeplader, der blev lagt paa et Underlag af 5 mm Asbest, og Varmepladerne blev dækket med Asbest af 1 mm Tykkelse. Foruden gennem Gulvvarmepladerne blev Forsøgsrummet tilført Varme gennem en Radiator. Maaling af Gulvtemperaturen blev foretaget ved Hjælp af 2 Termoelementer anbragt oven paa Asbesten paa en Linie gennem Midten af Forsøgsrummet. De fremtidige Angivelser af Gulvtemperaturen er Middeltallet af disse to Maalinger. Et Kontrollforsøg, der blev foretaget uden Forsøgspersoner i Forsøgsrummet, viste, at Gulvtemperaturen paa den ene Fp.'s Plads var praktisk talt lig med og paa den anden Fp.'s Plads (nærmest Døren) 1,5—2° lavere end Middeltallet fra Maalingerne med de to nævnte Termoe-

elementer. Gulvets Middeltemperatur var i Kontrollforsøget ca. 31°, hvad der er lidt højere end den højeste Gulvtemperatur fra Forsøgene med Fpr. i Forsøgsrummet. Foruden Gulvtemperaturen blev der i alle Forsøgene foretaget Maalinger af Væggenes og Loftets Overfladetemperaturer samt af Lufttemperaturen i 4 forskellige Højder over Gulvet. Endvidere blev Opvarmnings-tilstanden som i de tidligere Undersøgelser bestemt ved Hjælp af Varmeafgivelsen fra Maailetermostaten J. H. (se Meddelelse Nr. 2 og Nr. 3 fra Boligopvarmningsudvalget).

Som Fpr. blev anvendt to unge Mænd, I.S. og K.L., samt to unge Kvinder, V.L. og G.L. Alle 4 Fpr. har medvirket ved de tidligere Undersøgelser (Meddelelse Nr. 3), og Paaklædningen var i det væsentlige uforandret. Der blev foretaget Bestemmelser af Hudtemperaturen paa begge Fødder, samt paa Knæ, Ryg og Bryst ved Hjælp af *Krogh's* Mikroklimatografer, og endvidere blev Rectaltemperaturen bestemt ved Begyndelsen og Slutningen af hvert Forsøg. Bestemmelse af Behagelighedsfønmelserne blev foretaget ved Hjælp af den tidligere anvendte Behagelighedsskala:

1. Meget ubehageligt varmt.
2. Ubehageligt varmt.
3. Ikke ubehageligt varmt.
4. Indifferent.
5. Ikke ubehageligt koldt.
6. Ubehageligt koldt.
7. Meget ubehageligt koldt.

Forsøgsrutinen var den samme som i de tidligere Undersøgelser (se Meddelelse Nr. 3). Her skal blot nævnes, at der blev undersøgt 2 Fpr. ad Gangen, at Forsøgsperiodernes Længde var 3 Timer og 40 Minutter, og at almindelig stillesiddende Beskæftigelse som Læsning og Skrivning var tilladt for Fpr., men at al Samtale om Behagelighedsfønmelser og Opvarmningstilstand var forbudt.

Der blev udført 2 Forsøgsrækker; i den ene var tilstræbt et Temperaturniveau svarende til behageligt varme og i den anden et Temperaturniveau svarende til ubehageligt til ikke ubehageligt kolde Omgivelser. Gulvtemperaturen blev varieret betydeligt i begge Forsøgsrækker, og samtidigt blev Varmetilførselen fra Radiatoren reguleret saaledes, at Omgivelsernes samlede kaloriske Indflydelse paa Forsøgspersonerne saa vidt muligt blev

holdt konstant. Som Udtryk for Opvarmningstilstandens totale kaloriske Indflydelse paa Mennesket vil der i det følgende blive anvendt Betegnelsen den totale fysiologiske Kalorievirkning eller blot Kalorievirkningen, der i nogen Grad svarer til den af *Gagge, Winslow og Herrington (1938)* anvendte Betegnelse *calorie demand*, hvorved forstaas Menneskets Varmeafgivelse ved Konvektion + Straaling under de givne Betingelser. Som det er omtalt i Meddelelse Nr. 3, har Opvarmningstilstanden for almindelige Boligopvarmningsforhold i det væsentlige kun Indflydelse paa Mennesket gennem en Paavirkning af dets Varmeafgivelse ved Konvektion + Straaling.

En Opvarmningstilstands *totale fysiologiske Kalorievirkning* (i det følgende ofte blot betegnet som *Kalorievirkning*) skal her defineres som den totale Varmeafgivelse ved Konvektion + Straaling, der ved den paagældende Opvarmningstilstand finder Sted fra et Standardmenneske (bestemt Størrelse, Form, Beklædning og hvilende i en bestemt Legemsstilling) med en konstant Hudtemperatur svarende til behageligt varme Omgivelser. Saaledes defineret vil Kalorievirkningen være lig med den Varmeafgivelse ved Konvektion + Straaling, der finder Sted fra Mennesket i første Øjeblik, det (kommende fra de behageligt varme Omgivelser) udsættes for en given Opvarmningstilstand. At det er mest hensigtsmæssigt at definere den totale fysiologiske Kalorievirkning paa den nævnte Maade, fremgaar af, at Middelhudtemperaturen og dermed Varmeafgivelsen ved Konvektion + Straaling hos et hvilende Menneske i kolde Omgivelser er aftagende igennem flere Timer, og denne Aftagen af Middelhudtemperaturen er efter nyere amerikanske Undersøgelser (*Hardy og Du Bois 1937 og Gagge, Winslow og Herrington 1938*) væsentligst rent fysisk og kun i mindre Grad regulatorisk betinget.

Selvom den totale fysiologiske Kalorievirkning er konstant, kan der meget vel være Forskel paa Opvarmningstilstanden i Relation til Mennesket. Dette kan være Tilfældet, dersom Størrelsen af Luftbevægelsen eller Omgivelsernes Straalings- og Lufttemperaturer er forskelligt fordelt. F. Eks. er der naturligvis i de foreliggende Forsøg paa Grund af Variationer i Gulvtemperaturen Forskelle i Opvarmningstilstanden til Trods for, at den totale fysiologiske Kalorievirkning er holdt konstant. Selvom Opvarmningstilstanden saaledes ikke altid kan bestemmes alene ved den totale fysiologiske Kalorievirkning, er Kendskabet til denne Størrelse dog, som det bl. a. vil fremgaa af det følgende, af over-

ordentlig stor Betydning for Vurderingen af Omgivelsernes varmemæssige Indflydelse paa Mennesket. Kalorievirkningen er i de foreliggende Undersøgelser bestemt ved Hjælp af Varmeafgiften fra Maaaletermostaten J. H. (se Meddelelse Nr. 2 og 3), hvis Visning netop — saavidt dette er muligt for et teknisk Maaaleapparat — svarer til den totale Varmeafgivelse ved Konvektion + Straaling fra et Menneske med en Middelhudtemperatur paa 33.4°.

Tabel 1 (Table 1).
Temperaturfordelingen i Forsøgsrummet.
Temperature distribution in the experimental room.

		Kalorie- virkn. Cal/T. (Calorie demand Cal/hr)	Gulv Temp. (Floor temp.)	Lufttemp. i forskellig Højde over Gulvet				T _L	T _{vi}
				Air temp. in different levels above the floor, viz.:					
				5 cm	70 cm	140 cm	200 cm		
I.	20/1	58,3	19,1	19,4	21,5	22,6	22,8	21,6	20,15
	3/2	58,7	24,3	20,3	21,1	21,7	21,9	21,25	18,6
	2/2	58,9	29,7	22,0	21,0	21,0	21,3	21,3	17,95
II.	24/2	81,4	14,9	14,9	16,6	17,7	18,1	16,8	14,95
	11/2	81,2	18,2	15,9	16,3	16,8	17,2	16,55	14,15
	10/2	81,2	21,5	16,1	16,0	16,5	16,5	16,3	13,75

Tabel 1 viser Eksempler paa Temperaturfordelingen i Forsøgsrummet i de to udførte Forsøgsrækker (I og II). Som det fremgaar af Tabellen, er Kalorievirkningen (maalt ved Varmeafgiften fra J. H.) konstant i begge Forsøgsrækker. I Forsøgsrække I er Gulvtemperaturen varieret mellem 19.1° (uopvarmet Gulv) og 29.7°, altsaa en Variation paa 10.8°, og i Forsøgsrække II mellem 14.9° (uopvarmet Gulv) og 21.5°, altsaa en Variation paa 6.6°. I Forsøgsrække II var det ikke muligt med den anvendte Forsøgsanordning at opnaa saa stor en Variation i Gulvtemperaturen som i Forsøgsrække I og dog holde Kalorievirkningen konstant. Som det fremgaar af Tabellen paavirkes ogsaa Lufttemperaturen af Gulvopvarmningen. Ved den kraftigste Gulvopvarmning (Gulvtemperatur 29.7°) er Lufttemperaturen nærmest Gulvet den højeste af de maalte Lufttemperaturer, hvorimod Lufttemperaturen i For-

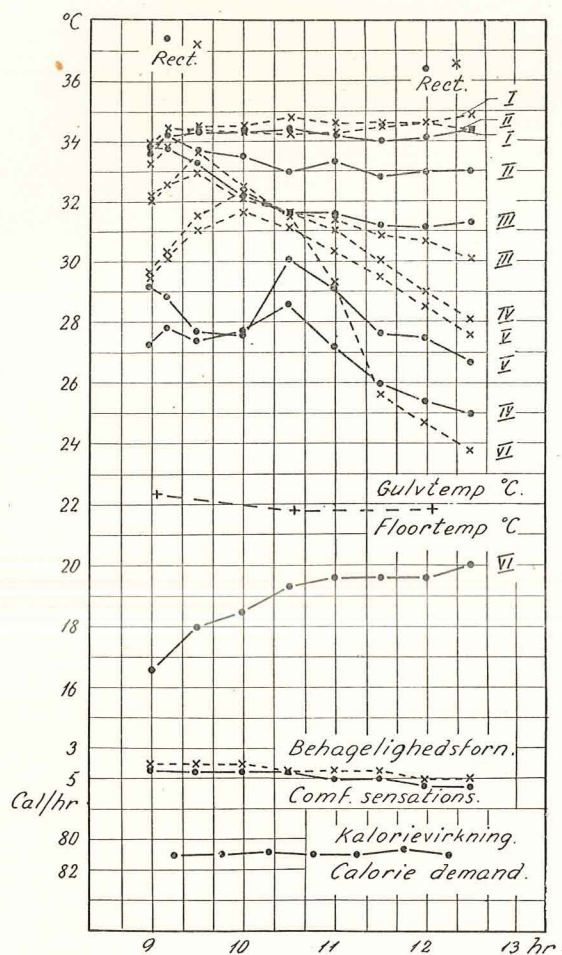


Fig. 1. Enkeltforsøg paa Fp. I. S. × --- × og Fp. K. L. ● ●
 Single experiment on subject I. S. × --- × and subject K. L. ● ●

Hudtemperatur paa:

- I Bryst
- II Ryg
- III Knæ
- IV Venstre Ankel
- V Højre Ankel
- VI Store Taa

Skin temperature on:

- Breast
- Back
- Knee
- Left ankle
- Right ankle
- Big Toe

søget med uopvarmet Gulv er stadig aftagende nedad mod Gulvet. Paavirkningen af Lufttemperaturen er dog ret ringe, idet en Stigning i Gulvtemperaturen paa 10.6° (Forsøgsrække I) kun medfører en Stigning paa 2.6° og en Gulvtemperaturstigning

paa 6.6° (Forsøgsrække II) en Stigning paa 1.2° i Lufttemperaturen 5 cm over Gulvet. Det ses endvidere af Tabel 1, at Middellufttemperaturen (T_L) og Middeltemperaturen af Vægge og Loft (T_{vl}) for Opretholdelsen af konstant Kalorievirkning begge er aftagende ved stigende Gulvtemperatur.

Fig. 1 viser et Eksempel paa et Enkeltforsøg fra Forsøgsrække II (kølige Omgivelser) udført paa de mandlige Fpr. I. S. og K. L. Man ser, at Behagelighedsfølelserne i Løbet af Forsøget er aftagende i Retning af „ubehageligt koldt“. Fodtemperaturerne er stærkt faldende og Knætemperaturerne noget mindre stærkt faldende, hvorimod Kropstemperaturerne holder sig praktisk talt konstant. Temperaturen paa Storetaen, der ogsaa er maalt (ter-

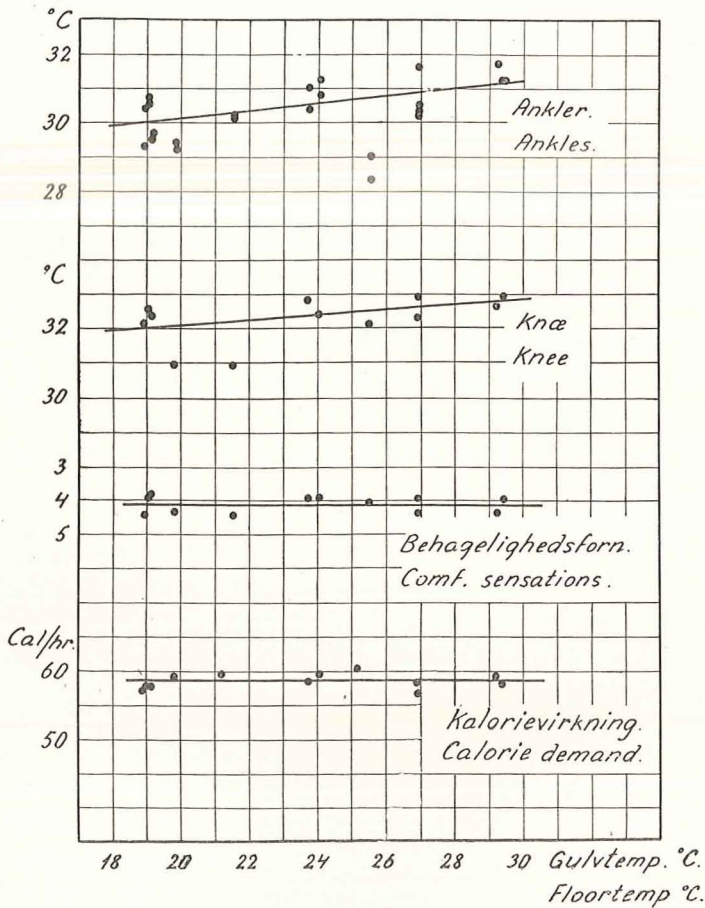


Fig. 2. Forsøgsrække I. Ung mandlig Fp. I. S.
Series of experiments I. Young male subject I. S.

moelektrisk) i dette Forsøg, er meget forskellig hos de to Fpr., idet den hos den ene Fp. begynder ved en ret høj Værdi, men falder overordentlig stærkt i Løbet af Forsøget, og hos den anden begynder ved en yderst lav Værdi og til Gengæld stiger under hele Forsøget uden dog at naa en Værdi, der svarer til

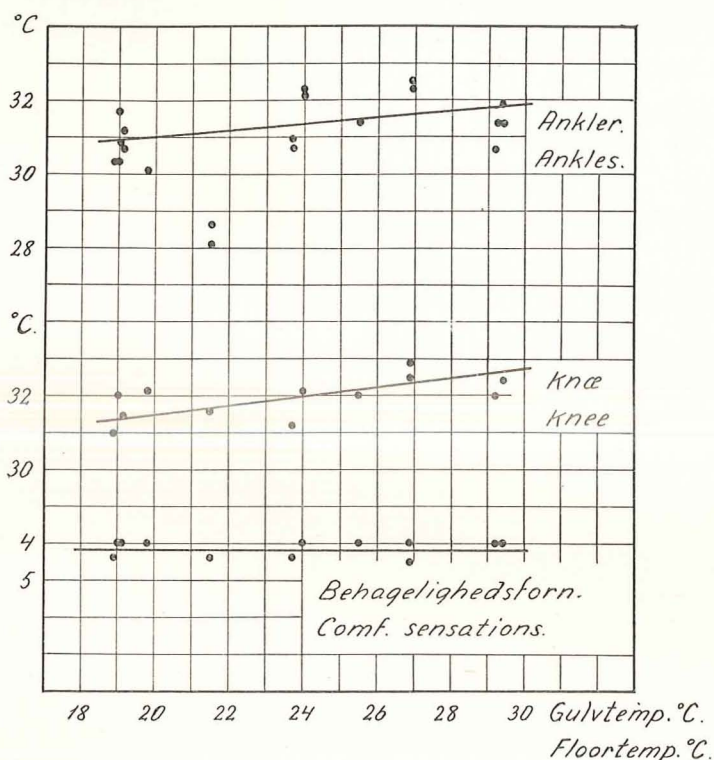


Fig. 3. Forsøgsrække I. Ung mandlig Fp. K. L.
Series of experiments I. Young male subject K. L.

Gulvtemperaturen, 21.5°, der er den højeste Gulvtemperatur i Forsøgsrække II.

Fig. 2, 3, 4 og 5 viser en Oversigt over Bestemmelserne af Hudtemperatur paa Ankler og Knæ samt af Behagelighedsfølelser og Kalorievirkning fra Forsøgsrække I afsat i Relation til Gulvtemperaturen. Hudtemperaturerne i Fig. 2—5 svarer til de sidste Bestemmelser i Forsøgsperioderne og Behagelighedsfølelserne til Gennemsnittet af de 4 sidste Angivelser. De to mandlige Fpr. I. S. og K. L. blev undersøgt samtidigt, og Kurven for Kalorievirkningen (Fig. 2) gælder for Forsøgene med begge

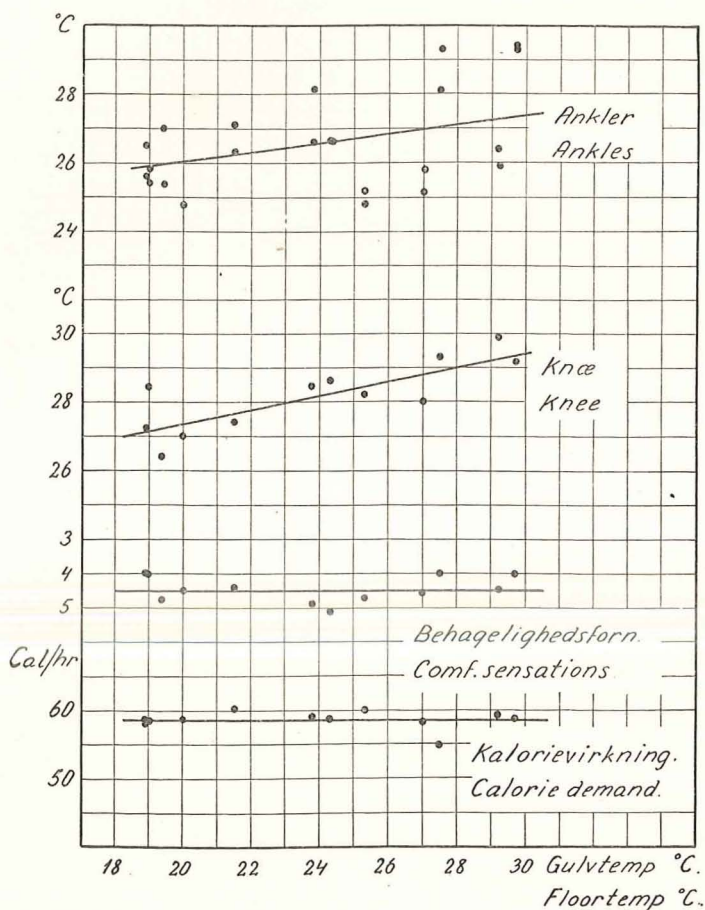


Fig. 4. Forsøgsrække I. Ung kvindelig Fp. V. L.
Series of experiments I. Young female subject V. L.

disse Fpr. Paa tilsvarende Maade gælder Kurven for Kalorievirkningen i Fig. 4 for begge de kvindelige Fpr. V. L. og G. L. Figurerne viser, at Hudtemperaturen paa Ankler og Knæ hos alle 4 Fpr. er svagt stigende ved stigende Gulvtemperatur, men Stigningen er meget ringe sammenlignet med Stigningen i Gulvtemperaturen. Hos de kvindelige Fpr. er Ankeltemperaturen, som ogsaa tidligere paavist (Meddelelse 3), væsentlig lavere end hos de mandlige Fpr. og naar ved den højeste Gulvtemperatur (29.7°), en Værdi, som kun er lig med eller endog lavere end Gulvtemperaturen. Ogsaa Knætemperaturen er hos de unge Kvinder væsentligt lavere end hos de mandlige Fpr. Hos Fp. G. L. er den ved den højeste Gulvtemperatur lavere end saavel Gulvtempe-

raturen som Ankeltemperaturen. Behagelighedsfønelmelserne er hos alle 4 Fpr. upaavirket af Gulvopvarmningen. Der er kun ringe Forskel paa Angivelserne hos de to Køn, idet begge de mandlige Fpr.'s gennemsnitlige Angivelse er 4.2 og begge de kvindelige Fpr.'s gennemsnitlige Angivelse ca. 4.5 (midt imellem optimal Behagelighed og ikke ubehageligt koldt). Dette svarer meget nær til Angivelserne i de tidligere Undersøgelser (Meddelelse 3, Tabel 5) ved tilsvarende Kalorievirkning. Figurerne viser endvi

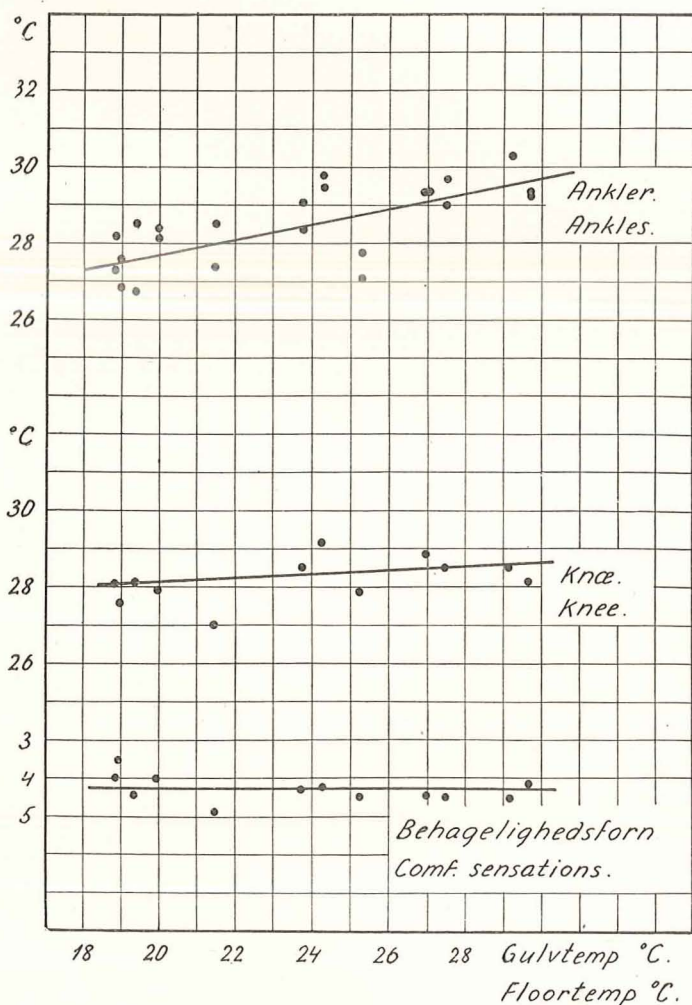


Fig. 5. Forsøgsrække I. Ung kvindelig Fp. G.L.
Series of experiments I. Young female subject G.L.

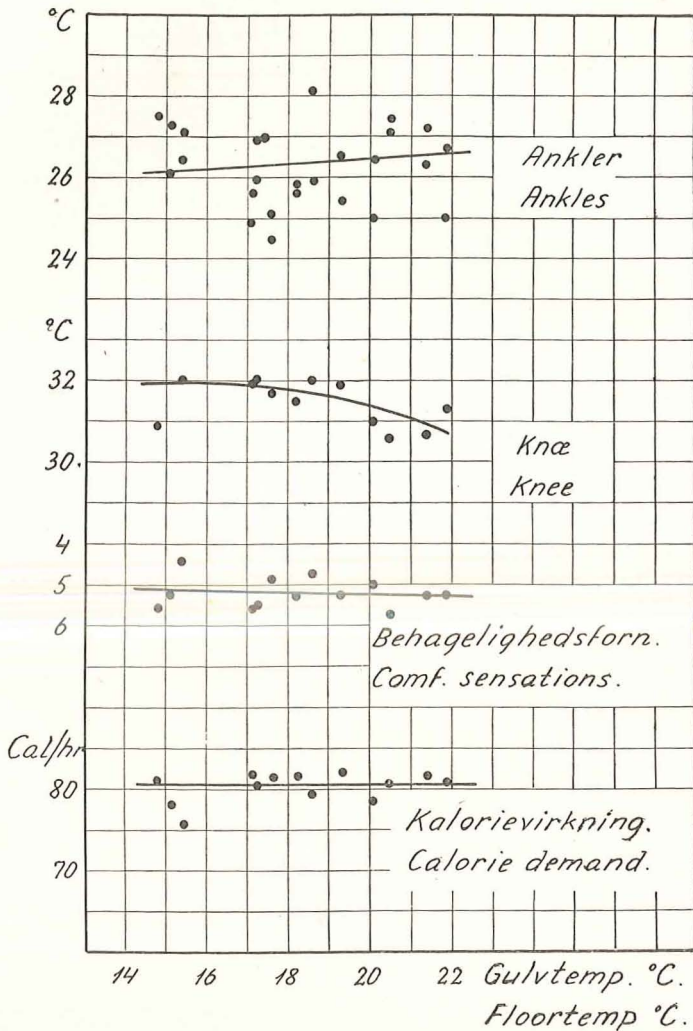


Fig. 6. Forsøgsrække II. Ung mandlig Fp. I. S.
Series of experiments II. Young male subject I. S.

dere, at Kalorievirkningen inden for hele det undersøgte Omraade er holdt konstant uafhængigt af Gulvtemperaturen.

Fig. 6, 7, 8 og 9 viser en Oversigt over Forsøgsresultaterne fra Forsøgene i Forsøgsrække II, hvor Kalorievirkningen er 80.5 Cal/Time. Ogsaa her er Kalorievirkningen, som Figurerne viser, holdt konstant inden for hele det undersøgte Omraade. Hudtemperaturerne viser en større Spredning end i Forsøgsrække I, men Stigningen ved stigende Gulvtemperatur er mindre. Knætempera-

turerne er endog helt upaavirket af Gulvtemperaturen eller viser et mindre Fald (Fp. I. S.). Behagelighedsangivelserne er enten upaavirket eller viser ved stigende Gulvtemperatur en ringe Ændring (Fp. G. L.) i Retning af mere og mere ubehageligt koldt. De kvindelige Fpr. angiver i Forsøgsrække II Forsøgsrummet væsentligt koldere (gennemsnitlig 6.1 og 6.2 ved uopvarmet Gulv) end de mandlige Fpr. (5.0 og 5.1). Ogsaa disse Angivelser svarer meget nøje til Resultaterne fra de tidligere Undersøgelser (Meddelelse 3, Tabel 5).

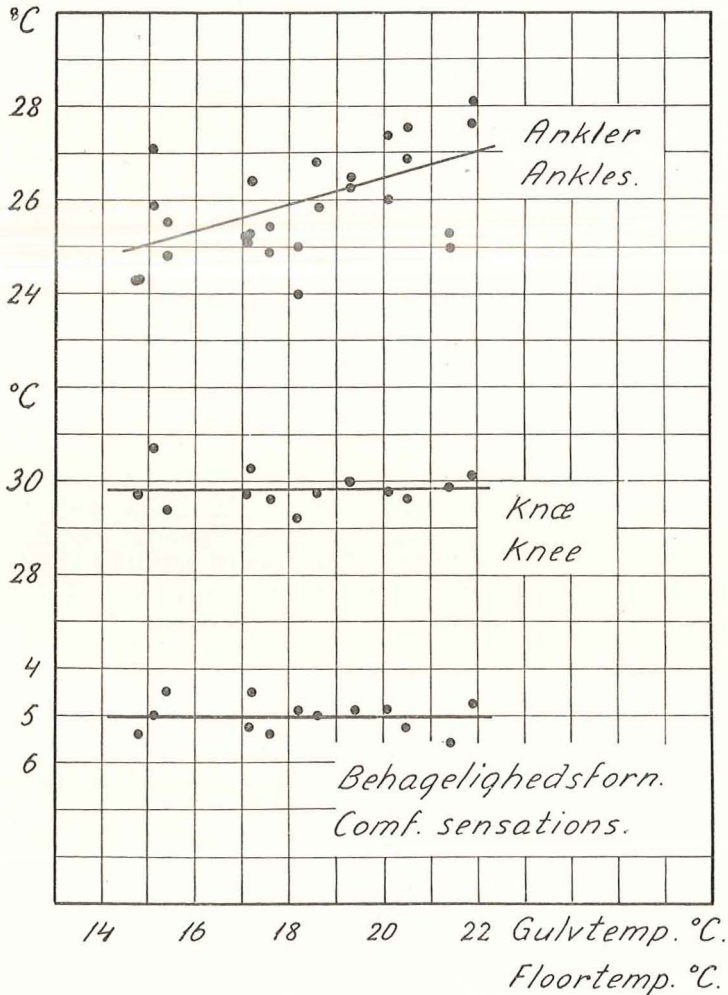


Fig. 7. Forsøgsrække II. Ung mandlig Fp. K. L.
Series of experiments II. Young male subject K. L.

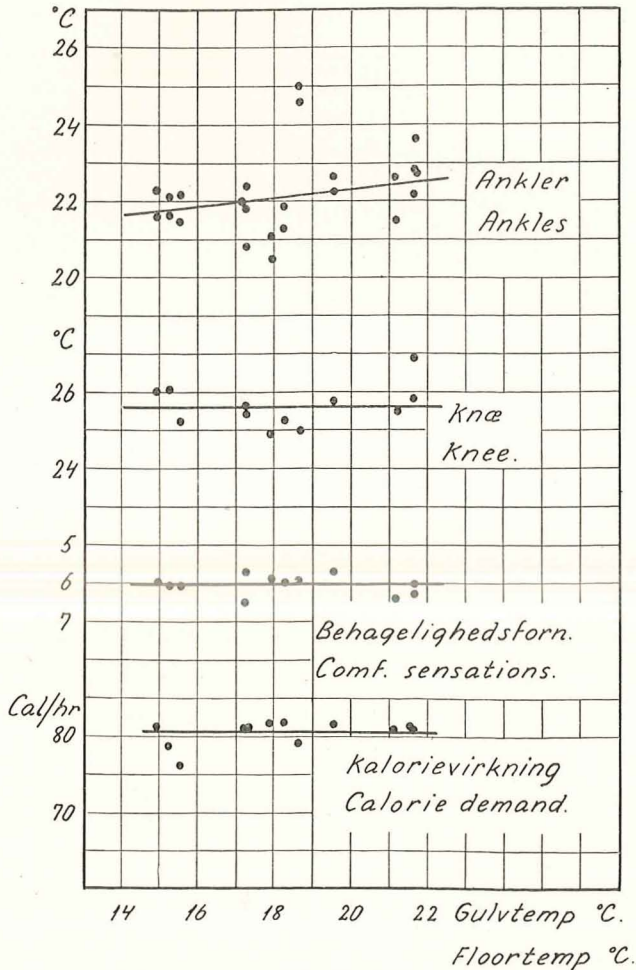


Fig. 8. Forsøgsrække II. Ung kvindelig Fp. V.L.
Series of experiments II. Young female subject V.L.

Tabel 2 viser en Oversigt over Hudtemperaturændringen paa Ankler og Knæ i Forsøgsrækkerne I og II for hele det undersøgte Gulvtemperaturomraade. Værdierne i Tabel 2 er aflæst ved Hjælp af Kurveværdierne i Fig. 2—9. Som det fremgaar af Tabellen, udgør Hudtemperaturstigningen paa Anklerne i Forsøgsrække I for en Gulvtemperaturstigning paa 10.8° gennemsnitlig kun 1.4° og paa Knæene 1.2° . I Forsøgsrække II stiger Ankeltemperaturen gennemsnitligt kun 0.75° for en Gulvtemperaturstigning paa 7° , og Knætemperaturen er som allerede omtalt praktisk talt upaavirket af Gulvtemperaturen. Sammenlig-

ner man derimod Ankeltemperaturerne i Forsøgsrække I og Forsøgsrække II, ser man, at en Forøgelse af den totale fysiologiske Kalorievirkning paa 20 Cal/Time (fra 58.5 Cal/Time til 80.5 Cal/Time), svarende til et Fald i „Rumtemperaturen“ ved uopvarmet Gulv (sml. Fig. 2, Meddelelse 3) paa kun 4° , bevirker et gennemsnitligt Fald i Ankeltemperaturen paa 4.3° ved uopvarmet Gulv og paa 5° ved den kraftigste Gulvopvarmning.

En mere fuldstændig Sammenligning mellem Gulvtemperaturens og Kalorievirkningens Indvirkning paa Ankeltemperaturen kan opnaas ved Hjælp af Forsøgsresultaterne fra de tidligere Undersøgelser. En saadan Sammenligning er foretaget i Tabel 3,

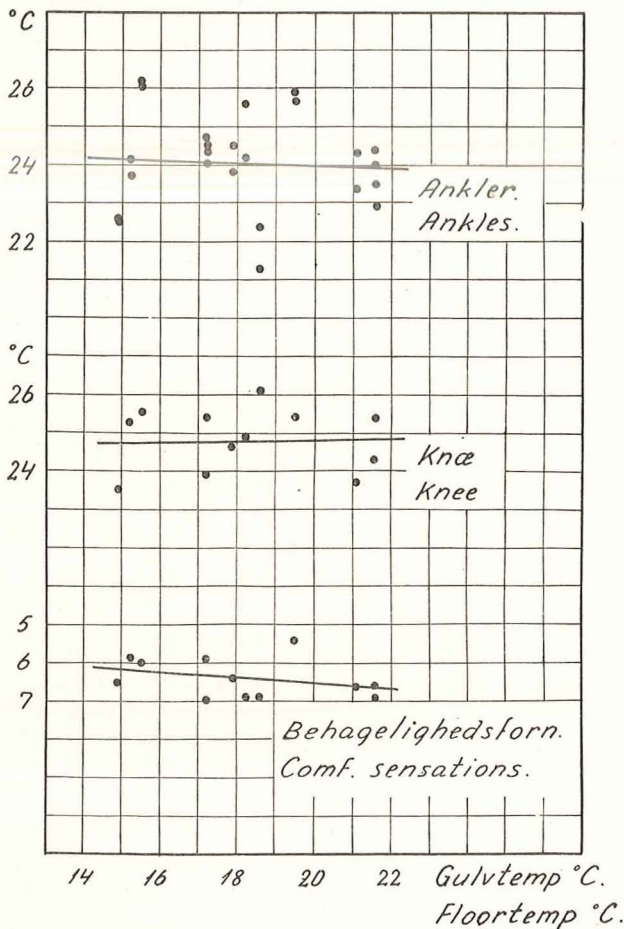


Fig. 9. Forsøgsrække II. Ung kvindelig Fp. G.L.
Series of experiments II. Young female subject G.L.

Tabel 2 (Table 2).
Hudtemperaturændring for det undersøgte Gulvtemperaturomraade.
Skintemperature change for the range of floor temperatures studied.

	Ankel (Ankle)			Knæ (Knee)		
Gulvtemperatur (Floor temperature)	18,9	29,7	+ 10,8	18,9	29,7	+ 10,8
Forsøgsrække I (Series of exp. I) I. S.....	30,0	31,2	+ 1,2	32,0	32,8	+ 0,8
Kalorievirkning 58.5 Cal/Time K. L.....	30,9	31,8	+ 0,9	31,4	32,7	+ 1,3
(Calorie demand 58.5 Cal/hour) V. L.....	25,9	27,3	+ 1,4	27,1	29,4	+ 2,3
G. L.....	27,5	29,7	+ 2,2	28,1	28,7	+ 0,6
	28,6	30,0	+ 1,4	29,7	30,9	+ 1,2
Gulvtemperatur (Floor temperature)	14,9	21,9	+ 7,0	14,9	21,9	+ 7,0
Forsøgsrække II (Series of exp. II) I. S.....	26,1	26,6	+ 0,5	31,9	30,7	- 1,2
Kalorievirkning 80.5 Cal/Time K. L.....	25,1	27,0	+ 1,9	29,8	29,8	0
(Calorie demand 80.5 Cal/hour) V. L.....	21,7	22,5	+ 0,8	25,6	25,6	0
G. L.....	24,1	23,9	- 0,2	24,7	24,9	+ 0,2
	24,25	25,0	+ 0,75	28,0	27,75	- 0,25

Tabel 3 (Table 3).
 Sammenligning mellem Gulvtemperaturens og Kalorievirkningens (og „Rumtemperaturens“) Indflydelse paa Ankeltemperaturen.

Comparison between the influence of the floor temperature and the calorie demand (and the “room temperature“) upon the ankle temperature.

	Ændring i Ankeltemp. ved en Stigning i Gulvtemp. paa 10° C. (Increase in ankle temp. per 10° C increase in floor temp.)	Ændring i Kalorievirkning og „Rumtemp.“, der bevirker samme Ændring i Ankeltemp. som 10° Stign. i Gulvtemp. (Change in calorie demand and “room temp.“ required for the same increase in ankle temp.)	
	°C.	Cal/Time (Cal/hour)	“Rumtemp.“ °C “Room temp.“ °C
Forsøgsrække I (Series of exp. I)			
I. S.	+ 1,1	- 3,0	+ 0,6
K. L.	+ 0,9	- 4,0	+ 0,8
58.5 Cal/Time (Cal/hour)			
V. L.	+ 1,3	- 4,5	+ 0,9
G. L.	+ 2,0	- 7,5	+ 1,5
	+ 1,3	- 4,8	+ 1,0
Forsøgsrække II (Series of exp. II)			
I. S.	+ 0,7	- 3,0	+ 0,6
K. L.	+ 2,7	- 15,0	+ 3,0
58.5 Cal/Time (Cal/hour)			
V. L.	+ 1,1	- 10,0	+ 2,0
G. L.	- 0,3	+ 1,5	- 0,3
	+ 1,05	- 6,6	+ 1,3

hvor Tallene til venstre i Tabellen, der er beregnet ved Hjælp af Forsøgsresultaterne i Tabel 2, angiver den Temperaturstigning, der finder Sted paa Anklerne ved en Stigning i Gulvtemperaturen paa 10° , medens Tallene i Tabellens højre Side angiver den Ændring i Kalorievirkning og den dertil svarende Ændring i „Rumtemperatur“, der kræves for at bevirke samme Temperaturstigning paa Anklerne, som bevirkes af en Gulvtemperaturestigning paa 10° . Ændringerne i Kalorievirkning i Tabel 3 er udmaalt ved Hjælp af Kurverne i Fig. 27 og 28, Meddelelse 3, der fremstiller Ankeltemperaturen i Relation til Kalorievirkningen hos de samme Fpr., som er anvendt ved de foreliggende Undersøgelser, og de til Ændringerne i Kalorievirkning svarende Ændringer i „Rumtemperatur“ er bestemt ved Hjælp af Fig. 2, Meddelelse 3. Som det fremgaar af Tabel 3 bevirker en Gulvtemperaturestigning paa 10° en Temperaturstigning paa Anklerne paa gennemsnitligt 1.3° i Forsøgsrække I og paa 1.05° i Forsøgsrække II. Samme Temperaturstigninger kan frembringes paa Anklerne ved en Formindskelse i Kalorievirkningen paa henholdsvis 4.8 Cal/Time og 6.6 Cal/Time, svarende til en Stigning i „Rumtemperaturen“ paa henholdsvis 1.0° og 1.3° . Den foretagne Sammenligning viser altsaa, at *Gulvtemperaturens Indflydelse paa Ankeltemperaturen er ubetydelig, sammenlignet med den totale Kalorievirknings Indflydelse*, og dette gælder, som det ogsaa fremgaar af Tabel 3, i endnu højere Grad ved middelvarme end ved kølige Omgivelser.

Som tidligere omtalt blev der ogsaa foretaget kontinuerlige Hudtemperaturmaalinger paa Bryst og Ryg samt Rectaltemperaturmaalinger ved Begyndelsen og Slutningen af Forsøgene. Ligesom for Ankel- og Knætemperaturernes Vedkommende (Fig. 2—9) er der tegnet Kurver, der fremstiller Relationen mellem Gulvtemperaturene og Bryst-, Ryg- og Rectaltemperaturerne fra Slutningen af Forsøgene. Værdierne fra disse Kurver, svarende til Forsøgene med uopvarmet Gulv samt til Forsøgene med den stærkeste Gulvopvarmning, er fremstillet i Tabel 4. Som det fremgaar af Tabellen, forekommer i enkelte Tilfælde et svagt Fald i Bryst- og Rygtemperaturerne ved stigende Gulvtemperatur, men i de fleste Tilfælde er Bryst- og Rygtemperaturerne ligesom Rectaltemperaturerne ganske upaavirket af Ændringen i Gulvtemperatur.

Tabel 4 (Table 4).

Hudtemperaturændring paa Bryst og Ryg samt Rectaltemperaturændring for det undersøgte Gulvtemperaturomraade.

(Skintemperature change on breast and back together with rectal temperature change for the range of floor temperatures studied).

	Bryst (Breast)			Ryg (Back)			Rectum		
Gulvtemp. (Floor temp.)	18,9	29,7	+ 10,8	18,9	29,7	+ 10,8	18,9	29,7	+ 10,8
Forsøgsrække I I. S.	34,9	34,5	- 0,4	34,1	33,3	- 0,8	36,6	36,6	0
(Series of exp. I) K. L.	35,0	35,0	0	34,6	34,6	0	36,6	36,6	0
Kalorievirkning 58.5 Cal/Time V. L.	35,1	35,0	- 0,1	33,0	33,0	0	37,2	37,0	- 0,2
(Calorie demand 58.5 Cal/hour) G. L.	35,6	34,8	- 0,8	31,4	31,4	0	37,3	37,3	0
			- 0,3			- 0,2			- 0,05
Gulvtemp. (Floor temp.)	14,9	21,9	+ 7,0	14,9	21,9	+ 7,0	14,9	21,9	+ 7,0
Forsøgsrække II I. S.	34,3	34,3	0	33,2	33,2	0	36,6	36,6	0
(Series of exp. II) K. L.	35,1	34,6	- 0,5	34,2	34,4	+ 0,2	36,7	36,7	0
Kalorievirkning 80.5 Cal/Time V. L.	34,2	34,0	- 0,2	31,1	31,0	- 0,1	37,2	37,2	0
(Calorie demand 80.5 Cal/hour) G. L.	34,5	34,5	0	29,9	29,7	- 0,2	37,3	37,3	0
			- 0,2			0			0

DISKUSSION

De foreliggende Forsøg har vist, at en betydelig Opvarmning af Gulvet kan frembringe en lille Stigning i Underkstremiteternes (Anklernes og Knæenes) Temperatur, som dog er ubetydelig sammenlignet med de Temperaturændringer, der kan fremkaldes ved mindre Ændringer i den totale fysiologiske Kalorievirkning. Endvidere har Forsøgene vist, at Gulvopvarmningen ved konstant Kalorievirkning er uden Indflydelse paa Forsøgspersonernes Behagelighedsfølelser. Den Temperaturstigning, der har fundet Sted paa Underkstremiteterne ved stigende Gulvtemperatur, har altsaa ikke været tilstrækkelig stor til, at den har paavirket Behagelighedsfølelserne i en saadan Grad, at det har kunnet paavises i de foreliggende Forsøg. Sammenlignes Ankeltemperaturstigningerne i Tabel 2 med Resultaterne fra de tidligere Undersøgelser (Meddelelse 3, Fig. 27 og 28 samt Fig. 10 og 11), vil man finde, at der til den gennemsnitlige maximale Ankeltemperaturstigning paa 1.4° (Tabel 1) svarer en Ændring i Behagelighedsfølelserne paa gennemsnitlig ca. 0.4 (i Behagelighedsskalaens Enheder) i de tidligere Forsøg. En saa lille Ændring kræver naturligvis et stort Antal Forsøg for at kunne paavises med Sikkerhed. Dertil kommer, at Ankeltemperaturstigningerne i de tidligere Undersøgelser er frembragt ved Formindskelse i den totale fysiologiske Kalorievirkning og derfor ledsaget af mindre Temperaturstigninger paa andre Hudomraader, især paa Overkstremiteterne, hvorimod Kalorievirkningen i de foreliggende Forsøg har været konstant og Ankeltemperaturstigningerne derfor muligvis ledsaget af mindre Temperaturfald andre Steder (Overkstremiteterne).

At den foretagne Gulvopvarmning har haft en saa ringe Indflydelse paa Føddernes Temperatur, skyldes sikkert delvis, at Lufttemperaturen over Gulvet kun paavirkes i ret ringe Grad af Gulvopvarmningen. Som det fremgaar af Tabel 1, medfører en Gulvtemperaturstigning paa 10.6° kun en Stigning paa 2.6° i Lufttemperaturen 5 cm over Gulvet. Alligevel synes det overraskende, at en saa betydelig Gulvtemperaturstigning kun paavirker Føddernes Temperatur saa lidt sammenlignet med de betydelige Temperaturændringer, der kan fremkaldes ved mindre

Ændringer i den totale Kalorievirkning (sml. Tabel 3). Aarsagen hertil er sandsynligvis væsentligst af fysiologisk Art og staar antagelig i Forbindelse med de særlige Forhold, der gør sig gældende for Føddernes Blodkredsløb. Fødderne og Hænderne (især Tærne og Fingrene) er meget rigeligt forsynet med arteriovenøse Anastomoser, d. v. s. direkte Forbindelser mellem de mindste Arterier og Vener, hvis Funktion især er studeret af *Lewis og Pickering (1933)*, *Grant og Pearson (1938)* og *Vanggaard (1941)*. Naar de arteriovenøse Anastomoser er aabne, vil Blodstrømmen gennem Fødderne være meget stor, og Fødderne vil som Følge heraf holde sig forholdsvis varme, selvom de er udsatte for ret betydelige lokale Kuldepaavirkninger. Er Anastomoserne derimod lukkede, vil Blodkredsløbet gennem Fødderne været meget ringe, og da Fødderne er saa godt som uden egen Varmeproduktion, og da deres Overflade er relativt meget stor, vil de hurtigt afkøles og nærme sig Omgivelsernes Temperatur. Anastomosernes Aabning og Lukning reguleres fra et Nervecentrum i Hjernen, og efter Undersøgelser af *Gibbon og Landis (1932)*, *Pickering (1932)* og *Uprus, Gaylor og Carmichael (1936)* synes dette Nervecentrum først og fremmest at paavirkes gennem Ændringer i Blodets Temperatur, saaledes at selv en lille Stigning i Blodtemperaturen (Legemstemperaturen) betinger Aabning af Føddernes Blodkar og derved Forøgelse af Føddernes Blodgennemstrømning, medens et Fald i Blodtemperaturen betinger Sammentrækning af Føddernes Blodkar og dermed stærk Nedsættelse i deres Blodgennemstrømning. *Ud fra denne Reguleringsmekanisme forstaar man derfor, at Føddernes Temperatur, saaledes som det er fundet i de foreliggende Forsøg, i langt højere Grad er bestemt af den totale fysiologiske Kalorievirknings Størrelse end af Gulvtemperaturen, idet Størrelsen af Kalorievirkningen — for Hvilebetingelser — netop vil være bestemmende for, hvorvidt Legemstemperaturen har en Tendens til at stige eller falde.*

I Indledningen er det omtalt, at det i en tidligere Undersøgelse (Meddelelse Nr. 3 fra Boligopvarmningsudvalget) er paavist, at den væsentligste fysiologiske Reaktion paa utilstrækkelig Opvarmning er en Afkøling af Ekstremiteterne, navnlig af Fødderne, hvorimod Legemet iøvrigt kun paavirkes i ringe Grad, og det er endvidere i denne Undersøgelse paapeget, at en stærk Afkøling af Fødderne sandsynligvis maa betragtes som en for Organismen skadelig Reaktion. En meget vigtig Opgave for Boligop-

varmningen maa det derfor — set fra et fysiologisk Synspunkt — være at modvirke Afkøling af Fødderne. I de foreliggende Undersøgelser er det paavist, at Opvarmning af Gulvet ikke hjælper synderligt hertil, men at Størrelsen af den totale fysiologiske Kalorievirkning er af langt større Betydning. En passende Størrelse af Kalorievirkningen er dog ikke altid tilstrækkelig til at undgaa Afkøling af Fødderne, idet unge Kvinder, som det er paavist i den tidligere Undersøgelse, ved længere Tids stillesiddende Beskæftigelse kan faa lave Fodtemperaturer selv i behageligt varme Omgivelser, og Fodtemperaturer af passende Størrelse kan i saadanne Tilfælde eventuelt først opnaas ved en Kalorievirkning, ved hvilken Omgivelserne føles ubehageligt varme.

Det negative Resultat fra Gulvopvarmningsforsøgene maa dog ikke forlede til at tro, at man ved Boligopvarmningen ikke behøver at interessere sig for Gulvzonen. Det maa erindres, at Lufttemperaturen over Gulvet kun paavirkedes i ringe Grad af Gulvopvarmningen, og det er muligt, at lav Lufttemperatur i Forbindelse med høj Luftbevægelse (Gulvtræk) i Gulvzonen vil betinge saa stærk lokal Kuldepaavirkning af Fødderne, at Fodtemperaturen vil blive betydeligt lavere end svarende til Kalorievirkningen. Undersøgelser i Praksis over Lufttemperatur og Luftbevægelse i Gulvzonen i forskellige Boligtyper samt Undersøgelser over Fodtemperaturer og Behagelighedsfornemmelser ved tilsvarende Betingelser vilde derfor være af betydelig Interesse. Omvendt foreligger der ogsaa den Mulighed, at Varmevirkningen i Gulvzonen kunde forhøjes i en saadan Grad, f. Eks. ved Forhøjelse af Straaletemperaturen, eventuelt ved Hjælp af Varme-stråling rettet direkte mod Beboernes Underkstremiteter, at Temperaturen paa disse kunde paavirkes i betydelig Grad herved. Undersøgelser af dette Spørgsmaal synes ogsaa i høj Grad at være ønskelige.

BRIEF REVIEW OF THE INVESTIGATION

In a previous investigation (Contribution no. 3 from the committee for the study of domestic heating) it was found that the most pronounced physiological effect of an insufficient degree of heating is a lowering of the temperature of the extremities particularly the feet, and in young women it was found, that the temperature of the feet after a long period of sedentary occupation frequently is very low even in an environment which is felt comfortably warm; further it was pointed out that a low temperature of the feet may be looked upon as a harmful reaction. For physiological studies of domestic heating it therefore seems to be an important problem to find out measures for counteracting the lowering of the temperature of the feet.

In the present investigation experiments are made on two young men and two young women to study the effect of heating of the floor on the sensation of comfort and on the skintemperatures on the lower extremities. The experiments were carried out in the experimental room (Contributions nos. 2 and 3) in the Technological Institute of Copenhagen. The methods for studying the sensations of comfort and the skin temperatures and also the experimental routine are the same as previously described in contribution no. 3. The floor of the experimental room was heated by means of electrical heating plates, covered by a sheet of 1 mm of asbestos, and besides the room was supplied with heat through a radiator.

Two series of experiments, one at a temperature level corresponding to "comfortably warm" and another at a temperature level corresponding to "uncomfortably cold" to "not uncomfortably cold" surroundings, were carried out. The floor temperature was varied within a wide range, while the heating by the radiator

was so regulated, that the total calorie demand of the environment as measured by the heat loss from the artificial man (Contributions nos. 2 and 3) was kept constant in both series of experiments. Table 1 shows the temperature distribution in the experimental room in the two series of experiments (I and II). It is especially to be noticed, that the air temperature above the floor is affected only rather slightly by the heating of the floor.

Fig. 1 shows the variations in the functions studied in the course of the experimental period, and fig. 2—9 show the skin temperatures on the feet and the knees at the end of the experiments together with the sensations of comfort and the calorie demand in relation to the floor temperature. It can be seen that the calorie demand is constant within the whole range of the floor temperatures studied. The skin temperatures on the feet and the knees are slightly increasing or in some cases practically constant by increasing floor temperatures, whereas the sensations of comfort seem to be uninfluenced by the change in floor temperature. — Table 2 shows the average total change in the temperature of the feet and the knees for the whole range of floor temperatures studied.

A comparison between the effect of the floor temperature and the effect of the total calorie demand of the environment on the temperature of the feet is shown in table 3. It is seen that an increase in the floor temperature of 10° C on an average is associated with an increase in the temperature of the feet of only 1.3° C and 1.05° C in the two series of experiments and that the same changes in the temperature of the feet may be produced by changes in the total calorie demand of the environment corresponding to changes of 1.0 and 1.3° C in the "room temperature"¹⁾. It is therefore concluded that the influence of floor temperature on the temperature of the feet is insignificant compared with the influence of the total calorie demand of the environment. The reason for this has been discussed (page 22—23), and it is pointed out that for the essential part it may be due to the fact, that the chief factor governing the blood circulation in the feet is the temperature of the blood reaching the brain. As the total calorie demand of the environment — for resting con-

¹⁾ The relation between the temperature of the feet, the calorie demand and the "room temperature" for the same subjects as used in the present investigation is shown in contribution no. 3.

ditions — is determining whether the body temperature has a tendency to be increasing or decreasing, the dominating effect of this factor on the temperature of the feet is thereby easily understood.

It should be borne in mind, that the air temperature above the floor is affected only rather slightly by heating of the floor and studies on the effect of other thermal conditions (e. g. cold air drafts or high radiation) in the floor zone, by which the local cold or warm influence may be strong enough to affect the temperature of the lower extremities substantially, are planned.

Litteratur.

- Gagge, A. P., Winslow, C. E. A. and Herrington, L. P., Amer. Journ. Physiol. *124*, 30, 1938.
- Gibbon, J. H. and Landis, E. M., Journ. Clin. Invest. *11*, 1019, 1932.
- Grant R. T. and Pearson, R. S. B., Clin. Science *3*, 119, 1938.
- Hardy, J. D. and Du Bois, E. F., Proc. Nat. Acad. Sci. Wash. *23*, 624, 1937.
- Krogh, A., Meddelelse Nr. 5 fra Boligopvarmningsudvalget, København, 1946.
- Lewis, T. and Pickering, G. W., Heart *16*, 33, 1933.
- Nielsen, M., Meddelelse Nr. 3 fra Boligopvarmningsudvalget, København, 1946.
- Pedersen, Lorents, Meddelelse Nr. 2 fra Boligopvarmningsudvalget, København, 1946.
- Pickering, G. W., Heart *16*, 115, 1932.
- Uprus, V., Gaylor, J. and Charmichael, E. A., Clin. Science, *2*, 301, 1936.

*Bemærkninger af Professor F. C. Becker til nærværende
Meddelelse Nr. 4.*

Meddelelsen vedrørende fysiologiske Undersøgelser i Relation til opvarmningstekniske Forhold i Værelser helt eller delvis opvarmede ved lune Gulve; om disse sidste Forhold bemærkes:

Ved Opvarmning af Værelser ved lune Gulve er to opvarmningstekniske Forhold særlig at iagttage: A. Rumtemperaturen umiddelbart over Gulvet i Relation til lodrette Fladeelementer (termiske Maal) og B. Varmeoverførsel mellem Gulv og et paa dette anbragt bestemt Legeme (kalorisk Maal), hvilken Varmeoverførsel er afhængig ikke alene af Temperaturforhold, men tillige af Varmeledningstal og Varmefylde for Gulv og Legemet.

Ved Undersøgelseernes Problemstilling er nævnte to Forhold ikke taget i Agt, og Forbindelsen mellem Meddelelsens Iagttagelser og opvarmningstekniske Forhold bliver derved ganske løs.

F. C. Becker.

Svar paa Professor F. C. Beckers Bemærkninger.

Til Professor Beckers Paastand om utilstrækkelig Angivelse af Opvarmningsforholdene i Gulvzonen ønsker Boligopvarmningsudvalgets Forsøgsudvalg og Forfatteren at bemærke følgende:

Opvarmningstilstanden i Gulvzonen er angivet ved Gulvoverfladens Temperatur samt ved Lufttemperaturerne i forskellige Højder over Gulvet. Endvidere er angivet Væggens og Loftets Middelterperatur, og endelig er Rummets totale fysiologiske Kalorievirkning angivet ved Hjælp af Varmeafgivelsen fra J. H. Det er omtalt, at Trægulvet i Forsøgsrummet i disse Forsøg er dækket af tynde Asbestplader, der ligesom Træ kun har ringe Varmeledningsevne. Gulve, hvis Varmeledningsevne og Varmekapacitet afviger væsentligt herfra (f. Eks. Betongulve) vilde kræve en særskilt Undersøgelse.

*August Krogh
E. S. Johansen
J. L. Mansa*

*Carl Bruun
Otto Juel Jørgensen
Carl U. Simonsen*

Marius Nielsen