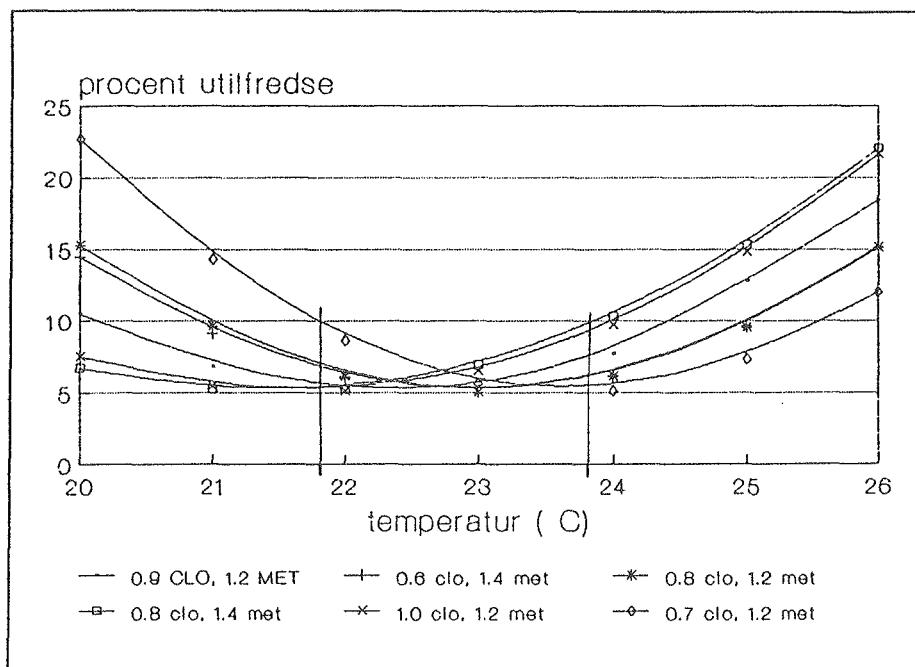


# Termostatens betydning for energiforbrug og komfort

Thomas Lund Madsen



Meddelelse nr. 232  
August 1990

Laboratoriet for Varmeisolering  
Danmarks Tekniske Højskole



## TERMOSTATENS BETYDNING FOR ENERGIFORBRUG OG KOMFORT

Thomas Lund Madsen

Laboratoriet for Varmeisolering

### INDLEDNING

Der er i 80'erne sket en stor udvikling af indeklimastyringen i vore bygninger. CTS-anlæg er efterhånden reglen ikke undtagelsen.

Der er imidlertid et element som ikke rigtig er fuldt med i denne udvikling, nemlig:

### RUMTERMOSTATEN

Formålet med denne er at måle den termiske tilstand som brugerne af rummet befinner sig i, således at styresystemet hurtigt og korrekt kan justere denne tilstand inden termisk discomfort opstår. Dette opnås bedst hvis termostaten har følgende fire egenskaber:

1. lille tidskonstant
2. lille hysterese
3. registrerer både lufttemperatur, lufthastighed og strålingstemperatur.
4. har en central placering i opholdszonen.

Hvorfor er disse egenskaber så rigtige? Fordi det såvel af energiøkonomiske som af komfortmæssige grunde er vigtigt at rumtemperaturen holdes konstant.

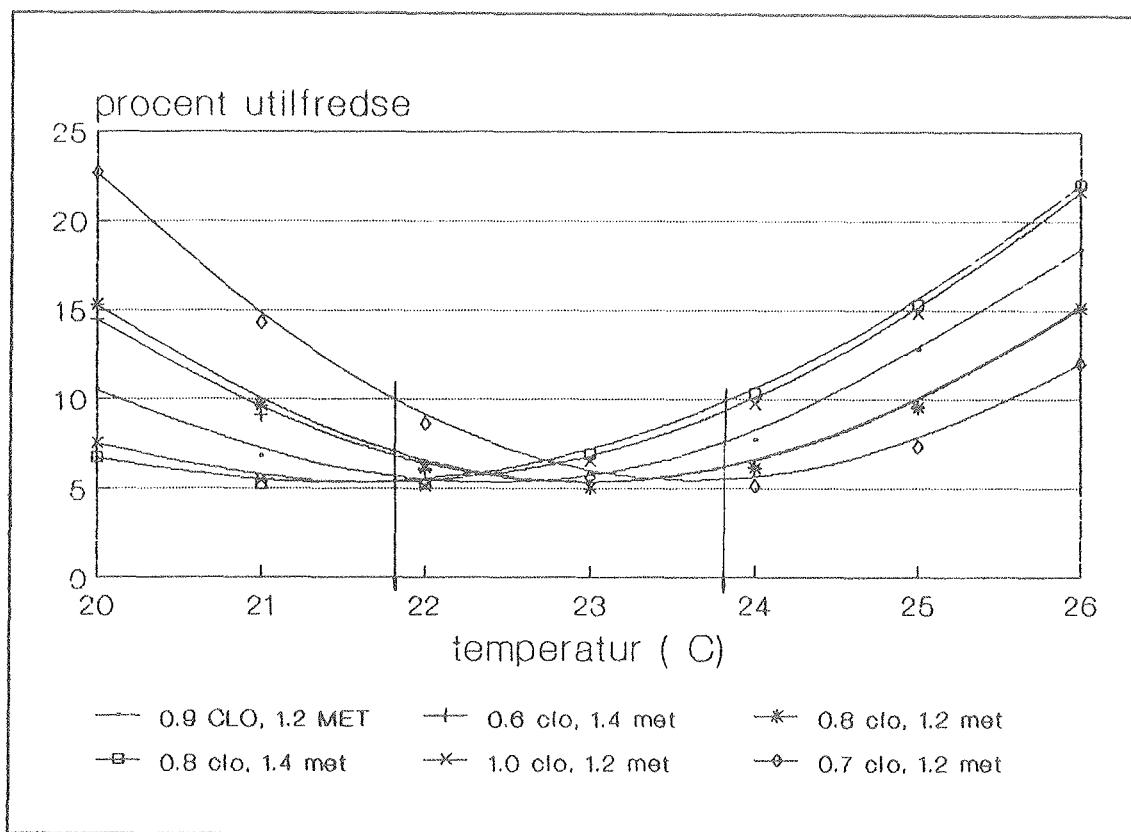
#### A. ENERGIØKONOMI

I praksis vil rumtemperaturen altid svinge op og ned, dels på grund af variationer i gratisvarmen (sol, personer, belysning m.v.) og dels på grund af klimaanlæggets tidskonstanter og hysterese. Personforsøg (1) har vist, at brugere af et rum altid, hvis de har mulighed for det, indstiller termostaten således at PMV-værdien svinger mellem 0 og en positiv værdi. Det betyder at rummets middeltemperatur, og dermed energiforbruget, stiger i takt med denne temperatursvingning.

Ofte angives - selv i reklamer for energibesparende produkter - at der kan spares 5-6% energi ved en sænkning af rumtemperaturen på 1°C. I virkeligheden kan der spares det dobbelte, fordi der i de 5-6% ikke er tænkt på gratisvarmen, som på grund af forbedret isolering udgør en stadig større del af det samlede energibehov til opvarmning (2).

## B. KOMFORT

I ISO/DS 7730 angives at temperaturen i fyringssæsonen skal ligge mellem 20 og 24°C. Forudsætningen er en aktivitet på 1,2 met og en påklædning på 1,0 clo, samt en accept af at der må være op til 10% som er utilfredse med temperaturen. I praksis vil der være en vis variation i såvel påklædning som aktivitet.



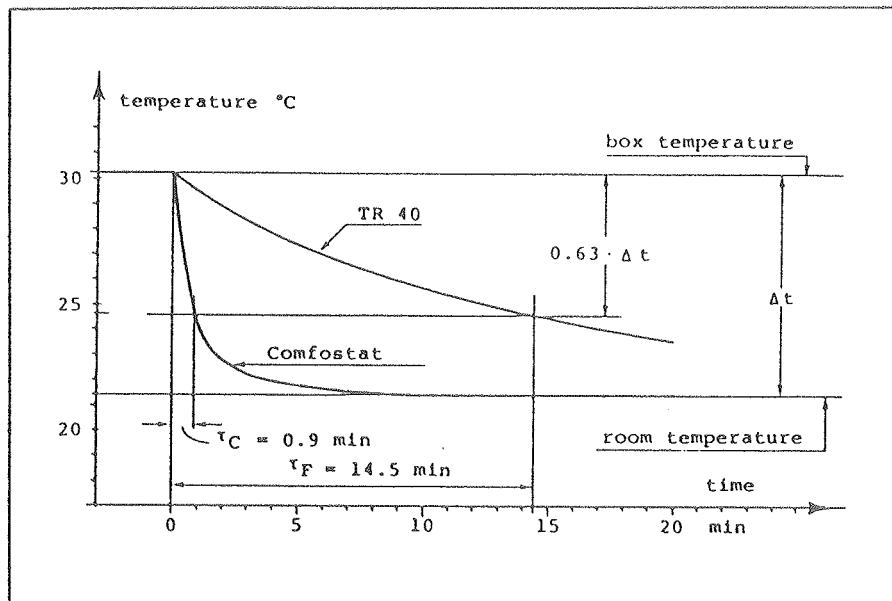
Figur 1. Sammenhæng mellem rumtemperatur og forventede procent utilfredse (PPD) for typiske kombinationer af beklædning og aktivitet.

På fig. 1 ses sammenhængen mellem temperatur og det forventede procent utilfredse (PPD) for seks kombinationer af beklædning og aktivitet. Det ses at komfortintervallet nu er snævret ind og ligger mellem 22 og 24°C. Det betyder i praksis, at selv en lille reduktion af temperatursvingninger kan bidrage til at flere bliver tilfredse.

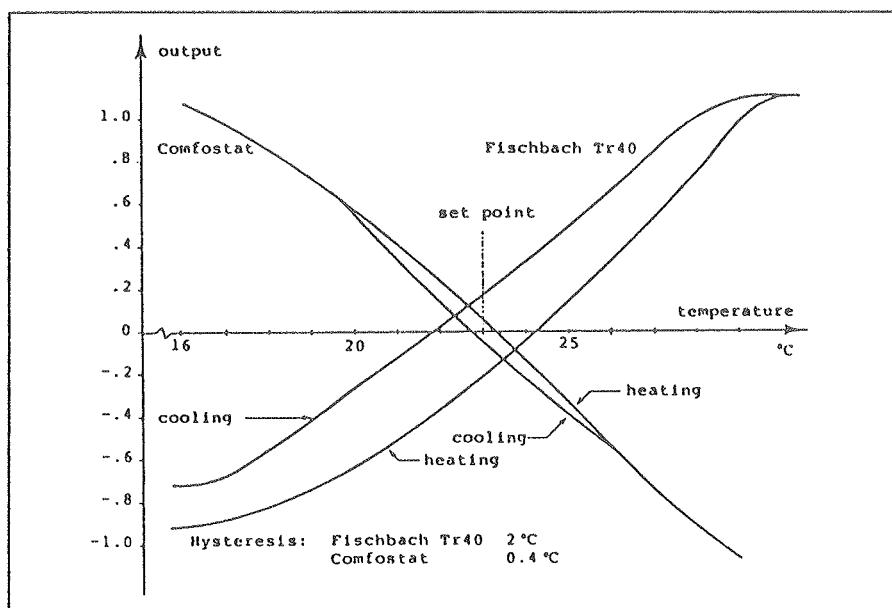
Antages det, at der i gennemsnit er én ansat pr. 20 m<sup>2</sup> etageareal og at energiudgiften er 50 kr/m<sup>2</sup> så fås en energiudgift pr. ansat som er 1000 kr/år eller mindre end en procent af lønudgiften. Det er næppe urealistisk at forvente, at et forbedret indeklima kan øge produktiviteten mindst en procent, eller mere end det samlede energiforbrug til opvarmning (3).

## MÅLINGER

I laboratoriet er foretaget måling af tidskonstant og hysterese for en traditionelle termostat og for en ny opvarmet komfort tranducer. Resultatet ses på fig. 2 og 3.



Figur 2. Tidskonstanter for traditionel og moderne thermostat.

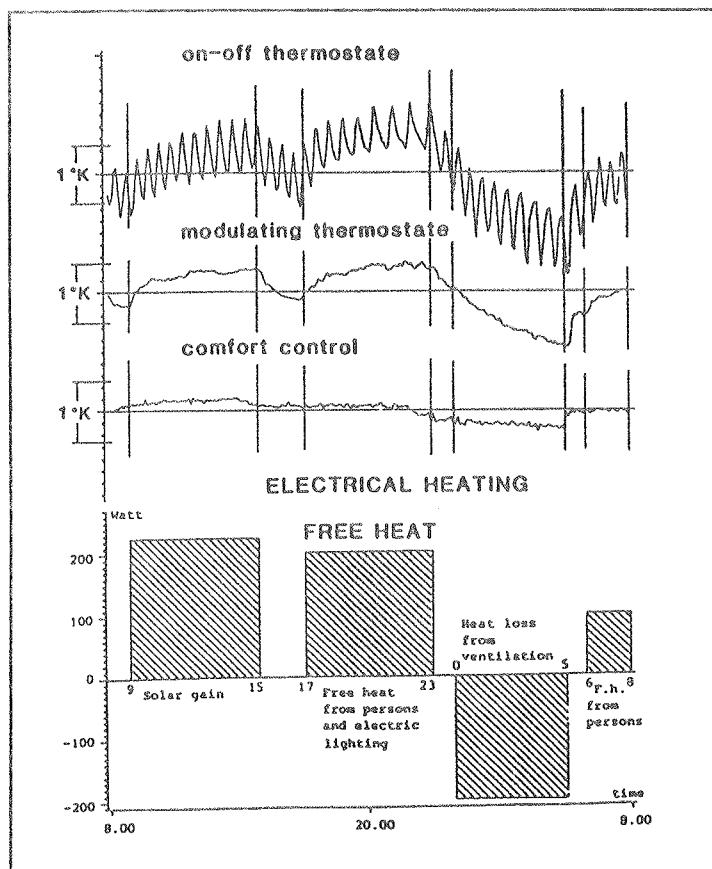


Figur 3. Hysterese målt på en traditionel og en nyudviklet termostat.

Forskellige termostaters evne til at opretholde en ønsket temperatur varierende termisk belastning er bestemt ved måling i klimakammer. I tabel 1 er vist et eksempel fra denne undersøgelse [4].

Tabel I. Temperaturvariationer ( $t_{\max} - t_{\min}$ ) i opholdszonens målt gennem en 24 timers måleperiode med varierende gratisvarme. Der er undersøgt forskellige kombinationer af varme- og control system.

CONTROLSYSTEM	VARMESYSTEM				
	EL	LOFT	VAND	LUFT	MIDDEL
ON-OFF TERMOSTAT	3,6	2,4	3,9	2,9	3,2
MODULERENDE TERMOSTAT	1,4	1,7	1,6	1,6	1,6
COMFORT STYRING	0,5	0,7	0,7	1,3	0,8
MIDDEL	1,8	1,6	2,1	1,9	

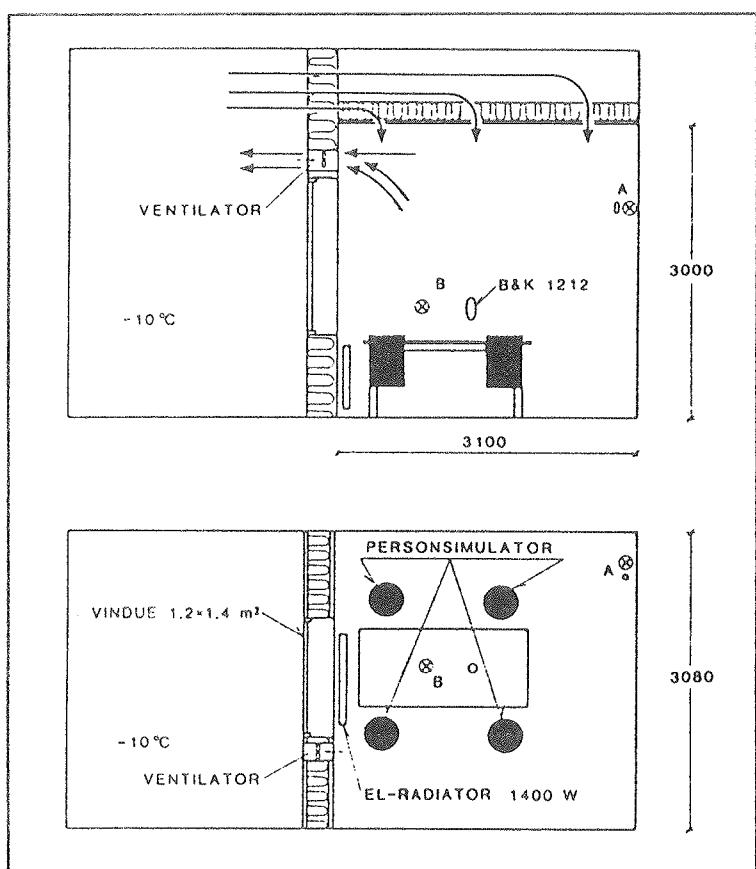


Figur 4. Eksempel på temperaturvariationer i opholdszonens ved brug af tre forskellige termostater fra [4]

## TERMOSTATPLACERINGENS BETYDNING

Rumtermostaten anbringes altid på en væg, diskret, så den hverken generer møbleringen eller det visuelle indtryk af rummet. Det betyder at den termiske komfort i opholdszonen bestemmes af et eller andet gennemsnit af vægtemperaturen og lufttemperaturen på termostatens plads.

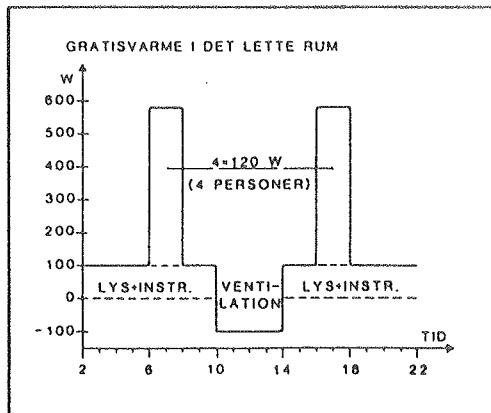
I to klimakamre er undersøgt om dette er den bedste løsning.



Figur 5. Det lette forsøgsrum.

A. og B angiver placeringen af termostat og komfostat på henholdsvis væg og i opholdszone.

Figur 6. Gratisvarmen i det lette rum. På grund af det forøgede luftskifte mellem 10 og 14 er gratisvarmen negativ i dette tidsrum.



## LET RUM

På figur 5 er forsøgsopstillingen vist. Rummet har et varmetab gennem en "ydervæg med vindue" ind mod et koldt rum hvor temperaturen holdes konstant på  $-12^{\circ}\text{C}$ . Varmetabet kan forøges ved hjælp af en lille ventilator i "ydervæggen". Gratisvarmen består af fire "personer" som hver kan afgive 120 Watt. Temperaturen i rummet opretholdes ved hjælp af to elradiatører à 700 Watt placeret langs "ydervæggen" under vinduet. Radiatorernes ind- og udkobling styres af en rumtermostat som skiftevis sidder på væggen 1,7 m over gulv ved (A) eller hænger i samme højde over bordet ved (B). Med to termiske komfortmålere registreres den ækvivalente temperatur tæt ved de to valgte termostatplaceringer.

Det er muligt at sammenligne de temperatursvingninger der opstår i opholdszonen ved hver af de to termostatplaceringer. Temperaturvariationerne skyldes dels ind- og udkobling af de fire "personer", dels start og stop af ventilatoren (V), som når den kører fjerner 200 Watt fra rummet (fig.6).

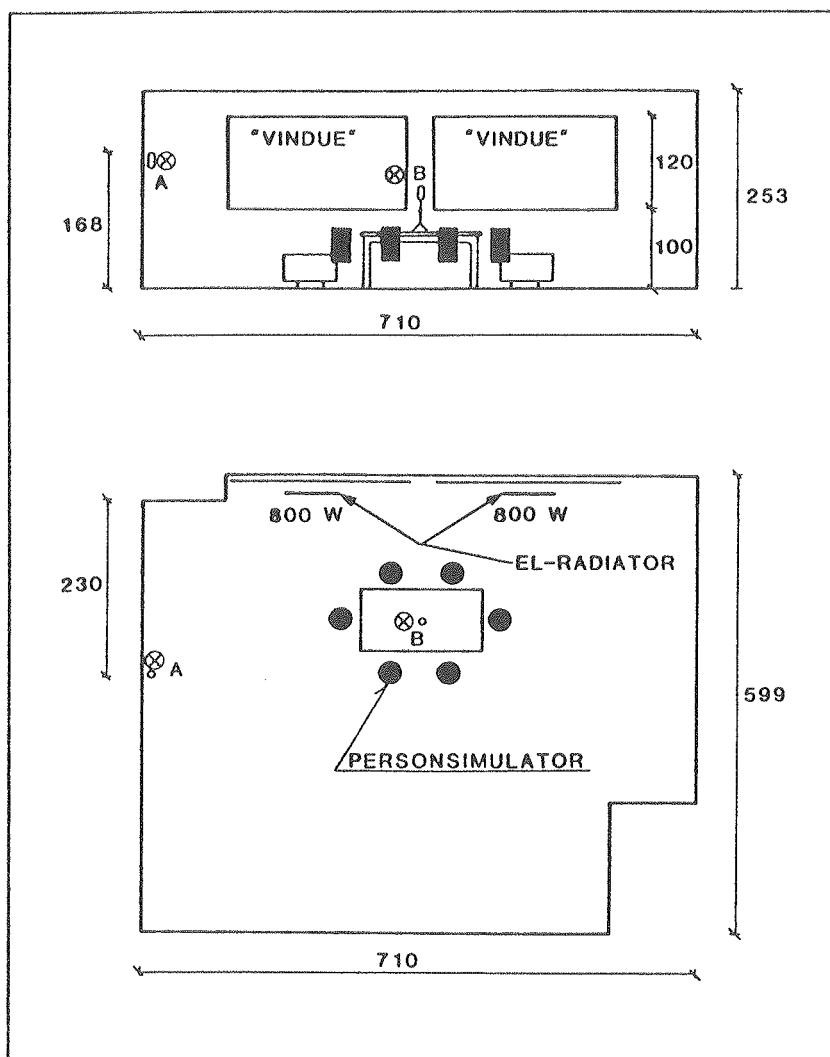
Der er foretaget målinger med tre forskellige termostater: en simpel on-off termostat, en modulerende elektronisk styring, samt en elektronisk styring der som temperaturføler anvender samme transducer som den termiske komfortmåler (5).

Hovedresultatet af målingerne fremgår af tabel 2.

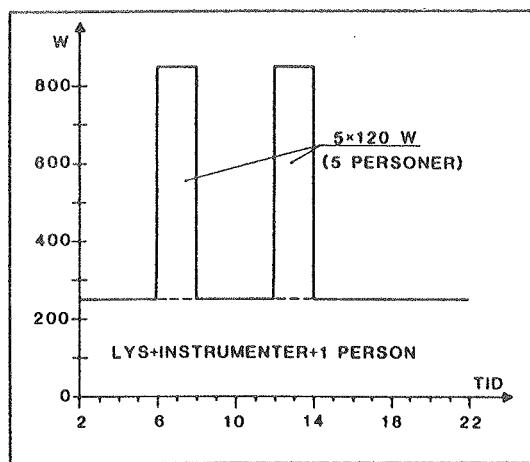
## TUNGT RUM

Forsøgsopstillingen fremgår af figur 7. Gulv og loft består af beton, væggene er murværk. Alle begrænsningsflader er isoleret med 100 mm mineraluld udvendigt. Varmetabet fra dette rum etableres med to plane køleflader med en samlet overflade på  $11,5 \text{ m}^2$ . Fladerne simulerer to vinduer i rummet. Gratisvarmen varierer mellem 250 Watt og 850 Watt. De 600 Watt skyldes fem "personer" som indkobles i perioder af to timers længde, svarende til f.eks. et møde (fig. 8).

Varmekilden er to plane elradiatører à 800 Watt anbragt under "vinduerne". De to termostatplaceringer fremgår af figur 6. Højden er i begge tilfælde 170 cm over gulv henholdsvis på væg A og over bordet. Den ækvivalente temperatur blev målt 1,1 m over gulv midt på bordet. Termostaterne er de samme som i det lette rum, dog er on-off termostaten erstattet af en komfostat der anvender komfortføleren som temperaturføler, men som i øvrigt fungerer som en on-off termostat. Målingernes hovedresultat fremgår af tabel 2.



Figur 7. Det tunge forsøgsrum. A og B angiver termostatplaceringerne på væg og i opholdszone.



Figur 8. Gratisvarmen i det tunge rum.

Tabel II. Den ækvivalente temperaturs variation ( $\Delta t_{eq}$ ) henholdvis ved væggen (A) og i opholdszonens (B). Målt for en række termostattyper anbragt henholdsvis på væggen (A) og i opholdszonens (B).

$\Delta t_{eq}$  angiver forskellen mellem den højeste og den laveste temperatur som er målt i løbet af en måleperiode (24 timer). De sidste fire kolonner angiver reduktionen af  $\Delta t_{eq}$  efter flytningen af termostaten fra væg til opholdszone.

		Den økvivalente temperatur variation i løbet af en måleperiode (24 timer) $\Delta t_{eq}$				Reduktion af $\Delta t_{eq}$ efter flytning af termostat fra væg til opholdszone			
Målepunkt placering		væg A	oph.z. B	væg A	oph.z B	væg A	oph.z. B	væg A	oph.z. B
Termostat type	Tidskonstant (min)	Termostat placering på væg A		Termostat placering i opholdsz.B		Reduktion af $\Delta t_{eq}$ i K.		Reduktion af $\Delta t_{eq}$ i %	
<b>Let rum</b>									
On/off bimetal	8	2.3	3.3	2.1	2.9	0.2	0.4	9	12
Modulerende I	5	1.4	2.0	1.1	1.1	0.3	0.9	21	45
Modulerende II	1	0.7	1.7	1.4	1.3	-0.7	0.4	-100	23
Middel		1.5	2.3	1.5	1.8	0	0.5	0	27
<b>Tungt rum</b>									
On/off komfostat	1	0.6	1.9	0.5	1.4	0.1	0.5	17	26
Modulerende I	5	0.6	1.5	0.4	1.2	0.2	0.3	33	20
Modulerende II	1	0.5	1.1	0.4	0.8	0.1	0.3	20	27
Middel		0.6	1.5	0.4	1.1	0.1	0.4	23	24

## MÅLERESULTATER

Laboratoriemålingerne viser at rumtemperaturen er mere konstant når termostaten sidder i opholdszonens end når den sidder på væggen. Dette gælder både temperaturen i opholdszonens og, med en enkelt undtagelse også tæt ved væggen hvor termostaten normalt sidder. De største temperatursvingninger (3,3 K) er fundet i det lette rum med en on-off termostat på væggen. Den mindste variation (0,8 K) er målt i det tunge rum med en modulerende komfortstyring hvor føleren var anbragt i opholdszonens. I begge rum er valget af termostattype vigtigere end valget af termostatplacering.

Personforsøg har vist at termostaten normalt indstilles således at PMV-værdien aldrig bliver negativ. I (6) er angivet følgende udtryk til beregning af den foretrukne temperatur ( $t_{acc}$ ):

$$t_{acc} = t_{com} + 0,3 * A \text{ } ^\circ\text{C}$$

hvor  $t_{com}$  = den ækvivalente temperatur for PMV = 0  
 og A = amplituden i den periodiske temperatursvingning.

Hvis den modulerende termostat i det lette rum flyttes fra væggen til opholdszonens, så kan den foretrukne temperatur sænkes:

$$\Delta t_{acc} = 0,3 * (2,0 - 1,1) = 0,3^\circ C$$

svarende til en energibesparelse på mindst 3%.

Hvis on-off termostaten i det lette rum erstattes med en modulerende komfortstyring uden at termostatplaceringen ændres, så vil den foretrukne temperatur falde:

$$\Delta t_{acc} = 0,3 * (3,3 - 1,7) = 0,5^\circ C$$

svarende til 5% energibesparelse ved opvarmning.

## KONKLUSION

- A. Sammenligningen af de forskellige termostater brugt til forskellige varmeanlæg viser at temperatursvingingerne kan reduceres betydeligt alene ved et fornuftigt valg af termostat.
- B. Temperaturvariationen i opholdszonens reduceres når termostaten flyttes fra væggen til en central placering i rummet.
- c. En central placering af rumtermostaten medfører en mere konstant rumtemperatur ikke kun tæt ved termostaten men også udenfor opholdszonens tæt ved væggen.

**LITTERATUR**

1. Lebrun, I., og Marrat, D. An experimental study on the effect of the comfort condition in a heated room. Proceedings, International Congress on Building Energy Management. Portugal. Maj 1990.
2. Nielsen A. Hvad betyder en grads overtemperatur? En beregning af det forøgede varmebehov ved højere indetemperatur. Laboratoriet for Varmeisolering. Medd. nr. 77. 1978.
3. Haines, R.W. Comfort: Forgotten factor in economic analyses. Heating/Piping/Air Conditioning. Sept. 1988.
4. Madsen, T.L. Measurement and control of thermal comfort in passive solar systems. Third International Congress on Building Energy Management, Lausanne. Sept. 1987.
5. DANVAK: Varme- og klimateknik. Grundbog 1988. Kap. 12.
6. Sprague, C.M. and McNall, P.E. The Effect of fluctuating temperature and relative humidity on the thermal sensation of sedentary subject. ASHAE Transactions Vol. 76 part 1. 1970.

