

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 8

UNDERSØGELSER
UDFØRT I PRAKSIS
VEDRØRENDE REFLEKSVARMEANLÆG

AF
CARL BRUUN

Deponeret i:
LABORATORIET FOR TEKNISK HYGIENE
DANMARKS TEKNISKE HØJSKOLE
af Professor P. Thomsen

KØBENHAVN

1948

BOLIGOPVARMNINGSUDVALGETS MEDDELELSE NR. 8

UNDERSØGELSER
UDFØRT I PRAKSIS
VEDRØRENDE REFLEKSVARMEANLÆG

AF

CARL BRUUN

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 8 FROM THE COMMITTEE FOR
THE STUDY OF DOMESTIC HEATING, COPENHAGEN

PRACTICAL STUDIES
CONCERNING
REFLEX HEATING PLANTS

BY

CARL BRUUN

COPENHAGEN

1948

De i denne Beretning omhandlede Arbejder er udført paa eget Laboratorium.

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

The investigations dealt with in this report were carried out in the author's own laboratory.

I submit that the report is included among the publications of the Committee.

Carl Bruun.

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 24.

Indledning

Under en Række sammenlignende Maalinger af Varmeforbrug i Straalevarmeanlæg (System Critall) og Radiatoranlæg paa Bella-højskolen i Aarene 1937—40 fik jeg den Tanke, at man ved at gøre Vægge og Loftet i Rum, som ønskes centralopvarmet, reflekterende for ultrarøde Straaler maatte kunne opnaa tilsvarende Fordele som ved Straalevarmeanlæg (f. Eks. System Critall), samtidig med at disse Anlægs uheldige Egenskaber (Reguleringstræghed, Utilgængelighed og Kostbarhed) bortelimineredes.

For at faa Klarhed herover foretog jeg allerede i 1938 2 indledende Forsøgsrækker, hvis Formaal var at bringe den fornødne Orientering om, hvorvidt det overhovedet var muligt at arbejde med saadanne Anlæg i Praksis. Disse 2 Forsøgsrækker viste med den Tydelighed, man tør tillægge saadanne indledende Forsøg, udført med smaa Midler, at Refleksvarmeanlægget som Følge af sin Konstruktion og Virkemaade faktisk stort set besidder Critallanlæggets Egenskaber uden at lide af dets væsentlige Mangler.

Refleksvarmeanlægget er, som berørt, udført saaledes, at det har sine Varmeflader anbragt frit under Loftet, f. Eks. langs Væggene i Gesimser. Loft og Vægge er gjort reflekterende ved Beklædning med specielle Tapeter, hvorved man opnaar, at Størstedelen af den Varmefladerne tilførte Varme udsendes ved indirekte Straaling.

De i Rummet værende Personers Varmetab ved Straaling bliver i et saadant Rum mindre, og deres Varmetab ved Konvektion maa derfor gøres større, hvis samme Behagelighedstilstand (termiske Tilstand) skal opnaas. Større Varmetab ved Konvektion opnaas ved lavere Lufttemperatur, og den lavere Lufttemperatur giver Muligheder for mindre Varmetab fra Rummet.

De reflekterende Tapeter medfører, at Væggene kun modtager en mindre Del af Straalevarmen fra Varmefladerne, hvilket ogsaa giver Mulighed for Varmebesparelse. Endelig faar et saaledes op-

varmet Rum en mindre „Vandværdi“ end et Rum uden reflekterende Tapeter, og bliver derigennem særlig egnet til at opvarmes ved diskontinueret Opvarmning.

Disse Forsøg, der som nævnt paabegyndtes i 1938, varede fra 21. Juni — 19. Juli 1938 og efterfulgtes af en 2. Forsøgsrække fra 7. Oktober — 19. November 1938, som udførtes i en Kølecelle i „Kødbyen“.

Under disse Maalinger indhøstede jeg saa megen Erfaring, at jeg i 1939 kunde indlede en Række praktiske Undersøgelser paa Bellahøj Skole. Udførlige Rapporter over disse Forsøg foreligger.

Der blev under alle Maalinger paa Bellahøjskolen lagt stor Vægt paa, at Varmeforbrugene for de to Opvarmningssystemer blev maalt under normal Drift uden særlig Kontrol fra min Side, hvilket dog naturligvis gav nogen Usikkerhed paa Resultatet i Forhold til et tilsvarende Laborieforsøg, særligt da nævnte Refleksanlæg var installeret i en Bygning, der iøvrigt var opvarmet ved Hjælp af Radiatorer, hvilket gjorde, at Omgivelsernes Indflydelse paa Forsøgslokalernes Varmetransmission ikke var eentydigt bestemt, og dette Forhold blev yderligere forværret derved, at Skolen krævede en „Luning“ i Nattetimerne.

Dette medførte Kritik og Diskussion (Ingeniøren 31/12 1938, Sundh. Ing. 5/8 1939, Varme Febr. og April 1941), og jeg besluttede da at ansøge Magistraten om Tilladelse til at lade afholde nogle Forsøgsrækker i det nyopførte Aldersrentenyderkompleks „Bjergvænget“, hvor der kunde blive Lejlighed til at lade Maalingerne foretage paa Anlæg, der var udført paa en saadan Maade og kunde udsættes for en saadan Kontrol, at Maalingerne kunde ligestilles med Laborieforsøg. Jeg haabede herved at kunne faa endelig fastslaaet, hvilken Varmeøkonomi man kan tillægge et Varmeanlæg, der er baseret paa varmereflekterende Overflader, samt at vinde Kendskab til de Faktorer, der bestemmer et Menneskes Velvære ved Ophold i refleksopvarmede Rum for derved at kunne fremskaffe et Beregningsgrundlag med Dimensionering af saadanne Anlæg for Øje. Efter at Magistratens Tilladelse forelaa, udarbejdedes nedenstaaende

Forsøgsprogram.

1. Undersøgelse af Driftsøkonomien ved ensartede og enslydende Forsøgsrum opvarmet med henholdsvis Radiatoranlæg og Refleksvarmeanlæg.

2. Bestemmelse af sammenhørende Væg- og Rumtemperaturer og den hertil svarende resulterende Temperatur samt Maaling af denne ved Hjælp af Differentialtermometre, Katatermometre, Missenardkugler og lign.
3. Studier over nævnte Forholds Indflydelse paa Menneskers Velbefindende ved at sammenligne ovennævnte Maalinger med tilsvarende Maalinger af Varmetabet fra særlig udsatte Steder paa det menneskelige Legeme, saasom Pande og Fødder og ved at kombinere saavel subjektive som objektive Iagttagelser over Velbefindendet.
4. Bestemmelse af Tidsforsinkelse og Dæmpningsforhold paa Basis af Teorien for harmonisk svingende Temperaturtilstand for derved at faa Kendskab til Bygningens Akkumuleringsforhold under skiftende Kaar (A-Værdi).
5. Fastlæggelse af Straalingens Rumfordeling og Væggenes Straalingstal = C under de nævnte Forhold, d. v. s. Bestemmelser af β i Udtrykket
$$C = \frac{1}{\frac{1}{c_m} + \beta \left(\frac{1}{c_n} - \frac{1}{c_s} \right)}$$
, hvor c_m og c_n bestemmes ved parallelt løbende Laboratorieforsøg for forskellige Materialer og under forskellige Indfaldsvinkler.
6. Forsøg med saavel kontinuerlig som diskontinuerlig Opvarmning af Forsøgsrummene og med forskellige Indikatorer for Velvære for derigennem at fremskaffe en saa paalidelig Maalemetode som muligt til Sammenligning af Forsøgsresultaterne.

Nærværende Rapport omhandler imidlertid kun Programpunkt 1 indgaaende, idet de øvrige Programpunkter findes udarbejdet i en stor Rapport, som endnu ikke er trykt.

Beskrivelse af Forsøgsanlæggene.

Husblokken, hvori de to Forsøgsanlæg er installeret, er opført i Teglsten i tre Etager og forsynet med Dobbeltvinduer. Den rummer 6 Opgange, hver med Adgang til 9 Lejligheder fordelt med tre paa hver Etage, nemlig 1 etværelses Lejlighed med Køkken lige udfor Reposen og 2 toværelses Lejligheder henholdsvis til højre og til venstre for denne.

Husblokken, der er vist i vandret Snit paa Plan I, indgaar som et Led i et Komplex bestaaende af 6 Blokke, tilsammen dannende Aldersrentenyderboligerne „Bjergvænget“. Forsøgsanlæg-

gene er installeret i Blok 1, Opgang 20—21 og 24—25. Man ser straks, at disse to Anlæg er fuldstændig ens og ens beliggende. De er underkastet de samme ydre og indre Kaar, idet de paa alle Sider er omgivet af uopvarmede Rum eller for et lille Areal Vedkommende vender mod ens opvarmede Rum. De bebos endvidere af Mennesker, hvis daglige Liv medfører, at Rummenes Anvendelsesmaade ikke undergaar store Variationer.

Da ydermere begge Anlæggene i Forsøgsperioderne kan omkøbes til elektrisk Drift, idet Opvarmningsvandet under disse Perioder opvarmes ved Hjælp af elektriske Vandvarmere, saaledes som det fremgaar af vedlagte Rørdiagram Plan II, har man hermed faaet Midler i Hænde til en yderst nøjagtig Bestemmelse af den forbrugte Varme i begge Systemer.

Af Diagrammet fremgaar desuden, at Refleksvarmeanlægget dækker Varmebehovet for de 6 toværelses Lejligheder beliggende mellem Opgang 20 og 21, medens Radiatoranlægget tager de tilsvarende 6 beliggende mellem Opgang 24 og 25. De to Anlæg er hver for sig ganske normalt udført. Radiatoranlægget er et tostrengt Anlæg med Fordeling forneden og Radiatorerne anbragt under Vinduerne, og „Refleksvarmeanlægget“ har Pumpedrift med Strengføring som ved Critall-Systemet. De varmeafgivende Ledninger er anbragt uafskærmet under Loftet og langs Væggene i Afstandene henholdsvis 120 og 50 mm regnet fra Rørmidten. En Beregning viser nemlig, at den ringe Rumvinkel, hvorunder en saadan Straalevarmeudveksling mellem Straalekilde og en i Rummet værende Person foregaar, medfører, at den Merstråling i Form af direkte Straaling, man faar ved at fjerne Afskærmningen, kun udgør 1—2% af den samlede Straaleudveksling, der saaledes i begge Tilfælde er en praktisk talt 100% indirekte Opvarmning.

Endvidere er Væggene, som før omtalt, gjort reflekterende for ultrarøde Straaler, hvortil anvendtes 3 forskellige Dessiner af Alumittapet. Det anvendte Tapetmateriale viste sig dog ved en Række Laboratorieforsøg at være af en ringere Kvalitet end normalt opnaaeligt, idet Vægbeklædningerne kun udviste en spejlende Reflektion paa ca. 15% og Loftdessinen ca. 25%. Forsøgsresultaterne maatte derved blive betydelig daarligere end opnaaeligt ved Anvendelse af de helt spejlende Aluminiums-Vægbeklædninger. Ikke desto mindre viste Refleksvarmen i Forhold til Konvektionsvarmen en Driftsbesparelse paa ca. 20%, saaledes som omtalt senere i Rapporten.

En særlig Rapport over Forsøg til Bestemmelse af forskellige Vægbeklædningers Reflektionsevne og Straalingssegenskaber er udarbejdet, men endnu ikke trykt.

Forsøgsopstillingen.

Forsøgsanordningen er først og fremmest karakteriseret derved, at Rummenes Opvarmning reguleres automatisk, at Temperaturer og Varmemængder maales automatisk, og at Vejrliget registreres paa en meteorologisk Maalestation anbragt midt for Husblokkene.

Forsøgsrummene har Størrelser af henholdsvis $3,10 \times 4,70$ m og $2,10 \times 4,10$ m og en fri Højde af 2,7 m. Rummenes Begrænsning mod det fri udgøres for de to øverste Etagers Vedkommende af $1\frac{1}{2}$ Stens Mur og for Stuen af en 2 Stens Mur. De indvendige Begrænsninger, der alle vender mod uopvarmede Rum — eller for et lille Areal Vedkommende mod ens opvarmede Rum —, bestaar af $\frac{3}{4}$ Stens Mur samt af Etageadskillelser udført paa sædvanlig Maade, hvor man kun for den øverste Etageadskillelses Vedkommende har foretaget en ekstra Isolering i Form af 3 svære Lag Grundpapir under Alfolisolationen.

Det til Forsøgsopstillingen hørende Opvarmningsaggregat er anbragt i Kælderen og bestaar for hvert af Anlæggene af en „Vesta“ termostyret Gennemstrømsvandvarmer forsynet med Cambridgemaalere for saavel Fremløbstemperatur som Returntemperatur samt Kontroltermometre.

Den løbende Kontrol med Rumtemperaturerne udførtes ved Hjælp af et Sæt Døgntermografer; og ved Anvendelse af Kata-termometre og Fugtighedsmaalere sørgedes der for, at de to Systemer arbejdede under ens Forhold, idet Indstillingen af Automatikken blev foretaget Kl. 6,00, 9,00, 16,00, 22,00 — paa Basis af de aflæste Kataværdier.

Der førtes endvidere en systematisk Kontrol med de gamle Menneskers Færden og eventuelle Uregelmæssigheder i denne, saasom Selskaber og Hovedrengøringer. Endvidere opnoteredes Udluftningsperiodernes Længde og Hyppighed for de paagældende Lejligheder af de anbragte Termografer. Herved sikrede man sig en ensartet Fordeling af de respektive Uregelmæssigheder, idet der i hvert enkelt Tilfælde blev truffet Aftaler med Beboerne om at indrette deres Dispositioner med Hensyntagen til Forsøgene.

Dette i Forbindelse med en daglig Rapport over de ydre Kaar, samt supplerende termoelektriske Kontrolmaalinger af Luft- og Overfladetemperatur gav nyttigt Materiale til Oplysning af Refleksopvarmningssystemets Egenskaber ved en Boligtype af den her omtalte Art.

Forsøgenes Gennemførelse.

De i denne Rapport omtalte Forsøgsrækker udstraktes over den fulde Varmesæson, dog saaledes, at denne opdeltes i karakteristiske Maaleperioder, idet man af Hensyn til de gældende Restriktionsforhold ikke kunde tillade sig et saa stort Elektricitetsforbrug, som ellers vilde være medgaaet til Forsøgenes Afholdelse. Perioderne søgtes lagt i Tidsafstande, der saa nær som muligt gav Forskelle i Døgnets ydre Middeltemperatur paa 5° C.

I Intervallerne mellem disse karakteristiske Perioder foretog man ved et simpelt Ventilarrangement en Omkobling, der satte Forsøgsanlæggene i Forbindelse med Kompleksets Kedelanlæg.

Det viste sig dog nødvendigt ved denne Driftsmaade at indskyde en Shuntledning ved Refleksanlægget, idet man ellers havde samme Overfladetemperatur paa saavel Refleksovnene som Radiatorovnene, hvilket medførte en betydelig Overtemperatur i de refleksopvarmede Rum. Dette sidste talte naturligvis til Gunst for Refleksvarmeanlæggets Økonomi, idet den for høje Temperatur i de refleksopvarmede Rum ikke lod sig forklare ved større Varmeflade i disse Rum end i de radiatoropvarmede Rum. Forholdet er tværtimod dette, at den samlede Varmeflade for Refleksvarmeanlægget er ca. 30% mindre end for Radiatoranlægget.

Den første Forsøgsperiode blev lagt kort efter Varmesæsonens Begyndelse i Slutningen af Oktober ved en gennemsnitlig Ydertemperatur paa $+ 10^{\circ}$ C., men her forekom saa mange Uregelmæssigheder paa Grund af de elektriske Kedlers Indregulering og Automatikkens Virkemaade samt en ikke tilstrækkeligt indarbejdet Forstaaelse hos de dengang lige indflyttede gamle Mennesker, at denne Periodes Resultater ikke kunde anses for tilstrækkeligt paalidelige med en Offentliggørelse for Øje.

Forsøget blev derfor gentaget i April Maaned i en Maaleperiode, hvor Middeltemperaturen igen var ca. $+ 10^{\circ}$ C., men den benævnes i Rapporten stadig 1. Periode. Den mellemliggende Tid blev da i Stedet for benyttet til en omhyggelig Justering af Maale-

apparaterne og en flittig Opøvelse af Forsøgsteknikken, idet det ikke er saa lige en Sag flere Gange om Dagen at forstyrre de gamle Mennesker for at foretage de nødvendige Undersøgelser og dog stadig bibeholde det gode Samarbejde med disse.

De næste 4 Forsøgsperioder repræsenterende følgende gennemsnitlige Ydertemperaturer $+ 5^{\circ}$, 0° , $- 5^{\circ}$ og $+ 10^{\circ}$ C. blev derefter gennemført programmæssigt og strakte sig hver over en Tidsperiode af ialt 6 Dage.

Foreløbige Resultater.

1. Hygiejnen.

Af tidligere Rapporter fra saavel en Række Forskere*) som Undertegnede**) fremgaar det, at den resulterende Temperatur ikke uden Indskrænkning lader sig maale med de i Øjeblikket kendte Instrumenter. Jeg har derfor ved denne Opgave som ved de foregaaende Opgaver af lignende Art hele Tiden haft for Øje at finde Midler og Veje til paa enkel og simpel Maade at kunne bestemme et Rums resulterende Temperatur, d. v. s. den Temperatur, der tilfredsstiller Missenards Formel for en Rumtilstand, en kompliceret Formel, hvori Luftens Fugtighed, Temperatur og Hastighed, men særlig ogsaa de omgivende Overfladers Temperatur indgaar.

Ved Hjælp af en simpel Maalemetode vilde det nemlig være muligt at skabe et helt sikkert Sammenligningsgrundlag for de to Systemer. Det her anvendte Katatermometer er forsaavidt ganske godt, men maa siges at negligere Overfladetemperaturen en Smule. (Se Weiss' og Hill's Maalinger).*)

*) P. Weiss: „Hygienischen Grundlagen“ Diss. Zürich 1924.

M. Missenard: „Température d'égal confort“ Chauff. et Vent.

” ” : ” ” ” Bd. 8 1931.

” ” : ” ” ” Bd. 9 1932.

” ” : „Température effective et résultante“. Chal. et Ind.

Bd. 14 1933.

” ” : „L'efficacité des différents modes de chauffage“.

Chal. et Ind. Bd. 15. 1934.

L. Hill : „Einfluss infraroter Strahlen“ Inst. Heat. Vent.

Engr. Bd. 2 1934. Gesundh. Ing. Nr. 5 1935.

**) „Foreløbige Undersøgelser vedrørende Refleksvarme“ Komm. Rapp. 1938.

„Maalinger af Varmeforbrug ved Refleksvarme“ Komm. Rapp. 1941.

Tidsskriftet „Varme“ Nr. 6 1940, Nr. 1 og Nr. 2 1941.

For imidlertid at skaffe et fast Udgangspunkt for den hygiejniske Sammenligning af de to Systemer har jeg paa Dage, hvor Temperaturen laa omkring ca. $+ 3,5^{\circ}$ C., hvilket rundt regnet repræsenterer Sæsonens Middeldyertemperatur, foretaget en Række Maalinger af Temperaturfordelingen i de paagældende Rum ved en Middelrumtemperatur paa 19° C. og en Fremløbs-temperatur paa Opvarmningsvandet paa 50° C. og fundet de paa Plan III viste Isothermer for Rumtemperaturerne for de to Systemer.

Disse Maalinger vil senere blive sammenholdt med Kata-Maalinger af Lufthastighederne og Missenard-Maalinger af de resulterende Temperaturer, hvorved Missenards Formel kan efterprøves og Rumtilstanden endelig fastlægges.

Ved at studere Temperaturfordelingen for de to Typer af Forsøgsanlæg ser man dog straks, at Refleksstraalevarmeanlægget giver en bedre saavel horisontal som vertikal Rumfordeling, og frem for alt giver det en lavere Temperatur af Luften i Pande- og Haandhøjde og en højere Fod- og Gulvtemperatur.

Den urgamle hygiejniske Regel siger som bekendt „Varme Fødder og kølig Pande“, og nyere Undersøgelser viser, at Fodtemperaturen og dermed Velbefindendet ændrer sig betydeligt for selv en ringe Ændring af Lufttemperaturen ved Gulvet.

Dette Forhold med Velbefindendet er specielt for Fødderne, idet f. Eks. Temperaturen i Haandhøjde viser en mere behersket og Hændernes Temperatur en yderst ringe Indflydelse paa Befindendet, og dette gælder i endnu højere Grad for Panden.

Det er derfor heldigt, at Reflekssystemet viser en højere Gulv- og Fodtemperatur.

2. Varmeøkonomien.

Den første sammenhængende Maalerække for denne Varmesæson vedrørende Varmeøkonomien laa i Perioden fra 15. November til 22. November 1942 og benævnes, som allerede sagt, Periode Nr. 2.

Planerne IV, V og Tabellen Plan VI viser de væsentligste af de i denne Periode opnaaede Resultater. Indreguleringen foregik paa Basis af Katatermometrenes Visninger, og Forbrugene aflæstes paa KWh-Maalerne at være som nedenfor angivet:

Forsøgsperiode Nr. 2:

Dato	Antal Drifts- timer h.	Udvendig Middel- døgnstemp. °C.	Forbrug	
			Refleks kWh	Radiator kWh
15/11	16	9,0	134	164
16/11	"	6,2	138	164
17/11	"	4,1	130	163
18/11	"	5,9	132	156
19/11	"	4,5	150	161
20/11	"	5,4	128	147
Ialt	96 h	+ 5,8° i Gens- nemsnit	812 kWh	955 kWh
Pumpeforbrug at fradrage = $\frac{1}{3} \times 96 \times 0,105 =$			3	
			809 kWh	
Besparelse ved Refleksvarme =				809 kWh
=				146 kWh
=				15,3 %

Besparselsen blev altsaa ca. 15% for 96 Timers Drift fordelt med 16 Timer pr. Døgn ved en Gennemsnitsydertemperatur 5,8° C. gennem Perioden, der iøvrigt var repræsenteret ved følgende ydre Kaar: Nedbør 0,4 mm, Antal Solskinstimer = 3,0 og Vejrliget karakteriseret af overvejende VNV-Vind af Styrke omkring 4 B, afvekslende Taage og Snebyger.

De daglige Svingninger aflæses af Tabellen Plan VI, og i Plan V er Periodens Resultater sammenholdt med de øvrige Maaleperioders Resultater.

Det bemærkes endvidere, at Pumpens KW-Forbrug kun er fra-draget med $\frac{1}{3}$ af sit fulde Beløb, idet vedkommende Pumpe om-sætter ca. $\frac{2}{3}$ af den tilførte Energi til Varme i det cirkulerende Vand.

3. Maaleperiode med Gennemsnitstemperatur 0° C. paabegyndtes den 2/12 og varede til den 7/12 incl., og Forbrugene var her- under som følger:

Forsøgsperiode Nr. 3:

Dato	Antal Drifts- timer h.	Udvendig Middel- døgntemp. °C.	Forbrug	
			Refleks kWh	Radiator kWh
2/12	24	+ 2,9	175	212
3/12	24	+ 2,3	232	263
4/12	24	+ 1,3	158	218
5/12	16	+ 1,7	121	152
6/12	16	+ 2,5	128	164
7/12	16	+ 3,8	175	232

ialt 120 h + 0,9° i Gennemsnit 989 kWh 1241 kWh

Pumpeforbrug

at fradrag = $\frac{1}{3} \times 120 \times 0,105 =$

4 kWh

985 kWh

985 kWh

Besparelse ved Refleksvarme =

256 kWh

=

20,3 %

Besparselsen altsaa ca. 20 % under 120 Timers Drift ved en Gennemsnitstemperatur paa + 0,9° C. gennem Perioden og følgende ydre Kaar: Nedbør 2,4 mm, Antal Solskinstimer 1 og Vejrliget iøvrigt karakteriseret af overvejende Vævind af Styrke omkring 2,8, af Sne, Taage og Regn.

Iøvrigt bemærkes det, at Anlægget de 3 første Forsøgsdage har været opvarmet med kontinuerlig Drift, og de 3 sidste Forsøgsdage ved diskontinuerlig Drift.

Da de ydre Kaar inden for de to Delperioder har været temmeligt nær ens (se Plan V, hvoraf det fremgaar, at 2. Delperiodes lidt højere Gennemsnitstemperatur (2,7° C imod 2,2° C) udlignes til Dels af væsentligt mindre Sol og mere Blæst for 1. Periodes Vedkommende), har vi derfor her en Mulighed for at vurdere, hvilke relative Besparelser man kan opnaa i Praksis ved diskontinuerlig Drift af Refleksvarmeanlæg.

Af følgende Tabel:

Forsøgsperiode Nr. 3.	Udv. Døgn- middel	Forbrug kWh		Bespar. ved Refleks
		Refleks	Radiator	
1. Delperiode kont. Drift	} ca. 2,5° C	562	690	18,5 %
2. Delperiode diskont. Drift		422	546	22,8 %

fremgaar det, at der er en Merbesparelse $\sim 22,8 - 18,5 = 4,3\%$ ved diskontinuerlig Drift af Refleksanlægget i Forhold til kontinuerlig Drift, og i Fald man ser bort fra Forsøgsusikkerhederne, vil dette Tal repræsentere en Besparelse for Refleksvarme ved diskontinuerlig Drift i Forhold til Radiatorvarme udover, hvad Transmissionstallet giver Udtryk for.

Vinterens strengeste Periode faldt i Begyndelsen af Januar, og 4. og sidste Maaleperiode blev foretaget i Tiden fra den 8. Januar til den 13. Januar 1943 incl.

Forbrugene var som følger:

Forsøgsperiode Nr. 4:

Dato	Antal Drifts- timer h.	Udvendig Middel- døgnstemp. °C.	Forbrug	
			Refleks kWh	Radiator kWh
8/1	24	÷ 4,8	322	345
9/1	24	÷ 5,5	280	330
10/1	24	÷ 4,5	268	300
11/1	24	÷ 4,3	265	336
12/1	24	÷ 5,3	245	280
13/1	24	÷ 2,8	200	233
Ialt	144 h	÷ 4,6° i Gennemsnit	1580 kWh	1824 kWh

Pumpeforbrug

at fradrage = $\frac{1}{3} \times 144 \times 0,105 =$

5 kWh

1575 kWh

1575 kWh

Besparelse ved Refleksvarme =

=

249 kWh

13,7%

Altsaa ca. 14% Besparelse for 144 Timers Drift ved en Gennemsnitstemperatur paa $\div 4,6^\circ$ C gennem Perioden og følgende ydre Kaar: Nedbør 0,2 mm, Antal Solskinstimer 3 og Vejrliget karakteriseret ved overvejende Ø-Vind af Styrke omkring 3,8, Sne og Taage.

Den 14. April naaede man hen til en Periode med en Gennemsnitstemperatur paa ca. $+ 10^\circ$ C., og jeg besluttede da at lave den i Efteraaret mislykkede 1. Periode om. Resultaterne blev som følger:

Forsøgsperiode Nr. 1:

Dato	Antal Drifts- timer h.	Udvendig Middel- døgnstemp. °C.	Forbrug	
			Refleks kWh	Radiator kWh
14/4	16	13,4	34	54
15/4	16	14,4	30	50
16/4	16	9,2	35	58
18/4	16	11,0	36	56
19/4	16	9,5	35	58
20/4	16	8,4	35	65
ialt	96 h	+ 11,0° i Gen- nemsnit	205	341
Pumpeforbrug at fradrage = $\frac{1}{3} \times 96 \times 0,105 =$			3 kWh	
			<u>202 kWh</u>	
Besparelse ved Refleksvarme =				<u>202 kWh</u>
				<u>139 kWh</u>
				<u>40,9 %</u>

eller ca. 41 % Besparelse for 96 Timers Drift fordelt med 16 Timer pr. Døgn ved en Gennemsnitsydertemperatur 11,0° C. gennem Perioden og iøvrigt følgende ydre Kaar: Nedbør 0,2 mm, Antal Solskinstimer 5,8 og Vejrliget karakteriseret ved overvejende V- Vind af Styrke omkring 4 B samt Støvregn.

Sammenholder vi alle disse Resultater (se Plan IV—VI), kan følgende Slutninger drages:

1. Besparelsen for en Middelsæson (+ 3,5° C. i Middel) vil ligge omkring ca. 20 % for den her omtalte Hustype.
2. Besparelsen ved Refleksvarme stiger med stigende Ydertemperatur — for omhandlede Sæson fra 14 % ved ÷ 5° C. til 42 % ved + 10° C. Middelydertemperatur.

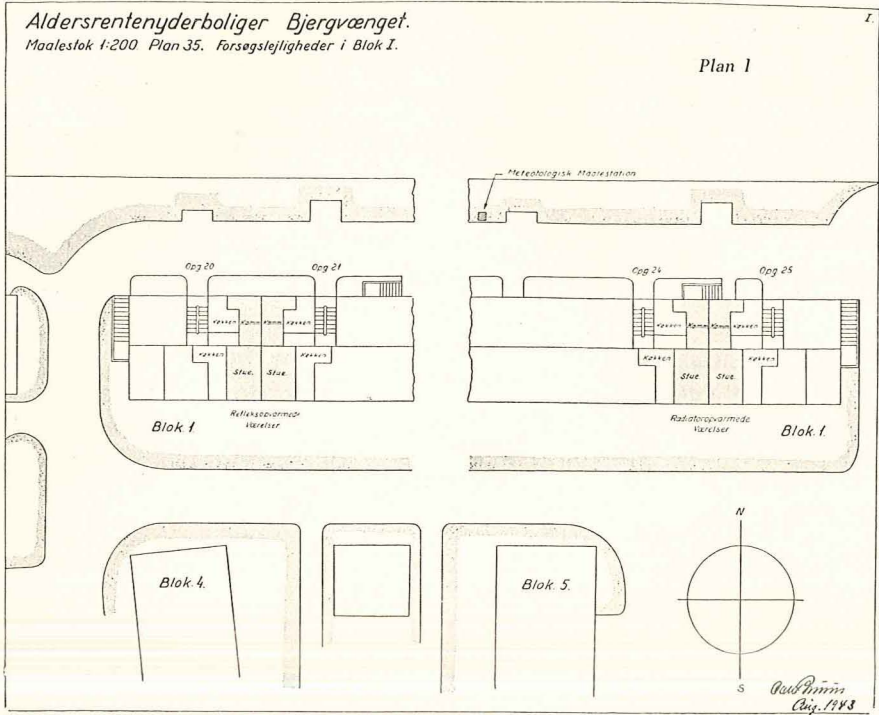
Det tilsyneladende Brud, der for 2. og 3. Maaleperiodes Vedkommende er paa denne Regel, maa forklares ved den almindelige Maale- og Forsøgsusikkerhed og Begyndelsesvanskeligheder.

3. Det er givet, at man ved et bedre reflekterende Tapetmateriale vil opnaa endnu større Besparelser. Et saadant skulde ikke være vanskeligt at fremstille.
4. Forsøgene stemmer godt overens med de tidligere udførte Forsøg paa Bellahøj Skole, hvor en anden Driftsmaade og et

bedre Tapet gav ca. den dobbelte Besparelse. Ligeledes understreges Resultatets Sandsynlighed af Beregninger, som jeg har ladet foretage over Aluminiumsisolering af Huse. (Varme 1941 Nr. 1 og 2).

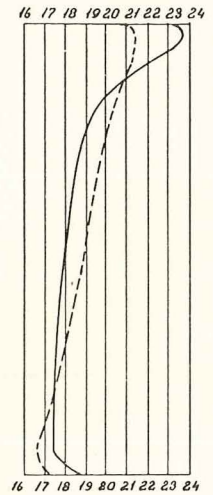
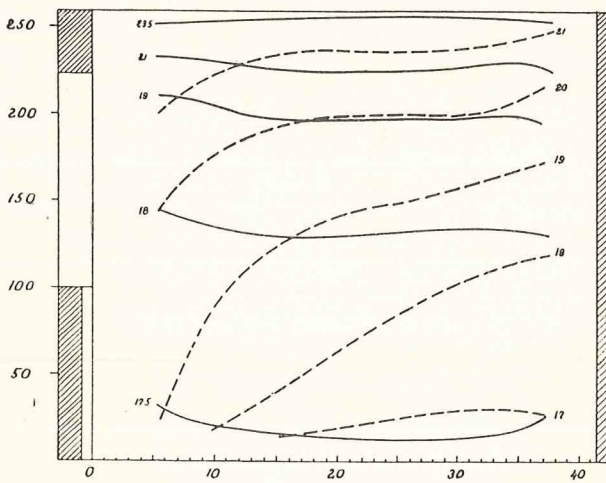
Iøvrigt skal bemærkes, at Forsøgene er blevet videreført, saaledes som omtalt paa Side 9, ligesom der er foretaget en Del Undersøgelser over Temperaturforholdene i Ydermurene for at komme til Klarhed over et i denne Forbindelse meget vigtigt Spørgsmaal, nemlig hvor meget af den opnaaede Besparelse, der skyldes mindsket Transmissionstab, og hvor meget der skyldes nedsat Tab ved Akkumulering. Egentlig skulde det være muligt ad Beregningens Vej at komme til Klarhed herover, men hertil kræves et saa kompliceret matematisk Beregningsarbejde, at det maa betragtes som uoverkommeligt; det vil derfor blive forsøgt at løse denne Del af Opgaven ad empirisk Vej.

Aldersrentenyderboliger Bjergvænget.
Maaleskale 1:200 Plan 35. Forsøgstøjtheder i Blok I.



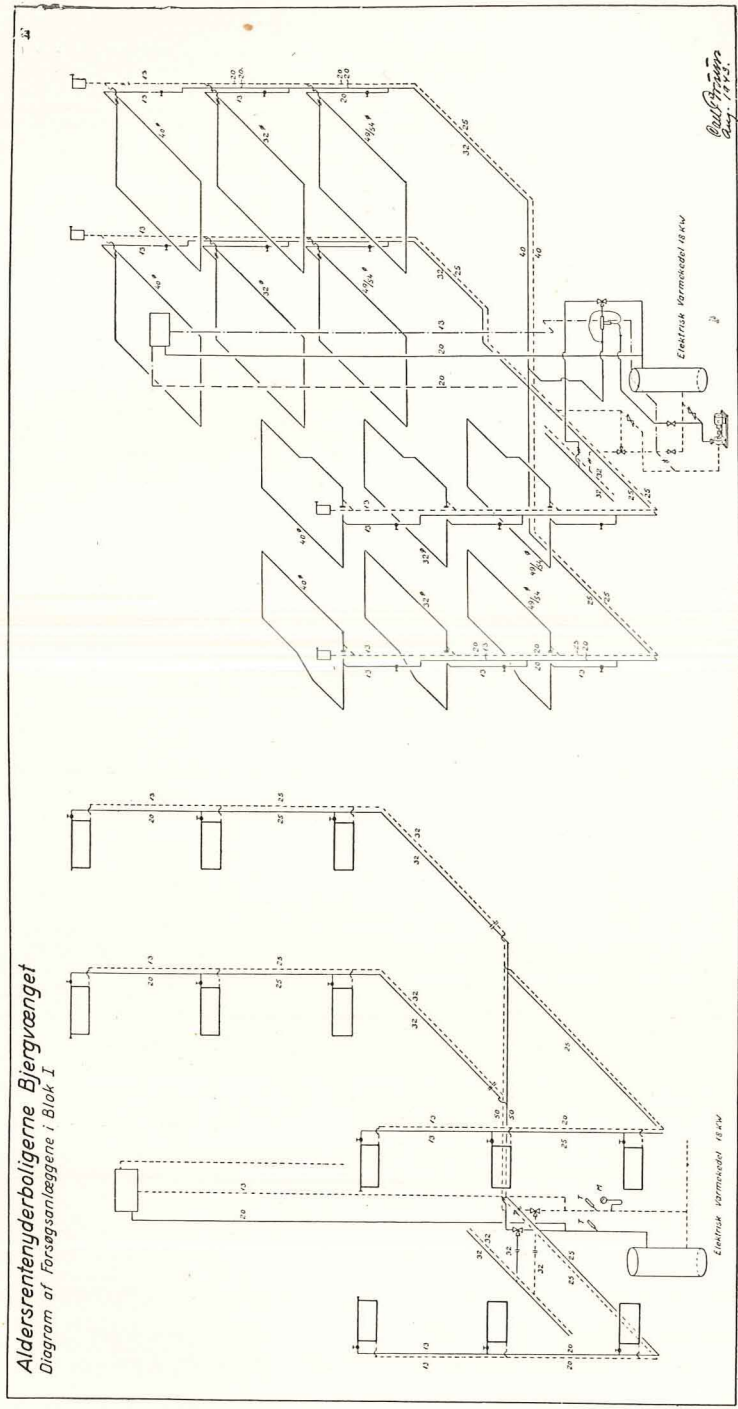
Aldersrenteboliger Bjergvænget.
Forsøg vedr. varmerefleterende Stoffer
og Refleksvarmeanlæg.

Kurver over Rumtemperaturfordelingen - Plan III



Refleks ———
Radiator - - - -

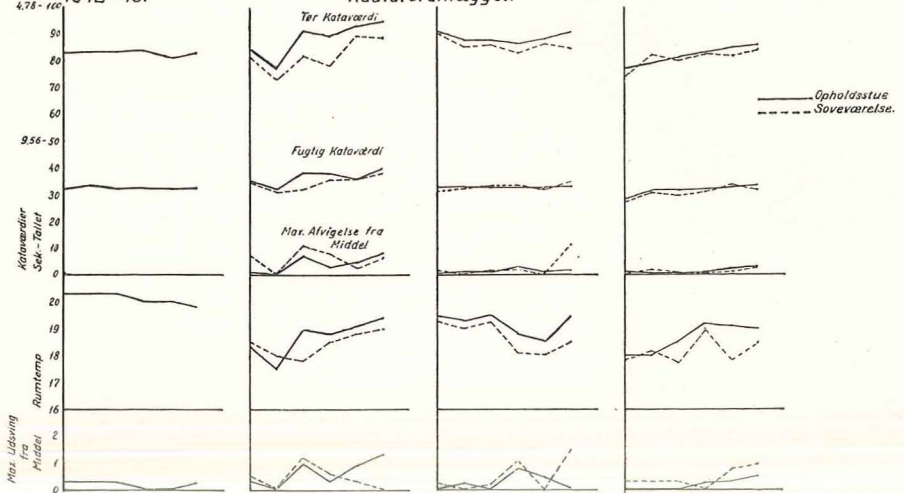
Plan II



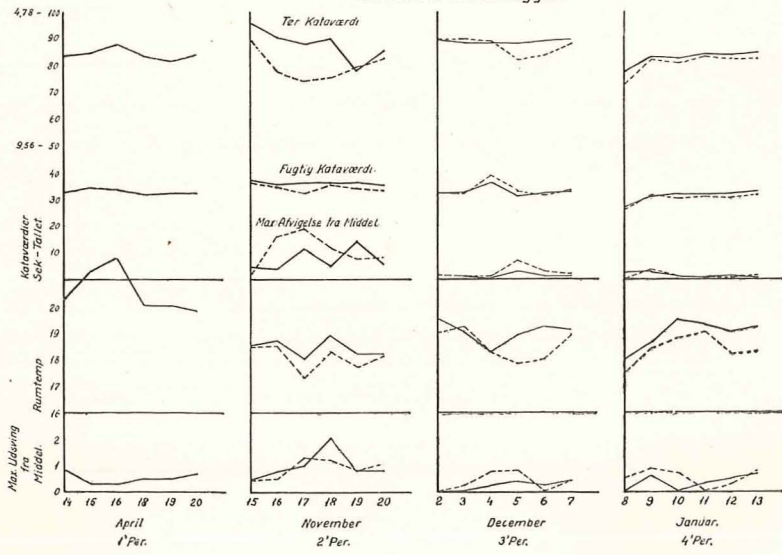
Aldersrentnyderboligerne Bjergvænget
Diagram of Forsøgsanlæggene i Blok I

Aldersrenteboligerne Bjergvænget
Maalinger af de indre Kæer.
1942-43.

Radiatoranlægget.



Refleksvarmeanlægget.



Aldersrenieboligerne Bjergvænget
 Varmeforbruget for Radiator- og Refleksvarmeanlæggene. 1942-43

Plan V



Aldersrenteboligerne Bjergvænget
Malinger af de indre Koar
1942-43.

Plan VII

Date	Forbrug		Kølværdier - tør				Kølværdier - fugtig				Rumtemperaturer.			
	1' Per.	KW	Refleks	Max. Afvig. fra Midd.	Radiator	Max. Afvig. fra Midd.	Refleks	Max. Afvig. fra Midd.	Radiator	Max. Afvig. fra Midd.	Refleks	Max. Afvig. fra Midd.	Radiator	Max. Afvig. fra Midd.
Refleks		Radiator												
14-11	34	54	83.2	0.8	82.9	0.1	32.6	0.6	32.1	0.3	20.3	0.8	20.3	0.3
15-11	30	50	84.3	0.3	83.1	0.1	34.3	0.1	33.4	0	21.3	0.3	20.3	0.3
16-11	35	56	87.5	2.3	83.1	0.3	33.7	1.1	32.1	1.1	21.6	0.3	20.3	0.3
18-11	36	56	83.1	0.3	83.6	0.4	31.6	1.4	32.6	0.2	20.0	0.5	20.0	0
19-11	35	58	81.1	0.3	80.8	0.2	32.1	0.3	32.0	0	20.0	0.5	20.0	0
20-11	35	65	83.6	0.6	82.8	0.3	32.1	0.9	32.5	0.5	19.8	0.7	19.8	0.25
2' Per														
15-12	134	164	95.5 49.3	4.5 1.8	84.0 80.8	1.0 6.8	36.8 36.5	0.8 2.5	35.0 35.0	3.5 2.0	18.5 18.5	0.5 0.5	18.3 18.5	0.3 0.5
16-12	138	164	90.8 77.7	3.8 1.7	77.0 73.0	0 0	35.6 34.5	1.2 3.8	32.0 31.2	0 0	18.2 18.5	0.8 0.5	17.5 18.0	0 0
17-12	130	163	97.0 73.0	11.3 4.8	91.3 81.8	7.3 11.8	36.0 32.1	7.5 12.2	38.1 32.0	0.9 9.0	18.0 17.3	1.0 1.3	19.0 17.8	1.0 1.3
18-12	132	156	90.6 75.5	5.0 1.5	89.6 77.7	3.4 7.3	35.9 32.7	4.5 3.1	37.9 35.6	0.5 0.9	18.9 18.3	2.1 1.2	18.8 18.5	0.3 0.5
19-12	150	161	78.5 78.6	13.9 7.0	92.9 89.7	4.5 2.7	33.9 36.4	5.2 1.4	35.8 35.5	6.2 4.4	18.2 17.7	0.8 0.8	19.1 18.8	0.9 0.3
20-12	128	147	85.6 82.6	5.2 8.4	94.6 88.3	8.2 6.3	35.3 33.5	3.1 3.5	39.9 38.1	5.5 5.7	18.2 18.2	0.8 1.2	19.4 19.0	1.4 0
3' Per														
2-1	175	212	89.4 89.2	1.4 1.4	90.7 89.9	0.3 1.1	32.1 32.1	0.7 1.9	32.7 31.2	0.9 0.6	19.5 19.0	0 0	19.5 19.3	0 0.3
3-1	232	263	88.2 89.7	0.4 0.5	87.4 84.7	1.0 0.1	32.0 32.6	0.4 0.2	33.1 32.0	1.3 1.2	19.0 19.3	0 0.3	19.3 19.0	0.3 0
4-1	158	218	88.2 88.6	0.2 1.1	87.3 85.5	0.9 1.3	36.3 34.4	0.7 0.4	32.4 32.6	0.8 0.2	18.3 18.3	0.3 0.8	19.5 19.3	0 0.3
5-1	121	152	87.8 81.6	5.3 6.8	85.9 82.5	2.7 1.9	30.9 32.7	1.7 1.1	32.7 32.9	0.7 0.7	18.9 17.8	0.4 0.8	18.8 18.1	0.8 1.1
6-1	128	164	88.9 83.4	0.1 3.0	87.8 86.4	0.5 0	31.9 31.6	0.5 1.8	32.5 31.6	0.3 0	19.3 18.0	0.3 0	18.5 18.0	0.5 0
7-1	175	232	89.6 87.2	1.0 1.8	90.3 84.4	1.7 11.6	32.5 33.1	1.2 2.1	33.1 34.3	1.7 3.3	19.1 18.9	0.4 0.4	19.5 18.5	0 1.5
4' Per														
8-4	322	345	77.5 73.0	2.5 0	77.0 74.0	1.0 0	27.0 26.0	0 0	28.0 27.0	0 0	18.0 17.5	0 0.5	18.0 17.8	0 0.3
9-4	280	330	83.0 82.3	3.0 3.7	79.3 81.7	0.7 1.3	31.2 31.8	0.6 2.2	31.7 30.7	2.3 1.3	18.6 18.6	0.6 0.9	18.0 18.2	0 0.3
10-4	268	300	82.2 80.4	0.6 0.6	81.1 80.0	0.7 0.8	31.8 30.0	0.8 0.6	31.3 29.7	0.9 0.9	19.5 18.8	0 0.7	18.5 17.7	0 0.3
11-4	265	336	84.1 83.2	0.5 0.5	82.7 82.2	0.7 0.4	31.3 30.8	1.1 1.0	31.8 30.9	0.2 0.9	19.3 19.0	0.3 0	19.3 19.0	0.3 0
12-4	245	280	83.4 81.6	1.0 0.4	84.2 81.1	1.8 0.9	32.2 30.6	0.6 0.8	32.7 33.3	0.3 1.3	19.0 18.2	0.5 0.3	19.2 17.8	0.3 0.7
13-4	200	233	84.7 82.1	0.5 1.1	85.2 83.6	2.8 2.4	33.1 31.4	1.7 1.7	33.2 31.9	1.0 2.1	19.2 18.3	0.7 0.8	19.0 18.3	0.5 1.0

Resumé

Med det Formaal at undersøge Driftsøkonomien ved Refleksvarmeanlæg og Radiatoranlæg blev der i to ensartede og ens beliggende Grupper af Lejligheder i samme Husblok, se Fig. 1, installeret et normalt Radiatoranlæg med Radiatorer under Vinduerne i den ene Gruppe af Lejligheder og et Refleksvarmeanlæg med under Loftet frit ophængte Varmelegemer i den anden Gruppe af Lejligheder.

Varmelegemet var i hvert Rum udformet som en langs Væggene fortløbende Rørledning, og Væggene var gjort reflekterende ved Beklædning med Alumittapet. Fig. 2 viser et Diagram af Forsøgsanlægene.

Ved at foretage Maalinger over adskillige Uger konstateredes en Besparelse ved Anvendelse af Refleksvarme, som

- 1) for en Middelsæson ($+3,5^{\circ}\text{C}$ i Middel) vil ligge omkring ca. 20 pCt. for den omtalte Hustype.
- 2) er stigende med stigende Ydertemperatur — for omhandlede Sæson fra 14 pCt. ved $\div 5^{\circ}\text{C}$ til 42 pCt. ved $+10^{\circ}\text{C}$ Middeltemperatur.

Summary.

With the purpose of investigating the working economy of heating by means of radiators and by reflex heating plants two uniform and uniformly situated groups of flats in the same block (see fig. 1) were compared, one group being furnished with an ordinary heating plant with radiators below the windows and the other with reflex heating plants with heating elements freely suspended from the ceiling.

In each of the rooms the heating elements consisted of a continuous tube arranged along the walls, and the walls were made reflecting by being hanged with aluminium wall paper. Fig. 2 shows a diagram of the experimental arrangement.

By carrying out measurements throughout several weeks it was ascertained that an improved economy was obtained by means of the reflex heating plant which

- 1) for an average season (mean temperature $3,5^{\circ}\text{C}$) will be abt. 20% for the type of dwelling in question.
- 2) increases with increasing external temperature — for the season in question from 14% at $\div 5^{\circ}\text{C}$ to 42% at a mean temperature of $+10^{\circ}\text{C}$.

*Bemærkninger af Professor F. C. Becker
til nærværende Meddelelse Nr. 8.*

En Fraktion af Boligopvarmningsudvalget — bestaaende af underskrevne Professor ved Teknisk Højskole — bemærker følgende:

De i heromhandlede Meddelelse beskrevne Undersøgelser er ikke fremkommet ved Impuls fra Boligopvarmningsudvalget eller bekostet af dette.

Meddelelsens Undersøgelser vedrører Maalinger af Varmeforbrug ved Radiator- og Refleksopvarmning og en Sammenligning af saadanne Maaleresultater.

Maalingerne er foretaget i to Grupper Boliger, der er eensartede i Byggemaade, Beliggenhed og Brug samt underkastet saa vidt muligt samme indre og ydre Kaar, men som er uensartede udstyret m. H. t. Varmeisolation, idet den ene Gruppe Boliger, der er udstyret med Radiatoropvarmningsanlæg (her benævnt: Rad-Gruppen) ikke er forsynet med Varmeisolation, medens den anden Gruppe Boliger, der er udstyret med Refleksopvarmningsanlæg (her benævnt: Refl.-Gruppen), er forsynet med Straalingsisolation paa Ydervægge, Indervægge og Loft samt med en mere beskedene Ledningsisolation paa de øverst beliggende Boligers Loft.

Maalingerne viser det aldeles trivielle Resultat, at de varmeisolerende Boliger (Refl.-Gruppen) har et mindre Varmeforbrug end de uisolerede Boliger (Rad.-Gruppen), alt under iøvrigt saa vidt muligt lige Forhold.

I Refl.-Gruppen er Boligernes Varmeovne anbragt paa den — i Henseende til Boligernes Opvarmningstilstand — mest uheldige Maade, nemlig under Loftet; i Rad.-Gruppen er Boligernes Varmeovne anbragt under Vinduerne.

Af Meddelelsens Maaleresultater fremgaar intet, der kunde tyde paa et mindre Varmeforbrug i Boliger med Refl.-Gruppens Ovnplacering sammenlignet med Rad.-Gruppens Ovnplacering, alt under saavidt muligt lige Forhold m. H. t. Boligernes Byggemaade, Varmeisolering, Beliggenhed og Brug samt indre og ydre Kaar.

Nærværende Fraktion af Boligopvarmningsudvalget mener at maatte fraraade, at heromhandlede Meddelelse offentliggøres.

F. C. Becker.

Forfatteren har ikke ønsket at svare paa ovenstaaende Bemærkninger. Forsøgsudvalget kan tiltræde dette Standpunkt.

*Aug. Krogh.
Otto Juel Jørgensen.*

*Carl Bruun.
J. L. Mansa.*

*E. S. Johansen.
Carl U. Simonsen.*