

# ØKONOMISK VARMEISOLERING

EN KORTFATTET OVERSIGT

POUL BECHER

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
20 JULI 1988  
L.A. 00773 P

# Økonomisk varmeisolering

## En kortfattet oversigt

Af P. BECHER

Civilingeniør, forskningsleder ved Statens Byggeforskningsinstitut

697.133.003

De stærkt stigende brændselspriser har medført en voksende interesse for bedre isolering af vore boliger. Statens Byggeforskningsinstitut har derfor set det som en af sine første opgaver at foretage en undersøgelse af, hvor meget det kan betale sig at isolere. Resultatet af undersøgelsen er i disse dage udgivet som rapport nr. 1 fra instituttet, og nedenfor gives en oversigt over rapportens indhold.

Ved boligbyggeri må det være i alle parter interesse, at driftsudgifterne bestående af huslejen + varmebidraget bliver de mindst mulige. Driftsudgifterne i varmeøkonomisk henseende ved en ydervæg består af følgende komponenter:

1. forrentning og afskrivning af byggeudgifterne,
2. brændselsudgifterne til dækning af varmetabet,
3. forrentning og afskrivning af varmeanlægget,
4. lejen for den plads, væggen optager.

Dette kan opstilles i en formel, så man får et udtryk for de årlige driftsudgifter pr. m<sup>2</sup> væg. Desværre kan man ikke direkte ad matematisk vej finde den isoleringstykkelse, der giver minimum for driftsudgifterne, idet det er umuligt at opstille et nøjagtigt udtryk for sammenhængen mellem væggenes transmissionstal og pris. Man må derfor nøjsommeligt beregne driftsudgiften for en række forskellige isoleringstykkelser ved hver vægkonstruktion, optegne resultaterne grafisk og på kurverne aflæse minimum for driftsudgiften.

I rapporten er angivet hvilke priser og andre forudsætninger, der er lagt til grund for beregningen af driftsudgifterne, og for de forskellige vægtyper kommer man til følgende udtryk:

almindelige ydervægge

$$D = 0,047 K_u + 2,3 k + 1,4 d \quad (1a)$$

tage og etageadskillelser mod det fri

$$D = 0,047 K_u + 2,3 k \quad (1b)$$

brystninger med almindelig overfladebehandling bag radiatorer

$$D = 0,047 K_u + 4 k_1 \quad (2a)$$

brystninger med aluminiumstapet bag radiatorer

$$D = 0,047 K_u + 2,3 k_1 \quad (2b)$$

hvor D er de samlede årlige driftsudgifter pr. m<sup>2</sup> i kr/m<sup>2</sup> · år og

$K_u$  byggeudgifterne til væggenes opførelse i kr/m<sup>2</sup>

$k$  væggenes transmissionstal i kg/m<sup>2</sup> · h · °C

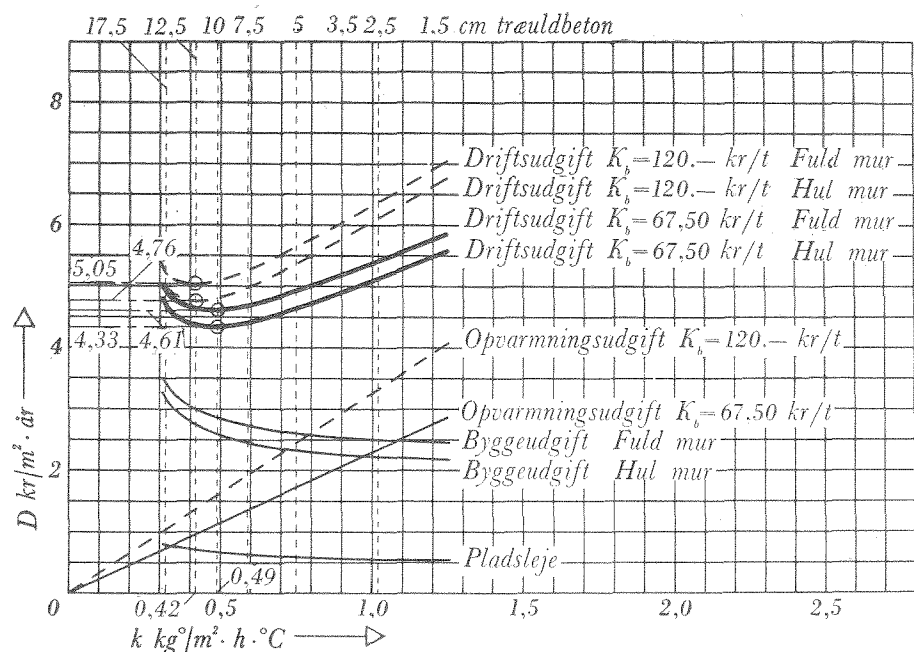
$d$  væggenes samlede tykkelse i m og

$k_1$  ved brystninger bag radiatorer, transmissionstallet fra væggenes indvendige overflade til fri luft.

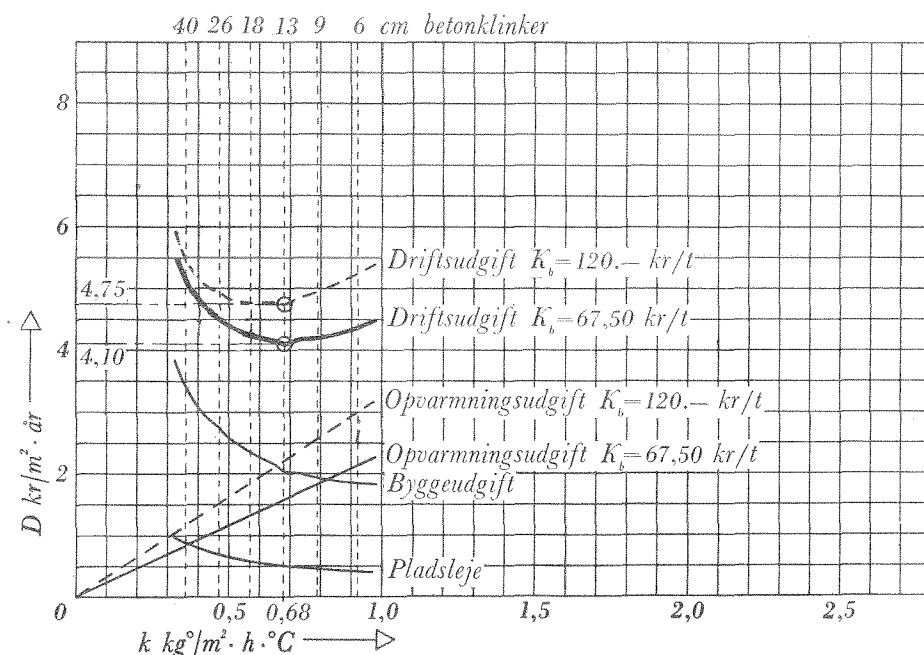
I overensstemmelse med disse formler er optegnet driftskurverne for en række ydervægge, tage, etageadskillelser og brystninger, og på fig. 1 er vist to eksempler.

Driftsudgiftskurverne ses her at have et udpræget minimum, der bestemmer den teoretisk mest økonomiske isoleringstykkelse. Ved bestemmelsen af den praktisk anvendelige mest økonomiske isoleringstykkelse skal man derefter, som diagrammerne er tegnet, gå mod højre, mod større transmissionstal og mindre isolering, idet man ikke bør risikere at investere flere penge end forsvarligt.

I tabellerne 1, 2 og 3 er anført de mest økonomiske isoleringstykkelser anvendelige i praksis for en række konstruktioner. Når den projekterende arkitekt eller ingeniør har gjort sig klart, hvilke krav med hensyn til udseende, styrke, brand, akustik o.s.v., der må stilles til konstruktionen i det givne tilfælde, kan han i tabellerne straks finde den konstruktion, der opfylder de stillede krav og giver de mindste varmeøkonomiske driftsudgifter.



Konstruktion nr. 11. 35 cm fuld mur og 35 cm hul mur med faste bindere, begge af tunge teglsten, isoleret indvendig med træuldbeton opsat i mørtel, udv. fuget og indv. pudset med trådvæv over pladesamlingerne.



Konstruktion nr. 22. Hul mur med ståltrådsbindere, for- og bagmur af mangelhulsten, 1800 kg/m<sup>3</sup> for teglmassen, hulrummet udfyldt med betonklinker. Udv. fuget og indv. pudset.

Fig. 1. Driftsudgiftskurverne for 2 forskellige ydervure med varierende tykkelse af isoleringen.

I tabellerne er indenfor hver gruppe øverst vist den konstruktion, der svarer til almindelig byggeskik. Man ser, at driftsudgifterne alle steder kan komme meget længere ned ved et mere hensigtsmæssigt valg af materialer og tykkelser.

Der er overalt regnet med en rentefod på 4 % p. a. og en brændselspris på 67,50 kr/t, men i rapporten er desuden på diagrammerne, nr. 1—32, for de forskellige konstruktioner indtegnet driftsudgiftskurverne for en brændselspris på 120,— kr/t.

Ved brystninger bag radiatorer er i rapporten anført driftsudgifterne med brystningens inderside

limfarvet eller beklædt med aluminiumstapet; der opnås en væsentlig besparelse ved det sidste.

Af tallene ser man, at den mest økonomiske tykkelse for et isoleringsmateriale ikke er afhængig af opbygningen af den bærende og mindre stærkt isolerende del af væggen, ved træuldbeton er 10 cm den mest økonomiske tykkelse enten væggen, der skal isoleres, er 23 eller 47 cm tyk. For de almindeligste isoleringsmaterialer er ved alle konstruktioner de mest økonomiske tykkelser som vist i tabel 4. Ved brystninger bag radiatorer er de mest økonomiske tykkelser 1,5—2 gange så svære som for almindelige ydervægge.

De varmeøkonomisk billigste af de undersøgte konstruktioner er ved:

Fulde ydervure: 22,5 cm mur af gasbetonblokke, nr. 23, med  $D = 3,97 \text{ kr/m}^2 \cdot \text{år}$  eller 70 % af driftsudgiften ved en 35 cm mur af tunge teglsten, nr. 4.

Hule ydervure: 2 gange 11 cm mur af mangelhulsten med 13 cm hulrum udfyldt med betonklinker, nr. 22, med  $D = 4,10 \text{ kr/m}^2 \cdot \text{år}$  eller 75 % af driftsudgiften ved en 30 cm hul mur af tunge teglsten.

Teglstenstage: Hvis den sædvanlige konstruktion med 2 lag forskalling med pap imellem erstattes af et lag forskalling og isolering med 10 cm mineral- eller glasuldsmåtter, synker driftsudgiften 33 % fra 4,53 til 3,06  $\text{kr/m}^2 \cdot \text{år}$ .

Etageadskillelser mod kolde tagrum: Her bør anvendes isolering af 10 cm granuleret mineraluld, ved en træetageadskillelse med gulvbrædder og indskud hvor lerindskuddet erstattes af mineraluld, synker driftsudgiften 15 % fra 3,59 til 3,03  $\text{kr/m}^2 \cdot \text{år}$ .

Men selv en almindelig 2 stens væg kan det betale sig at isolere; isoleres en sådan væg med 10 cm træuldbeton går driftsudgiften 9 % ned fra 5,74 til 5,21  $\text{kr/m}^2 \cdot \text{år}$ . Ved at isolere en 1½ stens mur på samme måde synker driftsudgiften 18 % fra 5,63 til 4,61  $\text{kr/m}^2 \cdot \text{år}$ .

Ved valget af isoleringsmateriale bør der tages

Tabel 1. De mest økonomiske isoleringstykkelser for almindelige ydervægge med byggepriser i foråret 1948 og brændselspris 67,50 kr/t.

Konstruktion nr.	Konstruktionens opbygning. Vægge med formur af tunge teglsten og mangelhulsten fuget udv., alle andre vægge af mur eller beton pudset udv. Alle vægge, undtagen hvor isoleringen er fiberplade, er pudset indv.	Isolerings tykkelse cm	Transmissionstal $\text{kg}^0/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$	Byggepris $\text{kr/m}^2$	Driftsudgift $\text{kr/m}^2 \cdot \text{år}$
1 a	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med 5 cm træuldbeton		1,08	66,47	5,91*)
	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med 1,27 cm blød træfiberplade opsat i forskallingen		1,54	60,97	6,64*)
	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med 1,9 cm blød træfiberplade opsat i forskallingen		1,24	62,99	6,06*)
2 a	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med mur af gasbetonblokke	17,5	0,72	78,99	5,87
2 b	15 cm jernbetonvæg isoleret udv. med gasbetonblokke opsat i forskallingen	17,5	0,72	77,39	5,79
3 a	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med kork	4	0,67	75,63	5,38
1 a	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med træuldbeton	10	0,61	71,43	5,13
1 b	15 cm grovbetonvæg isoleret indv. med 5 cm træuldbeton		1,08	49,59	5,12*)
2 c	15 cm grovbetonvæg isoleret indv. med mur af gasbetonblokke	17,5	0,72	62,11	5,08
2 d	15 cm grovbetonvæg isoleret udv. med gasbetonblokke opsat i forskallingen	17,5	0,72	60,51	5,00
3 b	15 cm grovbetonvæg isoleret indv. med kork	4	0,67	58,75	4,59
1 b	15 cm grovbetonvæg isoleret indv. med træuldbeton	10	0,61	54,55	4,34
4	47 cm fuld mur af tunge teglsten		1,11	53,56	5,74*)
5	47 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork	4	0,49	76,20	5,45
6	47 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	10	0,45	71,44	5,21
7	47 cm fuld mur af mangelhulsten		0,84	53,00	5,09
4	35 cm fuld mur af tunge teglsten		1,37	42,11	5,63
	35 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,27 cm blød træfiberplade på 1" lister		0,82	55,88	5,07*)
	35 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,9 cm blød træfiberplade på 1" lister		0,72	57,76	4,93*)
7	fuld mur af mangelhulsten	35	1,06	41,55	4,89
8	fuld mur, formur af tunge teglsten, skiftevis løbere og bindere, bagmur af molersten	18	0,96	45,84	4,86
9 a	35 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork	4	0,53	64,80	4,83
10	35 cm fuld mur af mangelhulsten isoleret indv. med kork	3	0,55	61,88	4,73
11 a	35 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	10	0,49	60,02	4,61
12	35 cm fuld mur af mangelhulsten isoleret indv. med træuldbeton	10	0,44	60,58	4,52

\*) Disse tal er kun angivet til sammenligning med de nedenfor angivne mest økonomiske konstruktioner.

Tabel 1, fortsat.

Konstruktion nr.	Konstruktionens opbygning. Vægge med formur af tunge teglsten og mangelhulsten fuget udv., alle andre vægge af mur eller beton pudset udv. Alle vægge, undtagen hvor isoleringen er fiberplade, er pudset indv.	Isoleringens tykkelse cm	Transmissionsstal $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$	Byggepris $\text{kr}/\text{m}^2$	Driftsudgift $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$
4	23 cm fuld mur af tunge teglsten		1,81	30,48	5,93*
	23 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,27 cm blød træfiberplade på 1" lister		0,95	44,25	4,64*
	23 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,9 cm blød træfiberplade på 1" lister		0,83	46,13	4,47*
13	23 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork	4	0,58	53,16	4,24
14	23 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	10	0,53	48,38	3,98
	35 cm hul mur med faste bindere af tunge teglsten		1,38	36,17	5,37*
	35 cm hul mur med faste bindere af mangelhulsten		1,12	35,70	4,75*
15	hul mur med faste bindere og bagmur af molersten	11	1,04	39,26	4,74
9 b	35 cm hul mur med faste bindere af tunge teglsten isoleret indv. med kork	4	0,53	58,86	4,55
16	35 cm hul mur med faste bindere af mangelhulsten isoleret indv. med kork	3	0,57	54,81	4,45
11 b	35 cm hul mur med faste bindere af tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	10	0,49	54,08	4,33
17	35 cm hul mur med faste bindere af mangelhulsten isoleret indv. med træuldbeton	10	0,45	53,61	4,21
	30 cm hul mur med ståltrådsbindere af tunge teglsten		1,50	36,11	5,52*
	30 cm hul mur med ståltrådsbindere af mangelhulsten		1,17	35,66	4,80*
18	Hul mur med ståltrådsbindere, bagmur af molersten	15	0,95	45,56	4,78
19	Hul mur med ståltrådsbindere, bagmur af klinkerbetonmursten	11	0,98	40,33	4,56
20	Hul mur med ståltrådsbindere af tunge teglsten med udfyldning af betonklinker	13	0,81	43,66	4,41
21	Fuld mur af lette teglsten $1100 \text{ kg}/\text{m}^3$ , pudset indv. og udv.	35	0,81	41,33	4,32
22	Hul mur med ståltrådsbindere, for- og bagmur af mangelhulsten, hulrummet udfyldt med betonklinker	13	0,68	43,20	4,10
23	Fuld mur af gasbetonblokke pudset indv. og udv.	22,5	0,87	34,71	3,97
24	Trævæg isoleret med tangmætter (afskrives på 35 år)	5	0,47	46,70	3,74

\*) Disse tal er kun angivet til sammenligning med de nedenfor angivne mest økonomiske konstruktioner.

hensyn til materialets pris pr. isoleringsenhed = prisen pr.  $\text{m}^3 \times$  varmeledningstallet. I tabel 5 er opstillet en række bygge- og isoleringsmaterialer ordnet efter prisen pr. isoleringsenhed. Man ser heraf, at det bedst kan betale sig at isolere med de udprægede isoleringsmaterialer. Et materiale som almindelige tunge mursten er meget dyrt i varmeøko-

nomisk henseende; langt bedre er mangelhulsten, og da mangelhulsten kan fremstilles, så de tilfredsstillende myndighedernes krav til bæreevnen af hårdtbrændte mursten til facademure, burde mangelhulstenene anvendes i stor udstrækning i stedet for massive sten. Yderligere ligger der allerede ved produktionen af mangelhulstenene en gevinst, idet der med samme

Tabel 2. De mest økonomiske isoleringstykkelser for etageadskillelser mod kolde tagrum og tage med byggepriser i foråret 1948 og brændselspris 67,50 kr/t.

Konstruktion nr.	Konstruktionens opbygning.	Isoleringens tykkelse cm	Transmissionsstal $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$	Byggepris $\text{kr}/\text{m}^2$	Driftsudgift $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$
25	Jernbetontag isoleret på oversiden m. cellebetonblokke lagt i sand, dækket med afretning, tagpap, støbeasfalt og perlesten, indv. pudset	10	0,57	72,55	4,72
26	Teglstenstag med 2 lag forskalling med pap imellem, indv. røret og pudset		1,16	39,48	4,53*
27	Teglstenstag isoleret med træuldbeton, indv. pudset	10	0,57	46,13	3,48
	Teglstenstag isoleret med mineral- eller glasuldsmåtter, indv. forskalling, røret og pudset	10	0,34	48,74	3,06
<i>Etageadskillelser mod koldt tagrum under 45° teglstenstag (incl. i k).</i>					
	Træbjælkelag med gulvbrædder, 5 cm ler på indskudsbrædder, forskalling, røret og pudset		0,60	47,—	3,59*
	Træbjælkelag med gulvbrædder, 5 cm ler på forskallingsbrædder, røret og pudset		0,75	39,27	3,58*
28	Træbjælkelag med gulvbrædder, isoleret med granuleret mineraluld på indskudsbrædder, forskalling, røret og pudset	10	0,23	53,12	3,03
29	14 cm jernbetonetageadskillelse med trægulv på strøer, isoleret med granuleret mineraluld, indv. pudset	10	0,25	51,09	2,98
30	Træbjælkelag med gulvbrædder isoleret med granuleret mineraluld på forskallingsbrædder, røret og pudset	10	0,24	45,08	2,69
	Træbjælkelag uden gulvbrædder, 5 cm ler på indskudsbrædder, forskalling, røret og pudset		0,81	32,92	3,41*
	Træbjælkelag uden gulvbrædder, 5 cm ler på forskallingsbrædder, røret og pudset		1,14	25,19	3,80*
31	Træbjælkelag uden gulvbrædder, isoleret med granuleret mineraluld på indskudsbrædder, forskalling, røret og pudset	10	0,25	39,04	2,43
32	Træbjælkelag uden gulvbrædder, isoleret med granuleret mineraluld på forskallingsbrædder, røret og pudset	10	0,27	31,—	2,09

\*) Disse tal er kun angivet til sammenligning med de nedenfor angivne mest økonomiske konstruktioner.

kvantum brændsel kan produceres 33 % flere mangelhulsten end massive sten, ligesom transporten af de lettere sten bliver billigere.

For at give et indtryk af, hvormeget en rationel isolering betyder for beboerne, er der gennemregnet to eksempler, en almindelig etagelejlighed på  $73 \text{ m}^2$  med 2 værelser og kammer, og et  $110 \text{ m}^2$  enfamiliehus. Resultaterne er vist grafisk på fig. 2 og 3, og man ser, at det er ganske antagelige besparelser, der kan opnås i forhold til det uisolerede hus:

Besparselsen i årlig brændselsudgift med en brændselspris på 67,50 kr/t kan blive i  
 en  $73 \text{ m}^2$  lejlighed ..... ca. kr. 100,—  
 et  $110 \text{ m}^2$  enfamiliehus ... ca. kr. 250,—  
 og besparelsen i årlig husleje + varmebidrag i  
 en  $73 \text{ m}^2$  lejlighed ..... ca. kr. 100,—  
 et  $110 \text{ m}^2$  enfamiliehus ... ca. kr. 400,—  
 mod en merudgift ved opførelsen til isolering i  
 en  $73 \text{ m}^2$  lejlighed ..... ca. kr. 270,—  
 et  $110 \text{ m}^2$  enfamiliehus ... ca. kr. 100,—

Tabel 3. De mest økonomiske isoleringstykkelser for brystninger bag radiatorer med byggepriser i foråret 1948 og brændselspris 67,50 kr/t.

Konstruktion nr.	Konstruktionens opbygning. Brystningerne himfarvet indvendig. Brystninger med formur af tunge teglsten og mangelhulsten fuget udv., alle andre brystninger af mur eller beton pudset udv. Alle brystninger, undtagen hvor isoleringen er fiberplade, er pudset indv.	Isolerings tykkelse cm	Transmissionsststal kg/m <sup>2</sup> · h <sup>0</sup> · C	Byggepris kr/m <sup>2</sup>	Driftsudgift kr/m <sup>2</sup> · år
331	10 cm jernbeton i muret hus isoleret indv. med 4 cm træuldbeton .....		1,68	61,85	8,62*
341	10 cm jernbeton i muret hus isoleret indv. med kork .....	7,5	0,44	85,98	5,80
331	10 cm jernbeton i muret hus isoleret indv. med træuldbeton .....	15	0,46	74,53	5,34
351	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 2,5 cm træuldbeton .....		1,54	30	8,03*
	23 cm mur af mangelhulsten .....		1,83	29,69	8,72*
	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,27 cm bløde træfiberplader på 1" lister .....		1,11	43,05	6,46*
	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,9 cm bløde træfiberplader på 1" lister .....		0,94	44,88	5,87*
361	Fuld mur, formur af tunge teglsten, skiftevis løbere og bindere, og bagmur af molersten	35	0,66	59,77	5,44
371	Fuld mur af gasbetonblokke .....	35	0,67	51,46	5,10
381	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork .....	7,5	0,39	65,35	4,63
351	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton .....	15	0,41	53,90	4,17
381	23 cm mur af mangelhulsten isoleret indv. med kork .....	7,5	0,37	64,81	4,52
351	23 cm mur af mangelhulsten isoleret indv. med træuldbeton .....	15	0,39	53,36	4,07

\* Disse tal er kun angivet til sammenligning med de nedenfor angivne mest økonomiske konstruktioner.

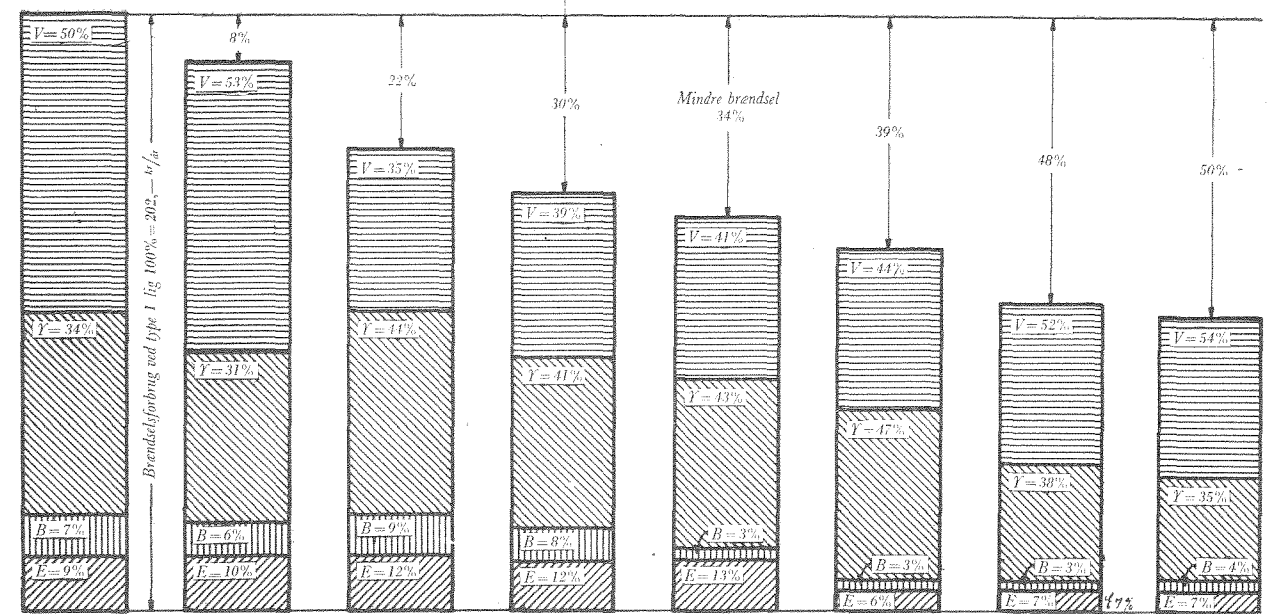
Opsætningen af dobbelte vinduer viser sig at være meget fordelagtig. Besparelsen i brændselsforbruget ligger omkring 20 %, og da merudgiften til de dobbelte vinduer mod enkelte dækkes af mindreudgiften til installationen af centralvarmeanlægget, bliver den samlede byggeudgift ikke større. Ved at isolere ydermurene som forlangt i »statslansreglerne« ned til k ~ 1,0 spares derimod kun 8—9 % brændsel.

I rapporten er for alle de undersøgte isoleringer angivet, hvor hurtigt merudgiften til isoleringen afskrives ved mindreprisen på varmeanlægget og den årlige brændselsbesparelse, og disse afskrivningstider er meget små. F. eks. finder man ved enfamiliehuset, at merudgiften ved hustype 7, det stærkest isolerede, i forhold til »statslanshuset« afskrives på mindre end 1 år.

Alle driftsudgifterne er i tabellerne angivet »på øre«. Naturligvis er dette ikke et udtryk for beregningernes nøjagtighed. Hvor stor usikkerheden er, kan ikke siges, men den er næppe helt ringe. Det er derfor ikke de absolutte værdier for driftsudgifterne, man skal hefte sig ved, men forholdet mellem

Tabel 4. De mest økonomiske tykkelser af isolering på bærende konstruktioner

Væg	Isoleringsmateriale	Mest økonomiske tykkelse cm
Almindelige ydervægge, tage og etageadskillelser	Asfaltkorkplader .....	3—4
	Træuldbeton .....	10
	Tangmætter i trævæg ...	5
	Mineral- og glasulds-mætter .....	10
	Granuleret mineraluld ..	10
	Klinkerbetonmursten i bagmure .....	11
	Betonklinker i hulrum ..	13
Brystninger bag radiatorer	Molersten i bagmure ....	11—15
	Gasbeton på betonvægge ..	17,5
	Asfaltkorkplader .....	7,5
	Træuldbeton .....	15



Det årlige brændselsforbrug og mindreforbrugene ved forskellige isoleringer

1 2 3 4 5 6 7 8

Det »traditionelle« uisolerede hus efter Kbhns byggeordtægt med 35 cm ydermur, enkelte vinduer og etageadskillelser med 5 cm lerindskud

Ydermure af 35 cm mangelhulsten k ~ 1,0, enkelte vinduer og etageadskillelser med 5 cm lerindskud

Som 1, det uisolerede hus, men med dobbelte vinduer

Som 2, ydermure af 35 cm mangelhulsten, men med dobbelte vinduer

Som 4, ydermure af 35 cm mangelhulsten og dobbelte vinduer, men 7,5 cm kork på brystninger bag radiatorer

Som 5, men med 10 cm mineraluldsindskud i etageadskillelser

Som 6, db. vinduer, 7,5 cm kork på brystninger og 10 cm mineraluld i etageadskillelser, men ydermure af 35 cm mangelhulsten med 3 cm kork

Som 6, db. vinduer og 10 cm mineraluld i etageadskillelser, men ydermure af 35 cm mangelhulsten med 10 cm træuldbeton og 15 cm på brystninger

De årlige, varmetekniske driftsudgifter: yderfladernes byggeudgift og pladsleje, brændsel, varmeanlæggets byggeudgift og pasning, samt besparelserne på disse udgifter ved forskellige isoleringer

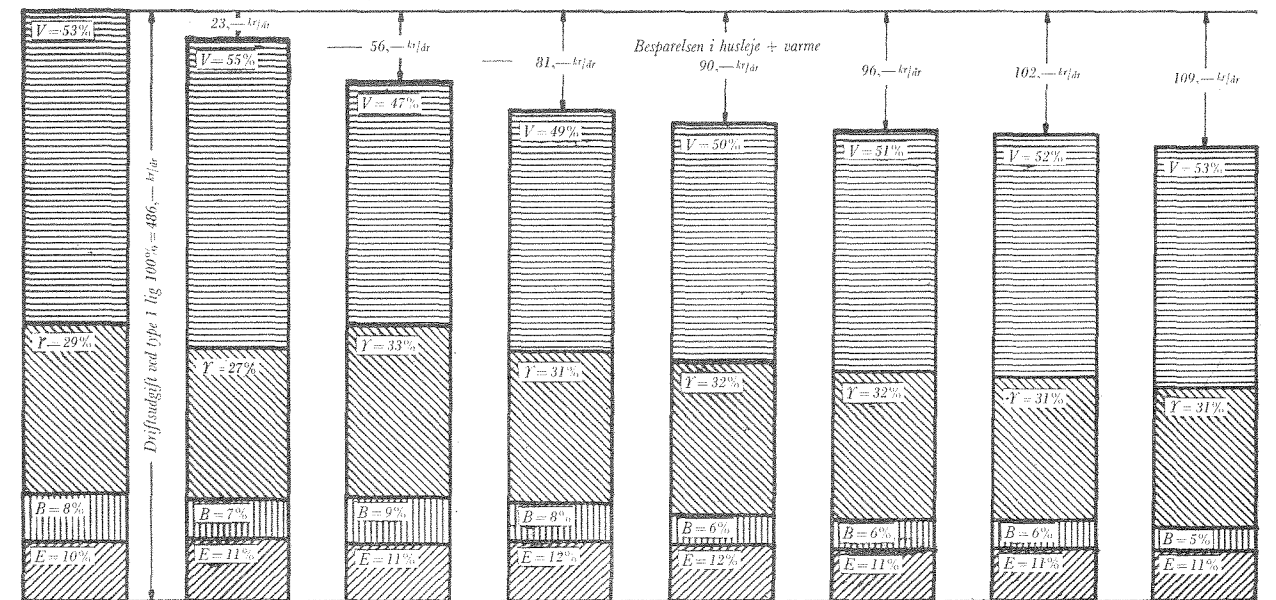
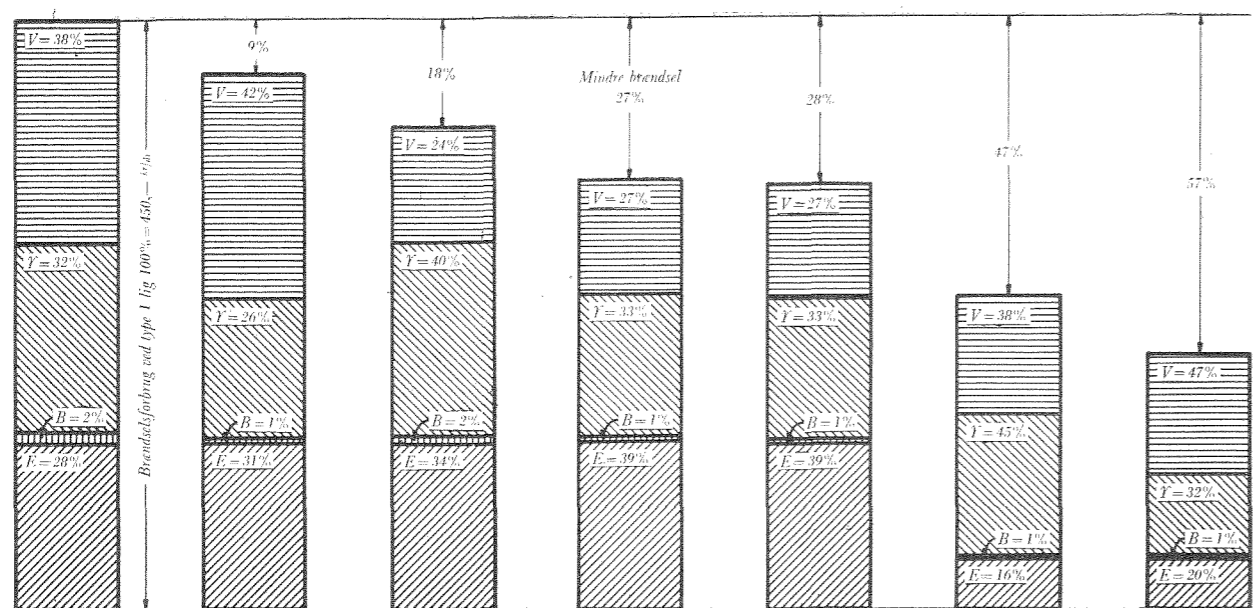


Fig. 2. Besparelsen i brændsels- og driftsudgifter ved forskellige isoleringer af en 73 m<sup>2</sup> etageejlighed i forhold til det uisolerede hus, type 1. Brændselsforbruget andrager ved type 1 202,— kr/år og de varmekononomiske driftsudgifter 486,— kr/år ved en brændselspris på 67,50 kr/t. I de enkelte søjler er vist fordelingen af brændselsforbruget og de varmekononomiske driftsudgifter på de forskellige yderflader. V = vinduer, Y = ydervægge, B = brystninger og E = etageadskillelser. Y = 41 % øverst ved type 4 angiver da, at brændselsforbruget til dækning af varmetabet gennem ydervæggene er 41 % af det samlede forbrug ved denne type.



Det årlige brændselsforbrug og mindreforbrugene ved forskellige isoleringer

1 Det traditionelle uisolerede hus efter Kbhvn's byggevedtægt med 30 cm hul ydermur, enkelte vinduer og træetageadskillelser med 5 cm ler

2 Ydermure af 30 cm hul mur med bagmur af molersten, enkelte vinduer og etageadskillelser med 5 cm ler

3 Som 1, det uisolerede hus, men med dobbelte vinduer

4 Som 2, ydermure med bagmur af molersten, men dobbelte vinduer

5 Som 4, ydermure med bagmur af molersten og dobbelte vinduer, men 15 cm træuldbeton på brystninger

6 Som 5, ydermure med bagmur af molersten, dobbelte vinduer og 15 cm træuldbeton på brystninger, men 10 cm mineraluld i etageadskillelser og tag

7 Som 6, dobbelte vinduer og 10 cm mineraluld i etageadskillelser og tag, men 35 cm hule ydermure af mangelhulsten udfyldt med betonklinker

De årlige, varmetekniske driftsudgifter: yderfladernes byggeudgift og pladsleje, brændsel, varmeanlæggets byggeudgift og pasning, samt besparelserne på disse udgifter ved forskellige isoleringer

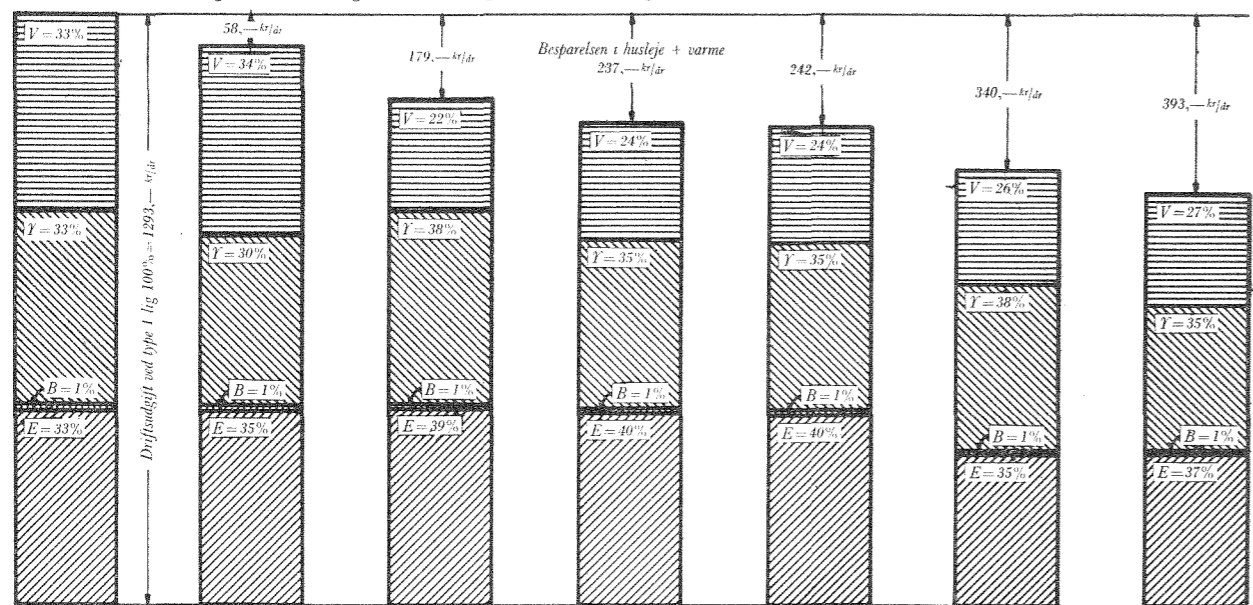


Fig. 3. Besparelsen i brændsels- og driftsudgifter ved forskellige isoleringer af et 110 m<sup>2</sup> enfamiliehus i forhold til det uisolerede hus, type 1. Brændselsforbruget andrager ved type 1 450,— kr/år og de varmekononomiske driftsudgifter 1293,— kr/år ved en brændselspris på 67,50 kr/t. I de enkelte søjler er vist fordelingen af brændselsforbruget og de varmekononomiske driftsudgifter på de forskellige yderflader. V = vinduer, Y = ydervægge, B = brystninger og E = etageadskillelser + tag. V = 24 % øverst ved type 3 angiver da, at brændselsforbruget til dækning af varmetabet gennem vinduerne er 24 % af det samlede forbrug ved denne type.

tallene, og når driftsudgiften som angivet ved at isolere en 1½ stens mur med 10 cm træuldbeton synker fra 5,63 til 4,61 kr/m<sup>2</sup> · år, kan det ikke være beregningsunøjagtighed altsammen, der må opnås en ganske antagelig besparelse ved at isolere en sådan væg.

I rapporten er diskuteret resultaternes gyldighed ud i fremtiden, hvis priserne ændrer sig, og det vises, at der skal overordentlig store prisændringer til, før de mest økonomiske isoleringstykkelser ændres fra det angivne.

Rentefoden skal også ændres meget, for at det skal give væsentlige udslag. Stiger rentefoden fra 4 til 4,5 % p. a., en stigning på 12,5 %, ændres det mest økonomiske transmissionstal kun ca. 4 %.

I rapporten er til beregning af transmissionstallet givet en udførlig tabel over varmeledningstallet for forskellige materialer under de fugtighedsforhold, hvori de forekommer i praksis. Tabellen er opstillet på grundlag af omfattende litteraturstudier. Desuden er refereret J. S. Cammerer's tabeller til bestemmelse af varmeledningstallet i praksis, når tallet kendes for materialet i tør tilstand.

**Konklusionen af undersøgelsen er:**

De fleste boliger er mangelfuldt isolerede i økonomisk henseende; de i tabellerne 1, 2 og 3 angivne mest økonomiske isoleringstykkelser er langt kraftigere, end sædvanlig praksis hidtil har været, og dobbelte vinduer burde altid anvendes.

Det kan til enhver tid betale sig at ofre en hel del på ekstra isolering, merudgiften tjenes hurtigt ind igen ved besparelsen på byggeudgiften til varmeanlægget og gennem årene på mindre brændselsforbrug. Det er driftsudgifterne det gælder om at holde nede og ikke byggeudgifterne.

Tabel 5. Prisen pr. isoleringsenhed for forskellige materialer.

Materiale	Pris pr. isoleringsenhed kr. · kg <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> · h · °C
<b>Betonvægge:</b>	
Jernbeton .....	410
Groveton .....	240
<b>Murede vægge:</b>	
Af tunge teglsten .....	81
Af mangelhulsten, 1800 kg/m <sup>3</sup> af teglmassen .....	55
Bagmur af molersten .....	49
Bagmur af klinkerbetonmursten .....	38
Af lette teglsten, 1100 kg/m <sup>3</sup> .....	36
Af gasbetonblokke, 700 kg/m <sup>3</sup> .....	30
<b>Organiske materialer og »ikke bærende« isoleringsmaterialer:</b>	
Ru brædder .....	50
Bløde træfiberplader .....	21
Asfaltkorkplader .....	16
Træuldbetonplader .....	10
Mineraluldsmåtter .....	6,7
Glasuldsmåtter .....	6,7
Knust, brændt moler .....	6,6
Tangmåtter .....	6,5
Betonklinker .....	5,7
Korksmuld .....	5,8
Løs glasuld .....	4,5
Slagger (under kældergulv) .....	4
Granuleret mineraluld .....	2,4