

ØKONOMISK VARMEISOLERING

ECONOMICAL HEAT INSULATION
WITH AN ENGLISH SUMMARY

POUL BECHER

0688P
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
lx. 116
19 JULI 1988

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT RAPPORT NR. 1

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1949

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

er en selvstændig institution, der ledes af en bestyrelse udpeget af boligministeren.

er oprettet ved lov nr. 123 af 19. marts 1947.

har til opgave »— at følge, fremme og samordne teknisk, økonomisk og anden undersøgelses- og forskningsvirksomhed, som kan bidrage til en forbedring og billiggørelse af byggeriet, samt at udeve oplysningsvirksomhed angående byggeforskningens resultater.«

PUBLIKATIONER

Rapporter

er de originale, komplette beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af Instituttet.

Rapport nr. 1: *Økonomisk varmeisolering*, Poul Becher, 1949 kr. 7.—.

Rapport nr. 2: *Gymnastiksalenes akustik* (under forberedelse).

Anvisninger

er praktiske vejledninger, beregnet på direkte brug i det daglige arbejde ved projektering, fabrikation eller byggeri. De kan være udfærdiget dels på grundlag af Institutrets egne arbejder, dels ud fra andres undersøgelser fra ind- eller udland. De søges tilpasset efter de stedlige og aktuelle forhold og holdt i en ikke-videnskabelig udtryksform, tilgængelig for de pågældende faglige kredse.

Anvisning nr. 1: *Byg hele året*, foreløbig vejledning i overvindelse af byggeriets sæsonhindringer, 1948, kr. 4.—.

Anvisning nr. 2: *Foreløbig vejledning i betonestøbning om vinteren*, udarbejdet af Dansk Ingeniørforenings arbejdsgruppe for beton og jernbeton, 1948, kr. 4.—.

Anvisning nr. 3: *Akustisk regulering af gymnastiksale* (under forberedelse).

Årsberetninger

om Institutrets virksomhed og administration.

Årsberetning nr. 1 for finansåret 1947—48.

Publikationerne kan fås gennem boghandelen eller Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 29, København V.

Statens Byggeforskningsinstitut
Borgergade 20, København K
Telefon Palæ 9855

THE DANISH NATIONAL INSTITUTE
OF BUILDING RESEARCH

is an independent institution supervised by an executive board appointed by the Minister of Housing,

established under Act No. 123 of March 19th, 1947.

The task of the Institute is »— to follow, promote, and coordinate technical, economic, and other examination and research work which may contribute to an improvement and cheapening of building, and to disseminate the results of the building research.«

PUBLICATIONS

Reports

are the original complete reports on research made by or on behalf of the Institute:

Report No. 1: *Economical Heat Insulation*, Poul Becher, 1949 (Danish text with an English Summary), Kr. 7.—.

Report No. 2: *Acoustics of Gymnasias* (Danish text — In course of preparation).

Directions

are instructions intended for use in common practice when designing, manufacturing or building. They may be based on research made within the Institute or on other domestic or foreign investigations. It is attempted to adapt the directions to local and topical conditions, and they are written in a non-scientific language.

Direction No. 1: *Build All the Year Round*, a preliminary guide on the remedying of seasonal hindrances to building activities, 1948 (Danish text), Kr. 4.—.

Direction No. 2: *Tentative Recommendations for Winter Concreting Methods*, reported by the Concrete and Reinforced Concrete Sect. of the D. Inst. of C. E., 1948 (Danish text — Separate English Summary), Kr. 4.—.

Direction No. 3: *Acoustical Designing of Gymnasias* (Danish text — In course of preparation).

Annual Reports

on the activities and management of the Institute.

Annual Report No. 1: Report on the Activities of the Institute in the Fiscal Year of 1947—48 (Also English issue).

The publications may be obtained through our publishers Teknisk Forlag, 29 Vester Farimagsgade, Copenhagen V.

The Danish National Institute of Building Research
20 Borgergade, Copenhagen K
Denmark

ØKONOMISK VARMEISOLERING

ECONOMICAL HEAT INSULATION
WITH AN ENGLISH SUMMARY

POUL BECHER
CIVILINGENIØR

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT RAPPORT NR. 1

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1949

POUL BECHER

forfatteren af denne rapport blev civilingeniør 1935 og ansat i Statens Byggeforskningsinstitut som forskningsleder 1947
the author of this report graduated in 1935, and was appointed director of research at the Danish National Institute of Building Research in 1947

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelse
Reproduction permitted when reference is made to this report
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT, KØBENHAVN

Trykt hos / Printed by
J. H. SCHULTZ A/S, UNIVERSITETS-BOGTRYKKERI, KØBENHAVN

Clicheer fra / Clichés from
F. HENDRIKSENS REPRODUKTIONS-ATELIER, KØBENHAVN

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord	4
Indledning	5
1. AFSNIT	
Driftsudgifterne ved forskellige konstruktioner:	
Almindelige ydervægge, tage og etageadskillelser	7
Brystninger bag radiatorer	14
Oversigt over resultaterne og supplerende oplysninger	15
2. AFSNIT	
Lejlighed og enfamiliehus ved forskellige isoleringer	19
3. AFSNIT	
Beregningsforudsætningerne	28
4. AFSNIT	
Beregningernes nøjagtighed	40
5. AFSNIT	
Tavler med driftsudgiftscurver og skitser for de undersøgte konstruktioner	42
Litteraturliste	57
English summary	58

FORORD

Beregningsarbejdet der kræves for at bestemme den mest økonomiske tykkelse af en varmeisolering er ret omfattende og derfor uoverkommeligt for den projekterende ingeniør eller arkitekt. Da spørgsmålet imidlertid har stor økonomisk betydning har Statens Byggeforskningsinstitut set det som en af sine første opgaver at fremkomme med en redegørelse herfor og give anvisning på, hvor meget det kan betale sig at isolere.

Nærværende rapport indeholder tillige en fremstilling af det teoretiske grundlag for beregningerne, men det er tanken senere hvis det viser sig nødvendigt, at fremkomme med en kortere mere populær anvisning der kun giver resultatet af beregningerne.

Alle byggepriserne er beregnet af *Byggeriets Beregningsinstitut* under ledelse af arkitekt m. a. a. *Erling Frederiksen*. Diagrammerne er tegnet af civilingeniør *Kjeld Trolle Enevoldsen*, der ligeledes har assisteret ved beregningerne, og arkitekt m. a. a. *H. Norrild* har tegnet de øvrige illustrationer.

København i december 1948

P. Becher

INDLEDNING

Ved bestemmelsen af en bygnings varmeisolering kan der lægges både sundhedsmæssige og økonomiske synspunkter til grund. De senere års teoretiske diskussion har væsentlig lagt vægten på det sundhedsmæssige medens det praktiske byggeri snævert har interesseret sig for at opnå den mindste byggeudgift. De stærkt stigende brændselspriser har imidlertid tydeligere vist den åbenbare fordel ved at isolere bedre og bevirket at interessen derfor er vokset. Samtidig er man blevet opmærksom på at det nok så meget er *driftsudgifterne*, huslejen + varmebidraget, det gælder om at holde nede og at man ved en merudgift til isolering samtidig får en betydelig mindreudgift ved installationen af centralvarmeanlægget og dermed også en valutabesparelse.

I nogle tilfælde, f. eks. ved opsætning af dobbelte vinduer i stedet for enkelte, er endda mindreudgiften til varmeanlægget af samme størrelse som merudgiften til den bedre isolering, der opnås altså en årlig brændselsbesparelse uden at huset bliver dyrere.

Varmeisoleringens økonomi spiller en stor rolle ikke alene for den enkelte men også for hele samfundet, idet det er meget store brændselsbesparelser og dermed valutabesparelser, der kan opnås ved at isolere mere hensigtsmæssigt, end det hidtil har været skik og brug.

Landets samlede årlige udgift til brændsel til opvarmning af beboelsesrum ligger for tiden omkring 250 mill. kr., og bygges der årlig 20.000 lejligheder vil brændselsudgiften til opvarmning af disse alene være 4 mill. kr. pr. år, så selv få procents besparelse ved isolering vil betyde mange penge.

Udover en nedsættelse af brændselsforbruget har isolering andre fordele, hvoraf kan nævnes:

lunere og derfor mere hygiejniske boliger, mindre belastning af transportmidlerne og mindre sodplage i byerne.

Myndighederne har hidtil ikke stillet krav om rationel varmeisolering af boliger. Fra det traditionelle byggeri kendes de beskedne krav om, at ydermure skal være isolerede svarende til mindst 1½ stens teglstensmur og etageadskillelser ikke ringere end den almindelige træetageadskillelse med 5 cm lerindskud, mens der f. eks. ikke stilles noget krav for vinduers vedkommende. Dette er lidet tilfredsstillende, og man kommer næppe udenom fremtidig at give mere præcise og strengere retningslinier. Et væsentligt fremskridt har det dog været at det nu ved statslånsbyggeriet forlanges at ydervæggens transmissionstal ikke må komme over 1,0.

Den økonomisk gunstigste tykkelse på isoleringen ved en væg må være den tykkelse der giver de mindste udgifter for beboerne til husleje + varme. I overensstemmelse hermed defineres *det mest økonomiske transmissionstal**) for en konstruktion opbygget af givne materialer som *transmissionstallet for konstruktionen med den isoleringstykkelser der giver de mindste årlige driftsudgifter*. Det fore-

liggende arbejde går i hovedsagen ud på at bestemme dette mest økonomiske transmissionstal og dermed den optimale isoleringstykkelser for forskellige vægge, tage og etageadskillelser.

Den her foretagne undersøgelse viser det er så heldigt, at den mest økonomiske isolering i de fleste tilfælde efter alt at dømme er kraftigere end den der kræves af sundhedsmæssige grunde, idet de mest økonomiske isoleringstykkelser er så store at fugtighedsnedslag undgås og de indvendige overfladetemperaturer bliver tilfredsstillende.

Desuden viser det sig at de mest økonomiske isoleringstykkelser almindeligvis er kraftigere end isoleringerne hidtil har været ved sædvanlig praksis. Man må dog ikke vente at der kan angives et bestemt transmissionstal, som af økonomiske grunde bør overholdes ved alle ydervægge, det mest økonomiske transmissionstal vil variere indenfor vide grænser med de forskellige materialer.

Udfra hygiejniske synspunkter kan der heller ikke angives et transmissionstal der bør overholdes ved alle materialer og konstruktioner. På grund af de svingende temperaturer ude og inde, dels over døgnet dels over længere perioder, vil husets varmeakkumuleringsevne have betydning for ydervæggens indvendige overfladetemperatur og som bekendt spiller varmestrålingen til de omgivende vægge en stor rolle for legemets temperaturfølelse og velbefindende. Har man lav temperatur på de omgivende flader må dette kompenseres ved at hæve lufttemperaturen.

Jo lettere et hus er bygget desto bedre må det isoleres fordi varmeakkumuleringsevnen bliver mindre. Erfaringer fra Sverige har vist, at ydervægge i et træhus skal have et transmissionstal på 0,75 for at give samme behagelighedsfølelse og sundhedsmæssige forhold som i et muret hus, hvor ydervæggens transmissionstal er 1,25.

Dette stemmer overens med nogle meget omfattende tyske forsøg [9]**) der er foretaget for at finde det højest tilladelige transmissionstal for væggene i letbyggede huse og barakker. Forsøgene viser at når man vil have samme afkølingsegenskaber som i tungtbyggede huse og undgå at få »barakklima« i stuerne, må følgende krav være opfyldt:

Væggens vægt i kg/m ²	< 25	25— 50	50— 100
Højest tilladelige transmissionstal k i kg ^o /m ² · h · °C	0,7	0,9	1,0

*) En væggs transmissionstal er et mål for antallet af varmenheder der går gennem 1 m² af væggen pr. time med en lufttemperaturdifferens på 1° C mellem de to sider af væggen, i tekniske måleenheder kg^o/m² · h · °C.

**) Tallene i skarpe parenteser henviser til litteraturfortegnelsen.

Til orientering kan oplyses at en 35 cm fuld mur af tunge teglsten vejer ca. 625 kg/m² med $k = 1,37$ og en trævæg isoleret med tangmætter ca. 25 kg/m² med $k = 0,47$ (konstruktion nr. 24).

Ved vinduer er sagen mere ligetil idet man nu er klar over, at det ikke kan betale sig at nøjes med enkelte vinduer i beboelsesejendomme, og at isolering med dobbelte vinduer bør gå *forud* for anden isolering, både af hensyn til økonomien og hygiejnen.

I almindelige beboelsesejendomme forekommer sjældent indervægge som det kan betale sig at isolere. De almindeligst forekommende indervægge mod kolde rum er trappevægge, men varmetabet mod trappe rummet andrager højst 7—8 % af lejlighedens samlede varmetab og besparelsen kan næppe komme højere op end et par procent.

Da temperaturforholdene på en trappe er så veksellende kan økonomien ved trappevægges isolering dårligt gøres til genstand for beregning og dette spørgsmål er derfor ikke berørt i det følgende.

Noget andet er hvor en indervæg vender ud mod et særlig koldt rum, der kan der være anledning til at overveje, om det kan betale sig at isolere mod det kolde rum, eller det kan af hygiejniske grunde være påkrævet at isolere for at opholdsrummet ikke skal få for mange kolde ydervægge og derved blive for ugunstigt stillet i forhold til de andre rum.

I det følgende gives i 1. afsnit tabeller over de mest økonomiske konstruktioner for forskellige vægge, tage og etageadskillelser samt brystninger bag radiatorer. Ved de forskellige typer er anført transmissionsstal, pris og den samlede årlige driftsudgift. Tabellerne viser at selv en i hygiejnisk henseende fuldt tilfredsstillende væg som en 47 cm mur af tunge teglsten kan det betale sig at isolere f. eks. med træuldbeton. De viser også at de traditionelle konstruktioner så som 30 cm hulmur af tunge teglsten, teglstenstag med 2 lag forskalling, pap, rør og puds og træetageadskillelse med lerindskud mod kolde tagrum er meget dyre i drift sammenlignet med konstruktioner isoleret med deciderede isoleringsmaterialer.

I tabel 5 er anført de isoleringstykkelse der for de almindeligste isoleringsmaterialer giver de mindste driftsudgifter, mens man ved hjælp af tabellerne 1, 2 og 3 må vælge den mest økonomiske konstruktion der i det givne tilfælde lader sig anvende.

Der gives i dette afsnit oplysning om hvormeget man bør isolere af økonomiske grunde, derimod er der ikke ret meget om hvordan isolering rent håndværksmæssigt bør udføres.

Ved udførelsen af enhver isolering må man være opmærksom på at fugtigheden vandrer fra det varme rum mod det kolde, væggenes damptætteste lag skal derfor helst være væggenes varme overflade og jo stærkere væggen er isoleret jo tættere kan man tillade sig at gøre det vandstandsede lag. Udvendig bør væggen stå i blank mur eller ved mindre modstandsdygtige materialer beskyttes med et regnafvisende lag der samtidig tillader vanddampen indefra at passere.

I 2. afsnit er som eksempler gennemregnet en almindelig etagelejlighed og et enfamiliehus for at se hvormeget der kan spares om året ved at isolere rationelt. Ved lejligheden kan man med en merudgift ved husets opførelse på ca. kr. 270,— spare ca. kr. 100,— om året i husleje + varme, og ved enfamiliehuset kan man med en merudgift på ca. kr. 100,— spare ca. kr. 400,— i husleje + varme.

I 3. afsnit er for læsere der vil trænge dybere ind i emnet, eller som selv vil gennemregne andre end de her behandlede konstruktioner, opstillet forudsætningerne for beregningerne i de to første afsnit.

I 4. afsnit diskuteres kort beregningernes nøjagtighed, og det viser sig at resultaterne man her er kommet til ikke vil ændres væsentligt selv med stærkt ændrede priser på brændsel og byggematerialer.

I 5. afsnit er på en række tavler vist skitser af detaljerne ved de undersøgte konstruktioner og de dertil svarende driftscurver.

I denne rapport er ikke undersøgt hvorledes en forøget investering i isoleringsarbejder stiller sig rent valuta- og produktionsmæssigt da det ville føre for vidt og forsinke udgivelsen meget betydeligt. Men der er næppe tvivl om at det valutamæssigt kan betale sig særdeles godt at isolere bedre end almindelig praksis og at merproduktionen af isoleringsmaterialer og det forøgede arbejde med opsætning heraf ikke er større end det kan overkommes uden vanskeligheder.

DRIFTSUDGIFTERNE VED FORSKELLIGE KONSTRUKTIONER

Almindelige ydervægge, tage og etageadskillelser

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.

Driftsudgifterne skal være så små som muligt.

De samlede årlige varmeøkonomiske driftsudgifter for boliger opvarmede med centralvarme kan herefter udtrykkes ved formlen:

$$D = \frac{p_u}{100} K_u + 24 \cdot G \cdot k \cdot K_v + \frac{p_a}{100} K_a + d \cdot K_h \quad (1)$$

hvor D er de samlede årlige driftsudgifter i kr/m² ydervæg,

p_u den årlige ydelse af byggeudgifterne ved væggenes opførelse i %,

K_u byggeudgifterne ved væggenes opførelse i kr/m²,

G antallet af graddage i °C · døgn,

k væggenes transmissionsstal i kg^o/m² · h · °C,

K_v prisen pr. nyttiggjort kalorie i varmeanlægget i kr/kg^o,

p_a den årlige ydelse af anlægsudgifterne til varmeanlægget i %,

K_a anlægsudgifterne til varmeanlægget svarende til en m² væg i kr.,

d er væggenes samlede tykkelse i m og

K_h er væggenes pladsleje i kr/m³.

Ved etageadskillelser og yderflader som tage hvor det ikke har nogen økonomisk betydning om konstruktionen optager lidt mere eller mindre plads, falder det sidste led med pladslejen bort.

Formlen gælder egentlig kun for kontinuert opvarmning, men besparelserne ved at fyre diskontinuert er i de fleste tilfælde så små, at formelen også kan bruges for diskontinuert opvarmning.

Opfattes huslejen som et hele, bestående af det man i daglig tale forstår ved husleje plus varmebidrag, er formelen ikke andet end et udtryk for den del der kunne skrives på varmekontoen, bortset fra at der ikke er taget hensyn til en eventuel fortjeneste for husejeren og at væggenes byggeudgift i givet fald næppe bør indgå på varmekontoen med fuld vægt.

I det lange løb må husejeren være lige så interesseret som lejeren i at driftsudgifterne bliver de mindst mulige. Under forhold hvor der er overskud af lejligheder vil nemlig de lejligheder hvor den samlede udgift til husleje + varme er mindst, efterhånden blive de mest efterspurte.

I det følgende behandles formlen ud fra et privatøkonomisk synspunkt. Den enkelte bygherre eller lejer vil kun have sekundære interesser i de samfundsøkonomiske synspunkter og samfundets interesser kan ligge på en anden måde end for den enkelte, idet samfundet også må se på den valutamæssige side af sagen, valutaforbrug investeret i isoleringsarbejder mod valutaforbrug til varmeanlæg og brændsel. Forrentningsprocenterne der indgår i formlen kan derfor blive forskellige for samfundet og den enkelte. Som regel vil dog samfundets og den enkeltes interesser i det store og hele falde sammen. Valutaforbruget ved produktionen af isoleringsmaterialerne vil formentlig i løbet af få år tjenes ind på valutabesparelser ved det formindskede varmeanlæg og brændselsbesparelsen til opvarmning. Ved et materiale som mangelsten ligger det endog så gunstigt, at valutaforbruget til produktionen alene er mindre end til produktionen af det samme kvantum almindelige tunge mursten, og mangelstenene kan anvendes ganske som almindelige mursten.

Skal man beregne den mest økonomiske isolering af en væg opbygget af givne materialer må man ved hjælp af formlen beregne driftsudgifterne for en del forskellige isoleringstykkelse og optegne resultaterne grafisk med udgiften som ordinat og transmissions-tallet som absicisse; hvor kurven har minimum ligger den mest økonomiske isoleringstykkelse med det givne materiale. Disse kurver over driftsudgifterne vil hyppigt blive meget flade omkring minimum, i så tilfælde bør man som praktisk anvendelig værdi anvende en isoleringstykkelse, der er mindre end ved minimum for at kapitalinvesteringen i isoleringsarbejderne ikke skal blive unødigt stor, særlig da den sidst investerede del af kapitalen må antages, hvis der er en forskel, at kræve en dyrere forrentning end den første del af kapitalen.

I tabel 1 og 2 er vist resultaterne af beregninger udført på denne måde for en række almindelige konstruktioner af ydervægge, etageadskillelser m. v.

Beregningsgrundlaget er der gjort nærmere rede for i et følgende afsnit. Her skal kun nævnes at der er regnet med:

materiale- og byggepriser fra foråret 1948, brændselsprisen som den skønnes at ville blive i gennemsnit i den nærmeste fremtid, nemlig kr. 67,50 pr. ton udenlandsk fast brændsel, centralopvarmede boliger i etagebyggeri og en gennemsnitstemperatur i rummene på 17 °C.

Til tabellerne kan bemærkes:

Tabellerne gælder kun når de angivne forudsætninger er opfyldt og må revideres efter tid og sted.

I tabellerne er konstruktionerne indenfor de forskellige grupper ordnet således, at de dyreste står først.

TABEL I. De mest økonomiske isoleringstykkelser for almindelige ydervægge, baseret på byggepriser i foråret 194

Konstruktion nr.	Konstruktionens opbygning	
	Detaller: se tavlerne med tilsvarende nummer	
1 a	15 cm jernbetonvæg isoleret indv. med 5 cm træuldbeton	
	15 - - isoleret indv. med 1,27 cm blød træfiberplade opsat i forskallingen	
2 a	15 - - isoleret indv. med 1,9 cm blød træfiberplade opsat i forskallingen	
2 b	15 - - isoleret udv. med gasbetonblokke opsat i forskallingen	
3 a	15 - - isoleret indv. med kork	
1 a	15 - - isoleret indv. med træuldbeton	
1 b	15 cm grovbetonvæg isoleret indv. med 5 cm træuldbeton	
2 c	15 - - isoleret indv. med mur af gasbetonblokke	
2 d	15 - - isoleret udv. med gasbetonblokke opsat i forskallingen	
3 b	15 - - isoleret indv. med kork	
1 b	15 - - isoleret indv. med træuldbeton	
4	47 cm fuld mur af tunge teglsten	
5	47 - - - - - isoleret indv. med kork	
6	47 - - - - - isoleret indv. med træuldbeton	
7	47 - - - - - mangelhulsten	
4	35 cm fuld mur af tunge teglsten	
	35 - - - - - isoleret indv. med 1,27 cm blød træfiberplade på 1" lister	
	35 - - - - - isoleret indv. med 1,9 cm blød træfiberplade på 1" lister	
7	Fuld mur af mangelhulsten	
8	- - med bagmur af molersten	væg ialt
9 a	35 cm fuld mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork	
10	35 - - - - mangelhulsten isoleret indv. med kork	
11 a	35 - - - - tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	
12	35 - - - - mangelhulsten isoleret indv. med træuldbeton	
4	23 cm fuld mur af tunge teglsten	
	23 - - - - - isoleret indv. med 1,27 cm blød træfiberplade på 1" lister	
	23 - - - - - isoleret indv. med 1,9 cm blød træfiberplade på 1" lister	
13	23 - - - - - isoleret indv. med kork	
14	23 - - - - - isoleret indv. med træuldbeton	
15	35 cm hul mur med faste bindere af tunge teglsten	
	35 - - - - - mangelhulsten	
9 b	Hul mur med faste bindere og bagmur af molersten	
16	35 cm hul mur med faste bindere af tunge teglsten isoleret indv. med kork	
11 b	35 - - - - - mangelhulsten isoleret indv. med kork	
17	35 - - - - - tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	
	35 - - - - - mangelhulsten isoleret indv. med træuldbeton	
18	30 cm hul mur med ståltrådsbindere af tunge teglsten	
	30 - - - - - mangelhulsten	
19	Hul mur med ståltrådsbindere, bagmur af molersten	
20	- - - - - , bagmur af klinkerbetonmursten	
21	- - - - - af tunge teglsten med udfyldning af betonklinker	
22	Fuld mur af lette teglsten 1100 kg/m ³ , pudset indv. og udv.	
23	Hul mur med ståltrådsbindere af mangelhulsten med udfyldning af betonklinker	
	Fuld mur af gasbetonblokke, pudset indv. og udv.	
24	Trævæg isoleret med tangmætter (afskrives på 35 år)	

Om brugen af tabellen se side 10.

g brændselspris 67,50 kr/t

TABEL I

Teoretisk			Praktisk anvendelig					Ved sammenligning med den første væg i gruppen			
mest økonomiske isoleringstykkelser cm	transmissionstal kg ^o /m ² ·h·°C	driftsudgift kr/m ² ·år	mest økonomiske isoleringstykkelser cm	samlet vægtykkelse cm	transmissionstal kg ^o /m ² ·h·°C	byggepris kr/m ²	driftsudgift kr/m ² ·år	merpris for isolering kr/m ²	mindrepris for varmeanlæg kr/m ²	samlet merudgift kr/m ²	relativ afskrivningstid år
					1,08	66,47	5,91				
					1,54	60,97	6,64				
					1,24	62,99	6,06				
19	0,67	5,85	17,5	36	0,72	78,99	5,87	12,52	3,53	8,99	23
			17,5	35	0,72	77,39	5,79	10,92	3,53	7,39	15
5	0,56	5,33	4	21	0,67	75,63	5,38	9,16	4,02	5,14	9
12,5	0,50	5,09	10	27	0,61	71,43	5,13	4,96	4,70	0,26	1/3
					1,08	49,59	5,12				
19	0,67	5,06	17,5	36	0,72	62,11	5,08	12,52	3,53	8,99	23
			17,5	35	0,72	60,51	5,00	10,92	3,53	7,39	15
5	0,56	4,54	4	21	0,67	58,75	4,59	9,16	4,02	5,14	9
12,5	0,50	4,30	10	27	0,61	54,55	4,34	4,96	4,70	0,26	1/3
					1,11	53,56	5,74				
3,5	0,52	5,44	4	53	0,49	76,20	5,45	22,64	6,07	16,57	26
10	0,45	5,21	10	59	0,45	71,44	5,21	17,88	6,46	11,42	14
					0,84	53,-	5,09	÷0,56	2,64	÷3,20	÷
					1,37	42,11	5,63				
				39	0,82	55,88	5,07	13,77	5,38	8,39	12
				40	0,72	57,76	4,93	15,65	6,36	9,29	11
35	1,06	4,89	35	36	1,06	41,55	4,89	÷0,56	3,04	÷3,60	÷
39	0,86	4,83	18	36	0,96	45,84	4,86	3,73	4,02	÷0,29	0
4	0,53	4,83	4	41	0,53	64,80	4,83	22,69	8,23	14,46	14
3,5	0,51	4,73	3	40	0,55	61,88	4,73	19,77	8,03	11,74	11
10	0,49	4,61	10	47	0,49	60,02	4,61	17,91	8,63	9,28	7
10	0,44	4,52	10	47	0,44	60,58	4,52	18,47	9,12	9,35	7
					1,81	30,48	5,93				
				27	0,95	44,25	4,64	13,77	8,43	5,34	5
				28	0,83	46,13	4,47	15,65	9,60	6,05	5
4,5	0,55	4,23	4	29	0,58	53,16	4,24	22,68	12,05	10,63	6
11	0,50	3,97	10	35	0,53	48,38	3,98	17,90	12,54	5,36	5
					1,38	36,17	5,37				
					1,12	35,70	4,75	÷0,47	2,54	÷3,01	÷
11,5	1,01	4,73	11	36	1,04	39,26	4,74	3,08	3,33	÷0,25	0
4	0,53	4,55	4	41	0,53	58,86	4,55	22,69	8,33	14,36	14
3,5	0,52	4,44	3	40	0,57	54,81	4,45	18,64	7,93	10,71	10
10	0,49	4,33	10	47	0,49	54,08	4,33	17,91	8,73	9,18	8
10	0,45	4,21	10	47	0,45	53,61	4,21	17,44	9,12	8,32	7
					1,50	36,11	5,52				
					1,17	35,66	4,80	÷0,55	3,23	÷3,78	÷
18	0,85	4,72	15	33	0,95	45,56	4,78	9,45	5,39	4,06	5
12	0,92	4,55	11	29	0,98	40,33	4,56	4,22	5,10	÷0,88	0
13	0,81	4,41	13	36	0,81	43,66	4,41	7,55	6,76	0,79	1
28	0,98	4,25	35	37	0,81	41,33	4,32	5,22	6,76	÷1,54	0
13	0,68	4,10	13	36	0,68	43,20	4,10	7,09	8,04	÷0,95	0
22,5	0,87	3,97	22,5	25	0,87	34,71	3,97	÷1,40	6,17	÷7,57	÷
5	0,47	3,74	5	13,7	0,47	46,70	3,74				

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

TABEL 2

Konstruktion nr.	Konstruktionens opbygning Detaljer: se tavlerne med de tilsvarende numre	Teoretisk			Praktisk anvendelig				Ved sammenligning med den første i gruppen				
		mest økonomiske isoleringstykkelse cm	transmissionstal kg/m ² ·h·°C	driftsudgift kr/m ² ·år	mest økonomiske isoleringstykkelse cm	samlet vægtykkelse cm	transmissionstal kg/m ² ·h·°C	byggepris kr/m ²	driftsudgift kr/m ² ·år	merpris for isolering kr/m ²	mindrepris for varmeanlæg kr/m ²	samlet merudgift kr/m ²	relativ afskrivningstid år
25	Jernbetontag isoleret med cellebetonblokke	13	0,47	4,69	10	37	0,57	72,55	4,72				
26	Teglstenstag med 2 lag forskalling med pap imellem røret og pudset indv.	11	0,53	3,46	10	36	1,16	39,48	4,53	6,65	5,78	0,87	1
27	- isoleret med træuldbeton, pudset indv.	10	0,34	3,06	10	25,6	0,57	46,13	3,48	9,26	8,03	1,23	1
	- isoleret med mineralulds- eller glasulds-måtter, indv. forskalling, rør og puds						0,34	48,74	3,06				
<i>Etageadskillelser mod koldt tagrum med 45° teglstenstag over*)</i>													
	Træbjælkelag med gulvbrædder, 5 cm ler på indskudsbrædder, forskalling, rør og puds						0,60	47,00	3,59				
	- - - , 5 cm ler på forskallingsbrædder, rør og puds						0,75	39,27	3,58	÷ 7,73	÷ 1,47	÷ 6,26	
28	- - - , isoleret med granuleret mineraluld på indskudsbrædder, forskalling, rør og puds	9	0,24	3,02	10	31	0,23	53,12	3,03	6,12	3,62	2,50	5
29	14 cm jernbetonetageadskillelse med trægulv på strøer isoleret med granuleret mineraluld	11	0,23	2,96	10	29	0,25	51,09	2,98	4,09	3,43	0,66	2
30	Træbjælkelag med gulvbrædder isoleret med granuleret mineraluld på forskallingsbrædder, rør og puds	12	0,22	2,68	10	31	0,24	45,08	2,69	÷ 1,92	3,52	÷ 5,44	÷
	Træbjælkelag uden gulvbrædder, 5 cm ler på indskudsbrædder, forskalling, rør og puds						0,81	32,92	3,41				
	- - - , 5 cm ler på forskallingsbrædder, rør og puds						1,14	25,19	3,80	÷ 7,73	÷ 3,23	÷ 4,50	
31	- - - , isoleret med granuleret mineraluld på indskudsbrædder, forskalling, rør og puds	11	0,24	2,41	10	28	0,25	39,04	2,43	6,12	5,48	0,64	1
32	- - - , isoleret med granuleret mineraluld på forskallingsbrædder, rør og puds	12	0,24	2,07	10	28	0,27	31,00	2,09	÷ 1,92	5,28	÷ 7,20	÷

*) Taget er medregnet i transmissionstallet.

BRUGEN AF TABELLERNE 1, 2 OG 3

Tabellerne gælder for boliger i nyopførte etagehuse med centralvarme, men kan dog også anvendes for bygninger der bruges til andre formål f. eks. kontorer, blot opvarmningsforholdene er som i boliger.

På tavlerne bag i rapporten er også vist driftsudgifterne for en brændselspris på 120,- kr/t.

Under »teoretisk« er angivet den mest økonomiske isoleringstykkelse svarende til minimum på tavlerne bag i rapporten, og under »praktisk anvendelig« er disse teoretiske værdier rundet nedad til nærmeste gangbare mål.

Ved de konstruktioner hvor »praktisk anvendelig driftsudgift« er angivet med tynde tal, er konstruktionen kun anført til sammenligning med de nedenunder nævnte mest økonomiske.

Under »samlet vægtykkelse« er anført væggen tykkelse inklusiv isolering, puds o. s. v.

Transmissionstallet er fra luft til luft men uden tillæg af nogen art, tallene er beregnet på grundlag af varmeledningstallet i tabel 13.

Ved »byggepris« er ydervægges areal regnet som bruttoarealet ÷ vinduesarealet. Iøvrigt henvises til side 30 f angående opmåling af arealer.

Konstruktionerne er opdelt i grupper og indenfor hver gruppe er øverst anført den traditionelle væg, som de efterfølgende må tænkes at erstatte. I den sidste kolonne er beregnet hvor lang tid det vil tage at afskrive merudgiften til isoleringen i forhold til den førstnævnte i gruppen. Afskrivningen sker i første omgang ved besparelsen på centralvarmeanlægget og senere

gennem årene ved besparelserne i brændsel og pasning. Rentefoden er sat til 4 %.

Hvor der under »relativ afskrivningstid« står 0 betyder det at merudgiften til isoleringen dækkes af mindreprisen på centralvarmeanlægget, hvor der står ÷ betyder det at den bedre isolerende væg allerede i byggeudgift er billigere end den førstnævnte i gruppen, mure af mangehulsten er f. eks. billigere end de tilsvarende mure af tunge teglsten.

Indenfor de enkelte grupper er konstruktionerne ordnet efter faldende årlig driftsudgift.

Driftsudgiften indbefatter: afskrivning af byggeudgifter, udgifter til brændsel og pasning af varmeanlæg, afskrivning af varmeanlæg og ved lodrette vægge lejen for den plads som væggen optager.

Ved valget af en konstruktion skal man altså blot finde den konstruktion der giver de mindste driftsudgifter og samtidig opfylder de krav man må stille i det givne tilfælde til bæreevne, udseende, brand, akustik, modstand overfor slag o. s. v.

I tabel 4 er angivet en del supplementpriser til tabellerne 1, 2 og 3, således at man selv kan beregne byggepris og driftsudgift for andre konstruktioner end de anførte.

Vinduer er ikke nævnt i tabellerne, men af eksemplerne i 2. afsnit fremgår at det altid kan betale sig at anvende dobbelte vinduer og altandøre. Forskellen i pris mellem enkelte og dobbelte vinduer og døre er af samme størrelsesorden som besparelsen på varmeanlægget, den samlede byggepris bliver uforandret.

TABEL 3. De mest økonomiske isoleringstykkelser for brystninger bag radiatorer, baseret på byggepris i 1948 og brændselspris 67,50 kr/t

TABEL 3

Konstruktion nr.	Brystningens opbygning Detaller: se tavlerne med de tilsvarende numre	Teoretisk			Praktisk anvendelig				Ved sammenligning med den første i gruppen				
		mest økonomiske isoleringstykkelser cm	transmissionstal k [*]) kg ² /m ² · h · °C	driftsudgift kr/m ² · år	mest økonomiske isoleringstykkelser cm	samlet vægtykkelse cm	transmissionstal k [*]) kg ² /m ² · h · °C	byggepris kr/m ²	driftsudgift kr/m ² · år	merpris for isolering kr/m ²	mindrepris for varmeanlæg kr/m ²	samlet merudgift kr/m ²	relativ afskrivningstid år
<i>Limfarve på brystningens inderside</i>													
33 l	10 cm jernbeton i muret hus isoleret indv. med 4 cm træuldbeton												
34 l	10 - - - - - isoleret indv. med kork	8,5	0,39	5,78	7,5	20	1,68	61,85	8,62				
33 l	10 - - - - - isoleret indv. med træuldbeton	16	0,43	5,30	15	27	0,44	85,98	5,80	24,13	21,20	2,93	
										12,68	20,90	÷ 8,22	
35 l	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 2,5 cm træuldbeton							1,54	39,87	8,03			
	23 - - - - - mangelhulsten, indv. pudset							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	3,18	7,35	
	23 - - - - - med 1,9 cm bløde træfiberplader på 1" lister							0,94	44,88	5,87	5,01	10,25	
36 l	Fuld mur, formur af tunge teglsten, bagmur af molersten	40	0,60	5,42	35	48	0,66	59,77	5,44	19,90	15,05	4,85	
37 l	- - af gasbetonblokke	38	0,63	5,09	35	37	0,67	51,46	5,10	11,59	14,90	÷ 3,31	
38 l	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork	7,5	0,39	4,63	7,5	33	0,39	65,35	4,63	25,48	19,65	5,83	
	23 - - - - - mangelhulsten, indv. isoleret med kork				7,5	33	0,37	64,81	4,52	24,94	20,-	4,94	
35 l	23 - - - - - tunge teglsten isoleret indv. med træuldbeton	15	0,41	4,17	15	40	0,41	53,90	4,17	14,03	19,30	÷ 5,27	
	23 - - - - - mangelhulsten, indv. isoleret med træuldbeton				15	40	0,39	53,36	4,07	13,49	19,65	÷ 6,16	
39 l	11 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 3,5 cm træuldbeton							1,62	30,11	7,89			
	11 - - - - - 1,27 cm bløde træfiberplader på 1" lister							1,40	32,45	7,13	2,34	3,76	
	11 - - - - - 1,9 cm bløde træfiberplader på 1" lister							1,15	33,27	6,16	3,16	8,03	
40 l	11 - - - - - mur af gasbetonblokke	30	0,63	5,25	30	43	0,63	58,18	5,25	28,07	16,90	11,17	
41 l	11 - - - - - kork	7,5	0,42	4,26	7,5	21	0,42	54,74	4,26	24,63	20,50	4,13	
39 l	11 - - - - - træuldbeton	17,5	0,38	3,79	15	28	0,44	43,29	3,80	13,18	20,20	÷ 7,02	
<i>Aluminiumstapet på brystningens inderside</i>													
34 al	10 cm jernbeton i muret hus isoleret indv. med kork	7	0,48	5,19	5	17	0,63	80,20	5,22				
33 al	10 - - - - - træuldbeton	15	0,46	4,72	15	27	0,46	77,78	4,72				
36 al	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,27 cm bløde træfiberplader på 1" lister							1,11	46,30	4,74			
	23 - - - - - 1,9 cm bløde træfiberplader på 1" lister							0,94	48,13	4,42			
37 al	Fuld mur, formur af tunge teglsten, bagmur af molersten	31	0,74	4,44	23	36	0,94	49,89	4,50				
38 al	- - af gasbetonblokke	30	0,77	4,01	30	32	0,77	47,69	4,01				
35 al	23 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med kork	5,6	0,50	4,04	5	30	0,55	59,57	4,06				
	23 - - - - - træuldbeton	12,5	0,48	3,61	12,5	38	0,48	53,40	3,61				
40 al	11 cm mur af tunge teglsten isoleret indv. med 1,27 cm bløde træfiberplader på 1" lister							1,40	35,70	4,90			
	11 - - - - - 1,9 cm bløde træfiberplader på 1" lister							1,15	37,52	4,41			
41 al	11 - - - - - gasbetonblokke	22,5	0,80	4,32	22,5	36	0,80	52,78	4,32				
39 al	11 - - - - - kork	6,2	0,50	3,65	5	18	0,61	48,96	3,70				
	11 - - - - - træuldbeton	15	0,44	3,20	12,5	26	0,53	42,79	3,23				

Om brugen af tabellen se side 10.

Transmissionstallet fra væggen indvendige overflade til fri luft.

Man ser f. eks. heraf at mure af tunge teglsten er meget dyre i driftsudgifter i forhold til de tilsvarende mure af mangelhulsten og lette teglsten.

Tabellerne giver ingen oplysninger om alle de andre hensyn end rent varmeøkonomiske der må tages ved valget af en vægtype, f. eks. bæreevne, brand, akustik, sømfasthed, udseende, modstand overfor slag o. s. v.

I tabellernes sidste kolonne er anført, hvor mange år det tager, før merudgiften til den ekstra isolering ved det mest økonomiske transmissionstal er afskrevet ved hjælp af den mindre anlægsudgift til centralvarmeanlægget og besparelsen i brændsels- og pasningsudgifter. Ved denne beregning er væggene sammenlignet med den væg, som står først i gruppen og som det findes naturligt at den bedre isolerede væg erstatter; det findes f. eks. at være meningsløst at sammenligne jernbetonvægge og murede vægge, den dyrere jernbetonvæg har helt andre statiske egenskaber.

Hvor der i kolonnen for afskrivningstiden står \div , betyder det at den bedre isolerede væg allerede i byggeudgift er billigere end den, den skal erstatte, f. eks. er en 35 cm mur af mangelhulsten billigere end en 35 cm mur af almindelige tunge teglsten. Hvor der står 0 betyder det, at merudgiften til isoleringen dækkes af besparelsen i anlægsudgiften til varmeanlægget.

Der kan her være grund til at gøre opmærksom på, at besparelsen i anlægsudgiften på varmeanlægget er lige så sikker som merudgiften ved isoleringen, idet ingeniøren der beregner centralvarmeanlægget jo tager hensyn til isoleringen i sin transmissionsberegning.

I tabellerne er ikke angivet konstruktionsdetaljer; disse fremgår af tavlerne 1 til 42 bagest i heftet. Numrene på planerne svarer til numrene i tabellerne. Detaljerne er underordnede ved bestemmelsen af det mest økonomiske transmissionstal men har naturligvis stor betydning for sammenligningen mellem de enkelte konstruktioner.

På tavlerne er vist diagrammer for driftsudgifterne ved de forskellige isoleringstykkelser, og det er disse diagrammer der ligger til grund for tabellerne. Diagrammerne viser kurver for udgifterne både ved en brændselspris K_b på 67,50 kr/t og 120,— kr/t.

Ved hule ydermure er der rundt omkring døre og vinduer, under og udfor etageadskillelser muret fuld mur, gennemsnitlig er 33 % af muren fuldt udmuret. Hvor hulrummet i muren ikke er udfyldt, spiller dette ingen rolle, transmissionstallet er det samme i alle snit. Men hvor hulrummet er udfyldt med et stærkt isolerende materiale som ved murene nr. 20 og 22 er det nødvendigt at tage hensyn hertil da gennemsnitsværdien af transmissionstallet for hele muren ligger betydeligt over transmissionstallet udfor det udfyldte hulrum; ved murene nr. 20 og 22 er der taget hensyn hertil. Hvis man ikke tager hensyn til dette forhold, ville man ved mur nr. 20 finde transmissionstallet 0,53 og driftsudgiften 3,77 kg/m² · år i stedet for de korrekte værdier 0,81 og 4,41.

Ved ydervæg af træ er regnet med en afskrivningstid på 35 år mod 50 år ved de andre vægge.

Alle murede og støbte vægge er regnet pudsede indvendig. Betonvæggene er regnet pudsede udvendig og de tunge teglstensvægge er regnet at stå udvendig i blanke, røde sten. Ved hule ydermure er den udvendige formur alle steder kun 11 cm tyk, den virker på denne måde som en beskyttelse mod vejrliget for den isolerende bagmur.

Ved træbjælkelag mod kolde tagrum er i transmissionstallet inddraget et tegltag med 45° hældning over tagrummet; skal driftsudgiften for disse tage sammenlignes med andre konstruktioner, f. eks. flade jernbetontage, må der til driftsudgiften for træbjælkelagene lægges byggeudgiften til tegltaget 1,50 kr/m² · år (m² i vandret projektion).

Ændrer man en vægs konstruktion således at dens isolerende egenskaber, og dermed dens transmissionsstal ved de forskellige isoleringstykkelser kun forandres uvæsentligt, vil det mest økonomiske transmissionstal stadig være det samme; kun driftsudgiften vil ændres med den anden vægkonstruktionens mer- eller mindrepris. Eksempler herpå er: tapetsering af væggen, strygning med asfalt, eventuel udsmykning, ved murede vægge anvendelse af dyrere facadesten i væggenes yderste del eller større tykkelse på den bærende del af en isoleret jernbetonvæg.

I tabellerne er driftsudgifterne angivet med 1 øres nøjagtighed. Naturligvis er det ikke muligt at bestemme disse udgifter så nøjagtigt; når tallene ikke er afrundede er det af rent praktiske grunde for at kunne kende tallene igen og sammenligne tabeller og kurver.

Brystninger bag radiatorer

Ved ydervægge bag radiatorer kan formel (1) for de samlede årlige driftsudgifter ikke anvendes, da temperaturforskellene er større end ved den øvrige del af ydervæggen, men må ændres til:

$$D = \frac{P_u}{100} K_u + 24 a \cdot G \cdot k_1 \cdot K_v + \frac{P_a}{100} \cdot K_a \quad (2)$$

idet der ses bort fra pladslejen. I formlen er a en konstant, der for vægge med indersiden færdigbehandlet med almindelig maling eller tapet er 1,75 og for vægge tapetserede med aluminiumsfolie 1,0, k_1 transmissionstallet regnet fra væggenes inderside til fri luft udvendig og de øvrige symboler som nævnt på side 7 ved formel (1).

I almindelighed isoleres der ikke tilstrækkeligt bag radiatorer ved ydervægge, men oven i købet isoleres tit mindre end ved almindelige ydervægge. Der er derfor i tabel 3 givet en del oplysninger om de mest økonomiske isoleringstykkelser for sådanne vægge bestemt efter formel (2). Problemerne ligger iøvrigt særlig klart her, idet isolering bag en radiator næppe kan blive et hygiejnisk men må være et rent økonomisk spørgsmål.

Beregningsgrundlaget og forudsætningerne for tabel 3 er angivet i 3. afsnit.

Transmissionstallene i tabel 3 er regnet fra bryst-

ningens indvendige overflade til udvendig fri luft. Vil man i en transmissionsberegning tage særligt hensyn til varmetabet gennem brystningen, må man derfor regne med det her opgivne transmissionstal og den efter formel (7) side 37 bestemte temperaturdifferens. Altså med $\div 15$ °C (udv.) og $+ 20$ °C (indv.) ved almindelig overfladebehandling af brystningens inderside

$$\Delta t = 1,75 \cdot 35 = 61 \text{ °C} \text{ og}$$

med aluminiumstapet på brystningens inderside

$$\Delta t = 35 \text{ °C.}$$

I tabel 3 er ligesom før angivet isoleringens afskrivningstid idet der indenfor hver gruppe er sammenlignet med den brystning der står først i gruppen, dette er den brystning der svarer til en 35 cm mur af tunge teglsten, $k = 1,37$.

TABEL 4. Supplementpriser til tabellerne 1, 2 og 3

Betegnelse	Byggepris kr/m ²	Den årlige ydelse af byggeprisen kr/m ² · år
Aluminiumstapet	4,40	0,21
Een gang strygning med kold asfalt incl. berapning og udkastning	3,05	0,14
To gange strygning med kold asfalt incl. berapning og udkastning	4,00	0,19
17,5 cm gasbetonblokke opmuret indvendig på betonvæg dyrere end opsat udvendig i forskallingen	1,60	0,08
15 cm jernbetonvæg dyrere end 15 cm grovbetonvæg	16,88	0,79
10 cm jernbetonbrystning i helstøbt jernbetonhus dyrere end 23 cm blank, fuget brystningsmur i muret hus	16,08	0,76
10 cm jernbetonbrystning i muret hus dyrere end 23 cm blank, fuget brystningsmur	20,63	0,97
23 cm muret brystning dyrere end 11 cm brystning	10,62	0,50
Limfarvning	1,15	0,05
Indvendig puds	1,86	0,09
Udvendig fuget mur dyrere end pudset mur	3,08	0,14
Udvendig puds	2,92	0,14
Teglstenstag, bestående af teglsten, lægter og spær	22,45	1,06

Oversigt over resultaterne og supplerende oplysninger

I tabel 4 er givet en del priser som supplement til priserne i de foregående tabeller til brug ved beregning af driftsudgifterne ved andre end de her anførte konstruktioner. I tabellens sidste kolonne er vist den årlige driftsudgift, der skal tillægges eller fradrages driftsudgifterne i de foranstående tabeller.

Ved at studere tabellerne i det foregående og diagrammerne kan man udlede følgende generelle betragtninger:

A. TEGLSTENSMURE

Ved homogene teglstensmure af alle slags og udførelsesformer er for fulde mure 35 cm og for hule mure 30–35 cm den mest økonomiske tykkelse (se også stk. D).

B. ISOLERINGSLAGETS TYKKELSE

Isoleringslag anbragt på en bærende væg bør være langt tykkere, end det normalt anvendes. Det kan altid betale sig at isolere en teglstensvæg.

I almindelighed kan anvendes de i tabel 5 angivne isoleringstykkelser. Hvorledes den bærende væg er udført og hvad den består af er nogenlunde ligegyldigt, og som det senere skal vises ændres disse mest økonomiske tykkelser kun meget lidt ved svingende priser på materialer og brændsel. Der er dog en tendens til hvor den bærende konstruktion i sig selv er godt isolerende at tykkelsen på isoleringslaget kan vælges lidt mindre, f. eks. ved trævæggen er den mest økonomiske tykkelse på tangmåtten 5 cm fordi trævæggen i sig selv er stærkt isolerende, men anvendt under et teglstenstag bør måttens tykkelse være op mod 10 cm ligesom ved mineraluld.

TABEL 5. 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-måtter	10
	Granuleret mineraluld	10
Brystninger bag radiatorer	Klinkerbetonmursten i bagmure	11
	Betonklinker i hulrum	13
	Molersten i bagmur	11–15
	Gasbeton på betonvægge	17,5
Brystninger bag radiatorer	Asfaltkorkplader	7,5
	Træuldbeton	15

TABEL 6. Besparelsen i driftsudgifterne i ny huse ved anvendelse af forskellige isoleringer

Den bærende konstruktion der isoleres	Isoleret med		Besparelse i driftsudgift kr/m ² · år
	materiale	tykkelse cm	
47 cm mur af tunge teglsten	asfaltkorkplader	4	0,29
35 - - - - -	-	4	0,80
23 - - - - -	-	4	1,69
47 - - - - -	træuldbeton	10	0,53
35 - - - - -	-	10	1,02
23 - - - - -	-	10	1,95
30 cm hul mur af tunge teglsten, hvor den inderste 11 cm mur erstattes af	molersten	15	0,74
35 cm hul mur af tunge teglsten	betonklinker i hulrummet	13	1,11
35 - - - - - mangehulsten	- - -	13	0,70
Teglstenstag hvor 2 lag forskalling + pap erstattes af	træuldbeton	10	1,05
- - - - -	mineraluld- eller glasulds-måtter + 1 lag forskalling	10	1,47
Etageadskillelse mod koldt tagrum med gulvbrædder og indskudsbrædder, hvor 5 cm ler erstattes af	granuleret mineraluld	10	0,56
- - - - - uden gulv- og indskudsbrædder, hvor 5 cm ler på forskallingen erstattes af	granuleret mineraluld	10	1,71

De besparelser i driftsudgifterne der kan opnås ved at isolere som angivet i tabel 5 kan blive ret betydelige, i tabel 6 er vist nogle eksempler. Tallene er beregnet på grundlag af de foregående tabeller.

C. VALGET AF ISOLERINGSMATERIALER

Ved valget af materialer bør som tidligere nævnt også andre hensyn end de rent opvarmningsøkonomiske tages i betragtning. En god vejledning ved de opvarmningsøkonomiske overvejelser får man ved at anvende tabel 7 der giver en oversigt over materialernes pris pr. isoleringsenhed.

Et materiales pris pr. isoleringsenhed, K_{isol} , er prisen pr. m³ divideret med modstandstallet pr. m eller med de her anvendte betegnelser

$$K_{isol} = \frac{K_u}{d} \cdot \frac{1}{m} = K_1 \cdot \frac{1}{m} = K_1 \cdot \lambda$$

hvor K_1 er prisen i kr/m³ og

$$\lambda \text{ varmeledningstallet i kg}^{\circ}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{°C}.$$

Jo mindre produktet $K_1 \cdot \lambda$ er, jo billigere er isoleringsmaterialet at anvende.

I tabel 7 er prisen pr. m³ en gennemsnitspris for materialet opsat i den færdige væg, den falder lidt med stigende tykkelse.

Af tabel 7 ses som man også på forhånd ville antage at beton og tunge teglsten er alt for dyre materialer at isolere med, det er uøkonomisk med eet materiale

at forsøge kombineret stor bæreevne og stor isolerings-evne.

Ved sammenligning med tabel 5 ses at jo billigere et materiale er pr. isoleringsenhed indenfor de enkelte grupper desto større isoleringstykkelse er det økonomisk fordelagtigt at anvende.

En fabrikant af et nyt isoleringsmateriale kan derfor når han kender varmeledningstallet for det ny materiale ved hjælp af tabellerne få et skøn over den maksimumspris materialet må sælges til for at være konkurrencedygtigt.

Ved sammenligning mellem tabel 1, 2, 3 og 7 ser man at det billigste isoleringsmateriale andre forhold lige ved den mest økonomiske tykkelse også giver den mindste driftsudgift idet rækkefølgen af materialerne i tabellerne er ens.

D. DE TRADITIONELLE KONSTRUKTIONER

Ingen af de traditionelle konstruktioner ses at kunne konkurrere med de i tabellerne viste »nyere« konstruktioner. De traditionelle ydervægge, 35 cm fuld mur, 35 cm hul mur med faste bindere og 30 cm hul mur af tunge teglsten er meget dyre i drift, og det kan ikke rent varmeøkonomisk betale sig at anvende dem. Men man kan forbedre disse vægges økonomi ved f. eks. at isolere dem med 4 cm kork eller 10 cm træuldbeton, hvorved der spares fra ca. 0,80 til ca. 1,02 kr/m² · år i driftsudgift.

TABEL 7. Prisen pr. isoleringsenhed for forskellige materialer

Materiale	Rumvægt	Pris K_1	Varmeled-ningstal λ	Pris pr. isole-ringsenhed $K_{isol} = K_1 \cdot \lambda$
	kg/m ³	ca. kr/m ³	kg ² /m ³ · h · °C	
<i>Betonvægge</i>				
jernbeton	2400	315,—	1,3	410
grovbeton	2200	200,—	1,2	240
<i>Murede vægge</i>				
af tunge teglsten	1800	115,—	0,7	81
af mangehulsten	af massen 1800	115,—	0,48	55
bagmur af molersten	900	170,—	0,29	49
bagmur af klinkerbetonmursten	650	180,—	0,21	38
af lette teglsten	1100	104,—	0,35	36
af gasbetonblokke	700	120,—	0,25	30
<i>Organiske materialer og »ikke bærende« isolerings-materialer</i>				
ru brædder	600	360,—	0,14	50
bløde træfiberplader	250	475,—	0,045	21
asfaltkorkplader	130	450,—	0,035	16
træuldbetonplader	300	145,—	0,07	10
mineralulds-måtter	150	190,—	0,035	6,7
glasulds-måtter	100	190,—	0,035	6,7
knust, brændt moler	420	91,—	0,072	6,6
tangmåtter	100	185,—	0,035	6,5
betonklinker	300	60,—	0,095	5,7
korksmuld	100	165,—	0,035	5,8
løs glasuld	90	150,—	0,03	4,5
slagge (under kældergulv)	400	16,—	0,25	4
granuleret mineraluld	120	80,—	0,03	2,4

Ved etageadskillelser mod kolde tagrum ser man ligeledes at de traditionelle træetageadskillelser med lerindskud er betydelig dyrere i drift end træetageadskillelser med indskud af granuleret mineraluld.

I værelser med flere ydervægge hvor der altid af hygiejniske grunde bør isoleres ekstra viser det sig altså at denne isolering også rent økonomisk kan betale sig.

E. DE BILLIGSTE KONSTRUKTIONER

De billigste vægtyper er ved fulde ydervægge: 22,5 cm mur af gasbetonblokke, nr. 23, med $D = 3,97$ kr/m² · år eller 70 % af driftsudgiften ved en 35 cm mur af tunge teglsten, nr. 4.

hule ydervægge: 2 gange 11 cm mur af mangehulsten med 13 cm hulrum udfyldt med betonklinker, nr. 22, med $D = 4,10$ kr/m² · år eller 75 % af driftsudgiften ved en 30 cm hul mur af tunge teglsten.

Trævæggen, nr. 24, isoleret med 5 cm tangmåtter er endnu billigere, $D = 3,74$ kr/m² · år, men den har naturligvis et mere begrænset anvendelsesområde. En trævæg med 5 cm isolering af mineraluld- eller glasulds-måtter bliver kun en ubetydelighed dyrere i driftsudgift hvilket man kan se af tabel 7 ved at sammenligne priserne pr. isoleringsenhed.

Ved tabellernes anvendelse skal man ikke hefte sig for meget ved driftsudgifternes absolutte værdi men mere ved forholdet mellem dem. For at komme igang med beregningerne og i det hele taget for at kunne gennemføre dem må der nemlig gøres en del simplificerende forudsætninger som måske nok giver nogen usikkerhed på tallenes absolutte værdier men ikke på forholdet mellem dem.

Ved ændrede prisforhold vil driftsudgifterne også blive anderledes end angivet her men størrelsen af de mest økonomiske transmissionstal og forholdet mellem driftsudgifterne vil kun ændres så lidt at det er uden praktisk betydning. Forholdet mellem de enkelte priser på materialer, brændsel m. v. vil nemlig

ikke kunne tænkes at variere fuldstændig uafhængigt af hinanden.

F. BRYSTNINGER BAG RADIATORER

Ved brystninger bag radiatorer hvor der sædvanligvis isoleres med 1—2 cm kork eller 2,5—5 cm træuldbeton ser man af tabel 3 at disse tykkelser langt fra er tilstrækkelige.

Isoleringstykkelserne bør være ved:	
korkplader	7,5 cm og
træuldbeton	15 cm.

Vil man endelig anvende isolerende murværk her bliver de mest økonomiske tykkelser så store at de kun med fordel kan anvendes hvor den øvrige del af ydermuren er meget svær. Af tavle 42 ses at den mest økonomiske tykkelse på en brystning af tunge teglsten alene er 83 cm med et transmissionstal på 0,78 og en driftsudgift på 7,06 kr/m² · år. En sådan brystning er altfor dyr og upraktisk, det kan bedre betale sig at anvende en tyndere brystning og isolere den kraftigt. For en 23 cm brystning af tunge teglsten er driftsudgiften 11,34 kr/m² · år.

Ved beklædning af brystningen bag radiatorerne med aluminiumstapet ser man at der opnås en betydelig økonomisk gevinst. Man må dog erindre at ved anvendelse af aluminiumstapet forhindres brystningens aktive deltagelse i radiatorens varmeafgivelse så radiatorens varmeafgivelse skal forøges med ca. 10 % udover det sædvanlige. Dette forhold er der taget hensyn til ved beregningerne her, men det gør at det i hvert fald ved etagelejligheder næppe kan tilrådes at bruge disse konstruktioner. Man kan risikere at hensigten med aluminiumstapet glemmes eller at man af æstetiske grunde ikke vil have denne beklædning og derfor behandler brystningen med limfarve eller almindeligt tapet i enkelte af lejlighederne, og så kommer varmeanlægget ud af balance.

Træfiberplader kan ikke fås i større tykkelser end 1,9 cm, den mest økonomiske tykkelse ved brystninger og ydermure ligger antagelig på 3—5 cm. Anvendelsen af flere tynde plader ovenpå hinanden bliver for kostbar.

Da de sædvanlige radiatorbæringer ikke egner sig til opsætning på så svært isolerede brystninger som her angivet, ville det være ønskeligt at få udarbejdet normer for sådanne brystninger med radiatorer.

G. FUGTIGHEDSFORHOLD

Ved udførelsen af de angivne konstruktioner må der, som ved al isolering, vises forsigtighed ved anvendelsen af sammensatte vægge at der ikke skal komme skadelig kondensation i væggen. Bortset fra at væggen i værste fald kan blive ødelagt af sådan fugtighed vokser varmeledningstallet for alle materialer meget stærkt med fugtighedsindholdet og væggenes isoleringsevne nedsættes.

Luftens evne til at optage vanddamp stiger stærkt med temperaturen, om vinteren vil derfor luften i et varmt opholdsrum indeholde flere gram vanddamp pr. m³ end luften udenfor og da det yderligere er

koldere udenfor vil vanddamptrykket udvendig være mindre end indvendig. Resultatet er, at vanddampene vil vandre gennem væggen fra den varme side mod den kolde. Ligeegyldigt hvordan væggen er opbygget eller anvendt vil det være således; denne fugtighedsvandring kan formindskes eller hæmmes, men det er i praksis umuligt at standse den helt.

At vanddampene vandrer mod det koldeste sted kan man se på et enkelt-vindu hvor duggen sætter sig; anvendes et dobbelt-vindu der er tættere indadtil end udadtil vil dugdannelsen undgås; luften mellem glassene bliver forholdsvis tør og ingen af glasfladerne kommer under dugpunktet for den luft de bestryges af.

Ved tilstrækkeligt svære *homogene vægge* af teglsten, letbeton eller lignende kan fugtighedstransporten fra den varme indvendige luft ske uhindret og blot væggene ikke udvendig gennemvædes af slagregn kan der næppe opstå vanskeligheder med disse vægge.

Hvor murens yderside er af massive facadeteglsten eller facademangehulsten af tung teglmasse er det ikke nødvendigt at pudse ydermuren. Porerne i teglmassen er så grove at regnvandet kan fordampe igen når det bliver tørvejr. Det har dog i udpræget vestkystklima vist sig at blanke facader er mindre egnede end pudsede.

Hvor murens yderside er af lette teglsten eller letbeton må ydersiden beskyttes mod slagregn ved hjælp af puds eller andet. Særlig betonvægge bør altid overfladebehandles udvendig idet beton er mere finporeret end teglsten og derfor vanskeligere afgiver optaget fugtighed igen.

Ved *sammensatte vægge* hvor det tætteste lag er længst ud mod den kolde yderside vil der være fare for kondensation i væggene. Er det f. eks. en pudset jernbetonvæg der indvendig er isoleret med pudset træuldbeton vil vanddampene let passere træuldbetonen men delvis standses når de når betonen, og træuldbetonen kan blive drivende våd i grænselaget mod betonen.

Det kan kun med sikkerhed modvirkes på en måde:

ved at isolere væggen meget kraftigt.

Ved at isolere hæves overfladetemperaturen på inder siden og vanddampenes overgang fra luften til væggen hæmmes stærkt. Når væggenes transmissionstal er mindre end 0,75 kg^o/m² · h · °C ved tunge vægge skulle der aldrig være fare for kondensation i almindelige beboelsesrum [12].

Vanddampenes overførelse til væggen kan også modvirkes ved kraftigere ventilation f. eks. ved bedre udluftning.

Vanddampenes indtrængen i væggen kan modvirkes ved at anbringe et vandstandsende lag i væggens varme overflade, f. eks. ved at male eller asfaltere væggen indvendig. Man må dog sikre sig at temperaturen i dette lag aldrig kan komme under dugpunktet for den indvendige varme luft. Når fliserne i et køkken dugger er det fordi luften bliver næsten vanddampmættet og dugpunktet kommer over fliserens temperatur.

For at kunne optage de uundgåelige svingninger bør et sådant vandstandsende lag dækkes indvendig

af et lag, f. eks. puds, der er i stand til at optage nogen vanddamp når rummet afkøles, og afgive vanddampen igen når rummet opvarmes.

Vanddampstandsende lag bør fortrinsvis anvendes ved vægge af let konstruktion hvor transmissionstallet i forvejen er nede på omkring 0,5 eller derunder.

Anvendelsen af et absolut tæt lag, som f. eks. glaserede fliser, udvendig på en væg må frarådes, hvor det kan undgås, i hvert fald bør væggen isoleres kraftigt ($k < 0,75$) og forsynes med et vanddampstandsende lag under pudsen på indersiden. Denne sidste metode kan man ty til ved tage hvor man øverst er nødt til at have et tæt lag. Kondensationen under det tætte lag på ydersiden kan også forhindres ved at sørge

for, at der er et hulrum under laget som ventileres med udvendig tør luft.

Forholdene ved dampdiffusion er langt fra afklarede endnu og selvom der findes beregningsmetoder herfor [12, 13, 17] må der ikke fæstes altfor megen tillid til beregningsresultaterne da man endnu ikke har tilstrækkelig gode og pålidelige diffusionskonstanter for de forskellige materialer. De forskellige forfatteres opgivelser varierer så stærkt, at tallene set i sammenhæng er meningsløse. De kendte beregningsmetoder tager heller ikke hensyn til svingende temperaturer og fugtigheder inde og ude både over døgnet og året, hvilket det formentlig er nødvendigt at gøre. Der arbejdes dog mange steder på at få disse forhold nærmere belyst.

2. AFSNIT

LEJLIGHED OG ENFAMILIEHUS VED FORSKELLIGE ISOLERINGER

I tabellerne er driftsudgifterne ved ydervæggene angivne pr. m² pr. år og disse tal fortæller derfor ikke umiddelbart hvormeget isoleringen betyder for boligens beboere. For at give et indtryk af hvormeget en hensigtsmæssig isolering vil betyde i sparet husleje + varmebidrag er i det følgende gennemregnet et par eksempler.

I begge eksemplerne begynder med det traditionelle uisolerede hus der blot opfylder kravene i Københavns byggevedtægt, driftsudgifterne ved disse huse sættes til 100% og alle de følgende udførelsesformer sættes i relation hertil. For hver enkelt forbedring af isoleringen ved ydermure, dobbelte vinduer o. s. v. er derefter beregnet brændselsudgifterne og de varmetekniske driftsudgifter.

Ved transmissionsberegningen er fulgt den af professor F. C. Becker angivne fremgangsmåde [1] og det maksimale varmetab Q angiver det tal hvorefter varmeanlægget sædvanligvis beregnes. Der er regnet med ÷ 15 °C udvendig og 20 °C i alle opholdsrum, soveværelser, kamre og bad. I forstuer og køkkener er regnet 15 °C; gennemsnitstemperaturen i kælderen når der udvendig er ÷ 15 °C er i etagehuset sat til 3 °C og i enfamiliehuset til 10 °C. Udgiften til brændsel er derpå beregnet ud fra dette maksimale varmetab Q efter formlen

$$\begin{aligned} \text{brændselsudgiften i kr/år} &= \frac{Q}{\Delta t} \cdot 24 \cdot G \cdot \frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta} \\ &= \frac{Q}{35} \cdot 24 \cdot 3033 \cdot \frac{K_b \cdot 100}{6250 \cdot 65} \\ &= 0,51 \cdot Q \cdot K_b \text{ hvor} \end{aligned}$$

K_b er brændselsprisen i kr/kg (se endvidere side 7).

Ved beregningen af driftsudgifterne er anvendt de i tabellerne i 1. afsnit angivne værdier for disse ud-

gifter i kr/m² · år, hvorved der er gjort den forudsætning at varmeanlægget holder hele boligen opvarmet til 17 °C, en forudsætning som meget nær holder stik i disse små lejligheder. Ved at anvende tabellernes tal regnes der samtidig med en besparelse i pasningsudgifterne ved varmeanlægget, dette kan måske ved enfamiliehuset synes noget overdrevent, men det er procentvis meget store besparelser i brændsel der er tale om og det vil betyde en væsentlig lettelse i pasningen som der bør regnes med.

Ved tage og øverste etageadskillelse er ikke medregnet den årlige ydelse for selve teglstenstaget med spær og lægter, denne udgift må skrives på huslejekontoen. Gennemsnitstemperaturen i varmesæsonen i

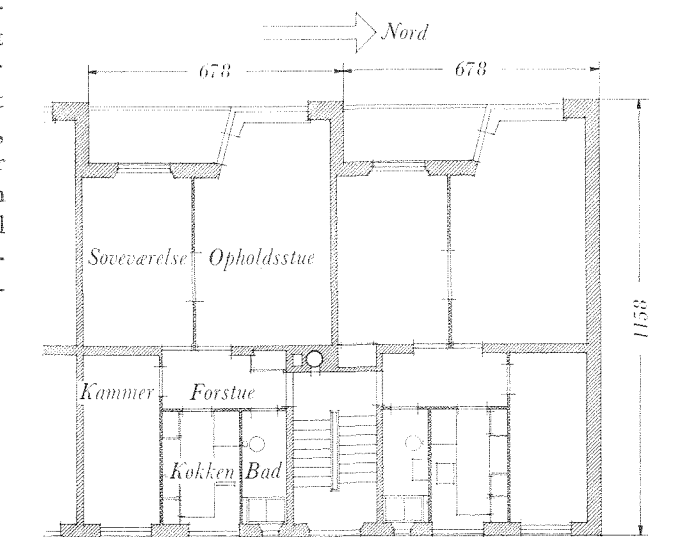


Fig 1. Den gennemregne lejlighedstype med 2 værelser og kammer på 73 m² bruttoetageareal. Bruttoetagehøjde 287 cm. Mål 1 : 200.

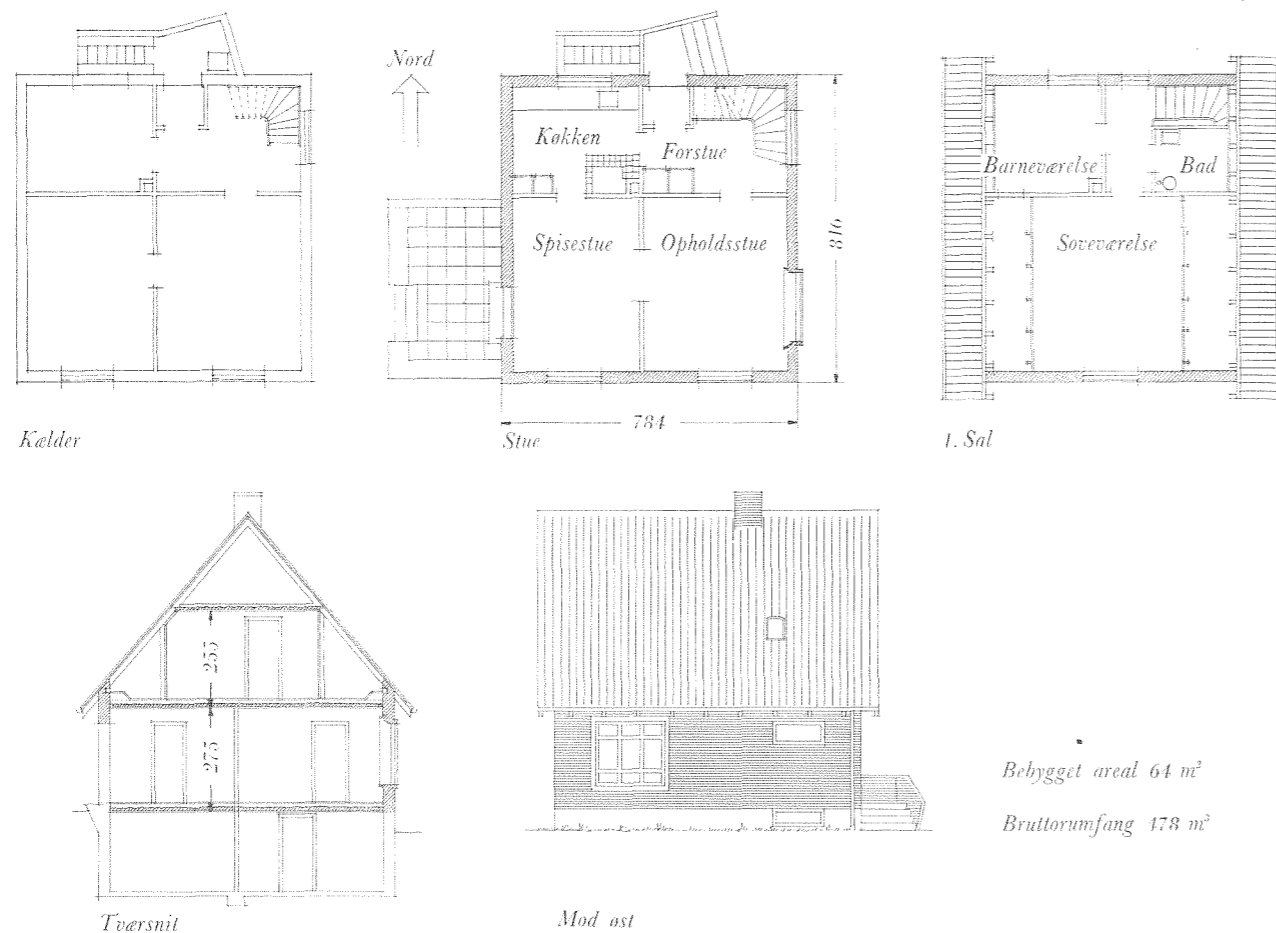


Fig. 2. Det gennemregnede enfamilie hus med 110 m² bruttoetageareal. Mål 1 : 200.

kælderen er sat til 7 °C ved etagehuset og til 15 °C ved enfamiliehuset.

Lejligheden

Den valgte lejlighedstype er vist på fig. 1, den er på 2 værelser og kammer med 73 m² brutto + altan. Det er den samme lejlighed der er valgt som eksempel ved »Udvalget vedrørende 5–10 etagers boligbyggeri« undersøgelse. Lejlighedstypen er først tegnet og udført i Korsør af arkitekt m. a. a. Aug. Rasmussen, København.

Lejligheden er tænkt beliggende i en ejendom med 3 etager og 4 opgange, d. v. s. med 24 lejligheder ialt, og driftsudgifterne er beregnede som gennemsnit for disse 24 lejligheder, idet der til lejligheden er medregnet dens andele i gavle og øverste og nederste etageadskillelse.

Den samlede pris på de enkelte vinduer og altandør er kr. 792,—. Den samlede pris på dobbelte vinduer og altandør er kr. 1168,—, idet der er regnet med koblede rammer i kammer og soveværelse, koblet altandør, en koblet ramme i opholdsstuen og resten af det store hjørnevindue med faste yderruder og forsatsrammer, i bad og køkken er som før regnet med enkelte vinduer. Der er regnet med radiator i alle rum med undtagelse af køkken og forstue.

I tabel 8 er vist beregningsresultaterne og på fig. 3 er resultaterne afbildet grafisk.

I den sidste kolonne i tabel 8 er vist, hvor hurtigt merprisen for isoleringen minus mindredgiften til varmeanlægget afskrives ved den årlige besparelse i brændsels- og pasningsudgifter ved en brændselspris på 67,50 kr/t. Her betyder som før 0 at mindredgiften til varmeanlægget er større end merudgiften til isolering. I tabel 17 er vist, at sammenlignes det mest isolerede hus type 8 med »statslåns huset« type 2 med $k = 1,0$ for ydervæggene vil merudgiften til type 8 være afskrevet på 4 år.

Enfamiliehuset

Det valgte eksempel er vist på fig. 2. Det samlede etageareal er 110 m². Huset er tegnet og udført i Aalestrup af arkitekt m.d.a. Chr. Dahl, tegningen her er ændret en smule.

Den samlede pris på de enkelte vinduer er kr. 1100,—, det store vindue i opholdsstuen er fast. Ved dobbelte vinduer er regnet med forsatsrammer overalt og dobbelt dør til terrassen, den samlede pris er kr. 1556,—. Der er regnet med radiator i alle rum, også i køkken og forstue.

Enhedspriserne der er anvendt ved beregningerne er taget fra de foregående tabeller som strengt taget kun gælder for etagebyggeri. Byggepriserne såvel

for selve huset som varmeanlægget ligger nok noget højere ved enfamiliehuset, men således at det stort set kan betale sig at isolere endnu kraftigere. Forskellene i driftsudgifterne pr. m² væg kan dog kun blive ubetydelige fra etagehuset til enfamiliehuset.

I tabel 9 er vist beregningsresultaterne og på fig. 4 er resultaterne afbildet grafisk.

I næstsidste kolonne er vist afskrivningstiden for merprisen for isoleringen i forhold til hustype 1 og i sidste kolonne afskrivningstiden i forhold til »statslåns huset« type 2.

Ved de to sidste typer er merudgiften større end mindreprisen for varmeanlægget, det skyldes den nederste etageadskillelse hvor temperaturforskellen er meget lille, 2 °C, og den ekstra byggeudgift bliver derfor kr. 270,— for denne etageadskillelse alene. Sammenlignes »statslåns huset« type 2 med det bedst isolerede hus, type 7, vil merudgiften til den ekstra isolering blive afskrevet på mindre end et år.

Besparelserne ved fuld isolering

Af disse beregninger ser man, at det er overordentlig store besparelser i årligt brændselsforbrug eller husleje + varmebidrag man kan opnå ved en hensigtsmæssig isolering. Der er formentlig ingen andre enkeltfaktorer der indvirker saa stærkt på husleje + varmebidrag.

Besparelsen i årlig brændselsudgift med brændselspris 67,50 kr./t kan blive i

en 73 m ² lejlighed	ca. kr. 100,—
et 110 m ² enfamilie hus	ca. kr. 250,—

og i årlig husleje + varmebidrag i

en 73 m ² lejlighed	ca. kr. 100,—
et 110 m ² enfamilie hus	ca. kr. 400,—

og dette er vel at mærke med en i enhver henseende økonomisk forsvarlig isolering, nemlig den der giver de mindste driftsudgifter, og som i ekstra byggeudgift i lejligheden er ca. kr. 270,— og i enfamiliehuset ca. kr. 100,—.

Afskrivningstiden på merudgifterne til isolering ses at være meget små, i de fleste tilfælde indvindes merudgiften endog alene ved besparelsen i anlægsud-

gifterne til varmeanlægget. Med de nuværende høje brændselspriser bliver afskrivningstiderne naturligvis endnu kortere.

Besparelserne ved dobbelte vinduer

Det er navnlig slående hvor store besparelserne er ved opsætning af dobbelte vinduer, og man ser at besparelsen i brændselsforbrug er 2–3 gange så stor som ved isolering af ydervæggene efter kravene i »statslånsreglerne«*) med et transmissionstal på $k \sim 1,0$. I husleje + varmebidrag er besparelsen også ved opsætning af dobbelte vinduer 2–3 gange så stor som ved isolering af ydervæggene til $k \sim 1,0$.

NY HUSE

Der kan i husleje + varmebidrag årlig ved opsætning af dobbelte vinduer, i en nybygning spares i

en 73 m ² lejlighed	ca. kr. 60,—
et 110 m ² enfamilie hus	ca. kr. 180,—

EKSISTERENDE HUSE

Ved eksisterende huse hvor der ikke samtidig opnås en besparelse ved installation af et mindre varmeanlæg vil den årlige besparelse i husleje + varmebidrag blive noget mindre, ved opsætning af forsatsvinduer i

en eksisterende 73 m ² lejlighed	ca. kr. 40,—
et eksisterende 110 m ² enfamilie hus	ca. kr. 135,—

EKSISTERENDE HUSE MED KAKKELOVNE

I ældre huse med kakkelovnsopvarmning vil den årlige besparelse i husleje + varmebidrag ved opsætning af forsatsvinduer formentlig være i

en eksisterende 73 m ² lejlighed	ca. kr. 12,—
et eksisterende 110 m ² enfamilie hus	ca. kr. 34,—

og besparelsen alene i brændselsudgift i

en eksisterende 73 m ² lejlighed	ca. kr. 30,—
et eksisterende 110 m ² enfamilie hus	ca. kr. 55,—

*) Ministeriet for Byggeri og Boligvæsen: »Krav til parcel- og rækkehuse til hvis opførelse der søges statslån, maj 1948« og »Krav til projekteringen og udførelsen af etagebyggeri (bygninger med mere end 2 lejligheder), til hvis opførelse der søges statslån, september 1948).

TABEL 8. Brændselsudgifterne og de varmeøkonomiske driftsudgifter for en 73 m² lejlighed ved forskellige isoleringer

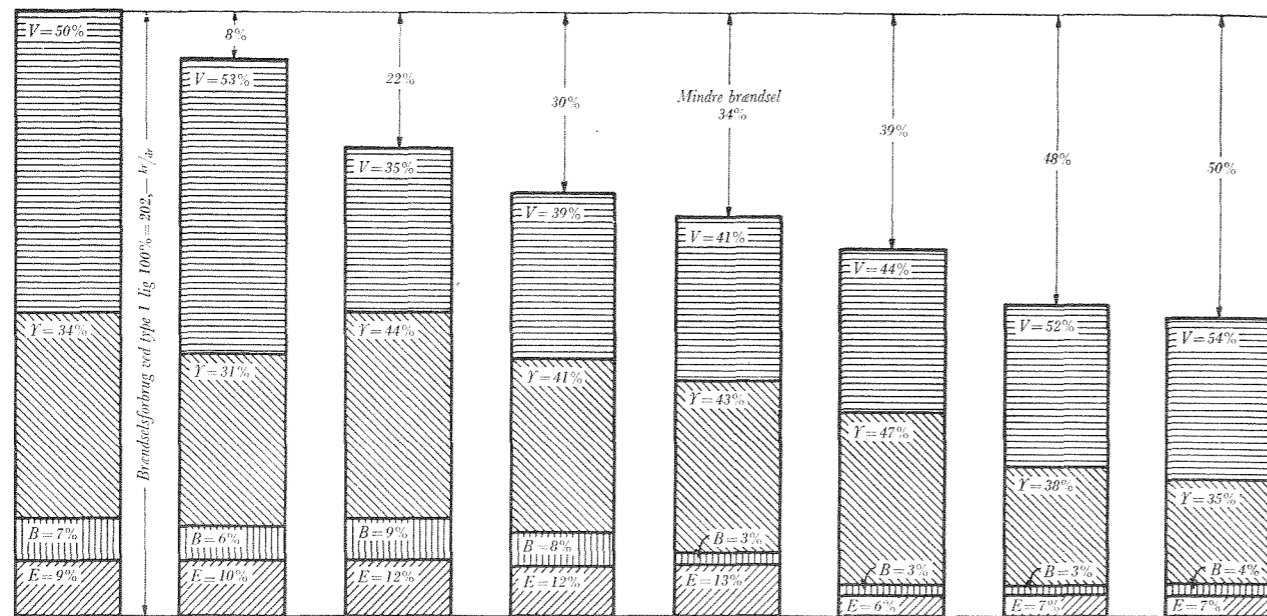
TABEL 8

Nr.	Hustype Isolering	Maks. varmetab ved ÷ 15 °C udv.		Brændselsudgift pr. ved en brændselspris		Driftsudgiften ved en brændselspris på 67,50 kr/t - øverst enhedsprisen for det angivne antal m ²								Merudgiften ved isolering			Den relative afskr.tid af merudg. ved sammenlign. med type 1 år
		ialt kg ^o /h	pr.m ² brutto- etageareal kg ^o /m ² ·h	67,50 kr/t	120,- kr/t	vinduer og altandør 14 m ² kr/år	ydermure i facader 21,2 m ² kr/år	brystninger mur 2,3 m ² kr/år	beton 2,0 m ² kr/år	øverste loft 7,2 m ² kr/år	nederste gulv 7,2 m ² kr/år	gavl 4,5 m ² kr/år	ialt kr/år	merpris på isolering kr.	mindrepris på varme- anlæg kr.	samlet merudgift kr.	
1	Det traditionelle hus, enk. vinduer, 35 cm ydermure af tunge teglsten, brystninger 23 cm mur med 1 cm kork og 10 cm beton med 4 cm træuldbeton og etageadskillelser med lerindskud	5850	80	202,-	357,-	10 257,-	119,-	18,-	19,-	26,-	23,-	24,-	486,-	~	~	~	~
2	Som 1, enkelte vinduer og etageadskillelser med lerindskud, men 35 cm ydermure af mangelhulsten, k ~ 1,0, og brystninger af 23 cm mangelhulsten med 1 cm kork og 10 cm beton med 2,5 cm kork »Statslånshuset«	5400	74	186,-	330,-	9 257,-	104,-	15,-	16,-	26,-	23,-	22,-	463,-	÷0,50	103,-	÷103,50	0
3	Som 1, 35 cm ydermure af tunge teglsten, brystninger 23 cm mur med 1 cm kork og 10 cm beton med 4 cm træuldbeton, og etageadskillelser med lerindskud, men dobbelte vinduer	4550	62	157,-	278,-	7 199,-	119,-	18,-	19,-	26,-	23,-	24,-	428,-	376,-	364,-	12,-	1/5
4	Som 2, 35 cm ydermure af mangelhulsten, brystninger af 23 cm mangelhulsten med 1 cm kork og 10 cm beton med 4 cm træuldbeton og etageadskillelser med lerindskud, men dobbelte vinduer	4100	56	141,-	250,-	7 199,-	104,-	15,-	16,-	26,-	23,-	22,-	405,-	375,50	467,-	÷ 91,50	0
5	Som 4, 35 cm ydermure af mangelhulsten, etageadskillelser med lerindskud og dobbelte vinduer, men brystninger af 23 cm mangelhulsten med 7,5 cm kork og 10 cm beton med 7,5 cm kork	3900	53	134,-	238,-	6 199,-	104,-	10,-	12,-	26,-	23,-	22,-	396,-	463,86	523,30	÷ 59,44	0
6	Som 5, 35 cm ydermure af mangelhulsten, 23 cm brystninger af mangelhulsten med 7,5 cm kork og 10 cm beton med 7,5 cm kork og dobbelte vinduer, men 10 cm granuleret mineraluld i etageadskillelserne	3550	49	123,-	218,-	6 199,-	104,-	10,-	12,-	22,-	21,-	22,-	390,-	551,86	563,10	÷ 11,24	0
7	Som 6, 23 cm brystninger af mangelhulsten med 7,5 cm kork og 10 cm beton med 7,5 cm kork, dobbelte vinduer og etageadskillelser med 10 cm mineraluld, men ydermure af 35 cm mangelhulsten med 3 cm kork	3050	42	105,-	186,-	5 199,-	100,-	10,-	12,-	22,-	21,-	20,-	384,-	1068,86	693,-	375,86	4
8	Som 7, dobbelte vinduer og etageadskillelser med 10 cm mineraluld, men ydermure af 35 cm mangelhulsten med 10 cm træuldbeton og brystninger af 23 cm mangelhulsten med 15 cm træuldbeton og 10 cm beton med 15 cm træuldbeton	2900	40	100,-	178,-	5 0 199,-	96,-	9,-	11,-	22,-	21,-	19,-	377,-	986,60	718,50	268,10	3

TABEL 9. Brændselsudgifterne og de varmeøkonomiske driftsudgifter for et 110 m² enfamiliehus ved forskellige isoleringer

TABEL 9

Nr.	Hustype Isolering	Maks. varmetab ved ÷ 15 °C udv.		Brændselsudgift pr. ved en brændselspris		Driftsudgifterne ved en brændselspris på 67,50 kr/t - øverst enhedsprisen for det angivne antal m ²							Merudgiften til isolering i sammenligning med type 1				Merudgiften til isolering i sammenligning med type 2			
		ialt kg/h	pr. m ² brutto-etageareal kg/m ² ·h	67,50 kr/t	120,- kr/t	vinduer og altandør 17,1 m ² kr/år	ydermure 76,5 m ² kr/år	brystninger 2,0 m ² kr/år	tag 40,4 m ² kr/år	loft 46,9 m ² kr/år	nederste etageadskillelse 52,2 m ² kr/år	ialt kr/år	merpris på isolering kr.	mindre-pris på varme-anlæg kr.	samlet merudgift kr.	relativ afskrivningstid år	merpris på isolering kr.	mindre-pris på varme-anlæg kr.	samlet merudgift kr.	relativ afskrivningstid år
1	Det traditionelle hus, enkelte vinduer, 30 cm hule ydermure af tunge teglsten, brystninger 23 cm med 1 cm kork, lerindskud i etageadskillelser og teglstenstag med 2 lag brædder, pap og puds	13100	119	450,-	802,-	1027,-	5,51	7,77	3,47	3,41	2,47	1293,-	~	~	~	~	~	~	~	~
2	Som 1, enkelte vinduer, lerindskud i etageadskillelser og teglstenstag med 2 lag brædder, pap og puds, men 30 cm hule ydermure med bagmur af 11 cm molersten og brystninger af 23 cm tunge teglsten med 2 cm kork »Statslånshuset«	11900	108	409,-	728,-	927,-	4,78	6,28	3,47	3,41	2,47	1235,-	229,-	298,-	÷ 69,-	0	~	~	~	~
3	Som 1, 30 cm hule ydermure af tunge teglsten, brystninger 23 cm med 1 cm kork, lerindskud i etageadskillelser og teglstenstag med 2 lag brædder, pap og puds, men dobbelte vinduer og glasdør	10700	97	368,-	655,-	848,-	5,51	7,77	3,47	3,41	2,47	1114,-	456,-	672,-	÷ 216,-	0	~	~	~	~
4	Som 2, 30 cm hule ydermure med bagmur af 11 cm molersten, brystninger af 23 cm tunge teglsten med 2 cm kork, lerindskud i etageadskillelser og teglstenstag med 2 lag brædder, pap og puds, men dobbelte vinduer og glasdør	9530	87	328,-	588,-	748,-	4,78	6,28	3,47	3,41	2,47	1056,-	685,-	970,-	÷ 285,-	0	456,-	672,-	÷ 216,-	0
5	Som 4, dobbelte vinduer, 30 cm hule ydermure med bagmur af 11 cm molersten, lerindskud i etageadskillelser og teglstenstag med 2 lag brædder, pap og puds, men brystninger af 23 cm tunge teglsten med 15 cm træuldbeton	9455	86	325,-	582,-	748,-	4,78	4,17	3,47	3,41	2,47	1051,-	701,-	991,-	÷ 290,-	0	473,-	693,-	÷ 220,-	0
6	Som 5, dobbelte vinduer, 30 cm hule ydermure med bagmur af 11 cm molersten og brystninger af 23 cm tunge teglsten med 15 cm træuldbeton, men 10 cm mineraluld i etageadskillelser og tag	6900	63	237,-	422,-	548,-	4,78	4,17	2,01	2,43	2,60	953,-	1682,-	1622,-	60,-	1/5	1454,-	1324,-	130,-	1/2
7	Som 6, dobbelte vinduer og 10 cm mineraluld i etageadskillelser og tag, men hule ydermure af 2 × 11 cm mangelhulsten med 13 cm betonklinker i hulrummet og brystninger af 23 cm mangelhulsten med 15 cm træuldbeton	5600	51	193,-	345,-	438,-	4,10	4,07	2,01	2,43	2,60	900,-	1998,-	1945,-	53,-	1/5	1771,-	1647,-	124,-	1



Det årlige brændselsforbrug og mindreforbrugene ved forskellige isoleringer af en etagelejlighed

- 1 Det »traditionelle« uisolerede hus efter Københ's byggevedtægt med 35 cm ydermur, enkelte vinduer og træetageadskillelser med 5 cm lerinskud
- 2 Ydermure af 35 cm mangelhulsten k ~1.0, enkelte vinduer og etageadskillelser med 5 cm lerinskud
- 3 Som 1, det uisolerede hus, men med dobbelte vinduer
- 4 Som 2, ydermure af 35 cm mangelhulsten, men med dobbelte vinduer
- 5 Som 4, ydermure af 35 cm mangelhulsten og dobbelte vinduer, men 7.5 cm kork på brystninger bag radiatorer
- 6 Som 5, men med 10 cm mineraluld i etageadskillelser
- 7 Som 6, db. vinduer, 7.5 cm kork på brystninger og 10 cm mineraluld i etageadskillelser, men ydermure af 35 cm mangelhulsten med 10 cm træuld på brystninger
- 8 Som 6, db. vinduer og 10 cm mineraluld i etageadskillelser

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

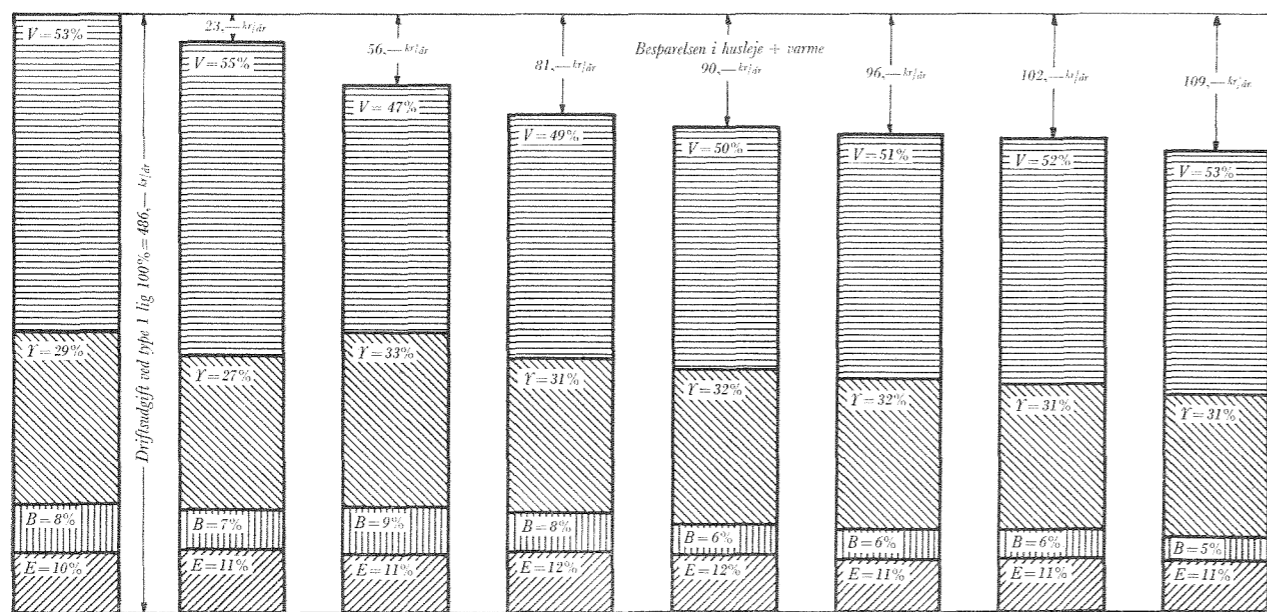
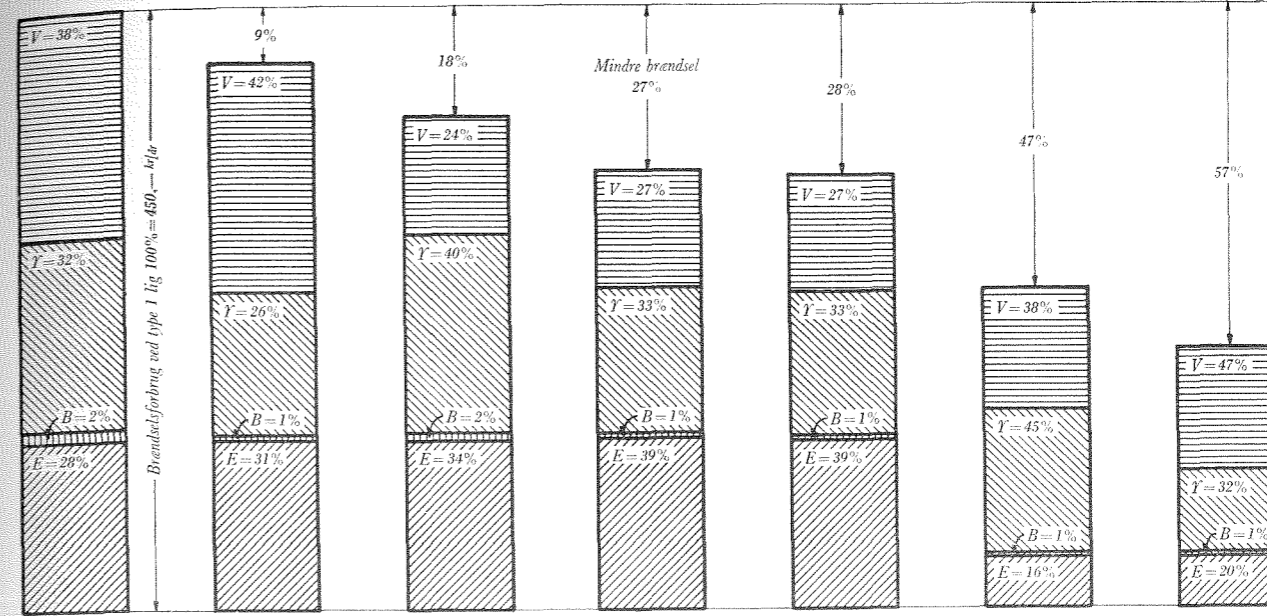


Fig. 3. Besparelsen i brændsels- og driftsudgifter ved forskellige isoleringer af en 73 m² etagelejlighed i forhold til det isolerede hus, type 1.

Brændselsforbruget andrager ved type 1 202, — kr./år og de varmeøkonomiske driftsudgifter 486, — kr./år ved en brændselspris på 67,50 kr./t.

I de enkelte søjler er vist fordelingen af brændselsforbruget og de varmeøkonomiske driftsudgifter på de forskellige yderflader. V = vinduer, Y = ydervægge, B = brystninger og E = etageadskillelser. Y = 41% overst 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 af et enfamiliehus

- 1 Det »traditionelle« uisolerede hus efter Københ'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 træuld på brystninger
- 6 Som 5, ydermure med bagmur af molersten, dobbelte vinduer og 15 cm træuld 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 betontlinker

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

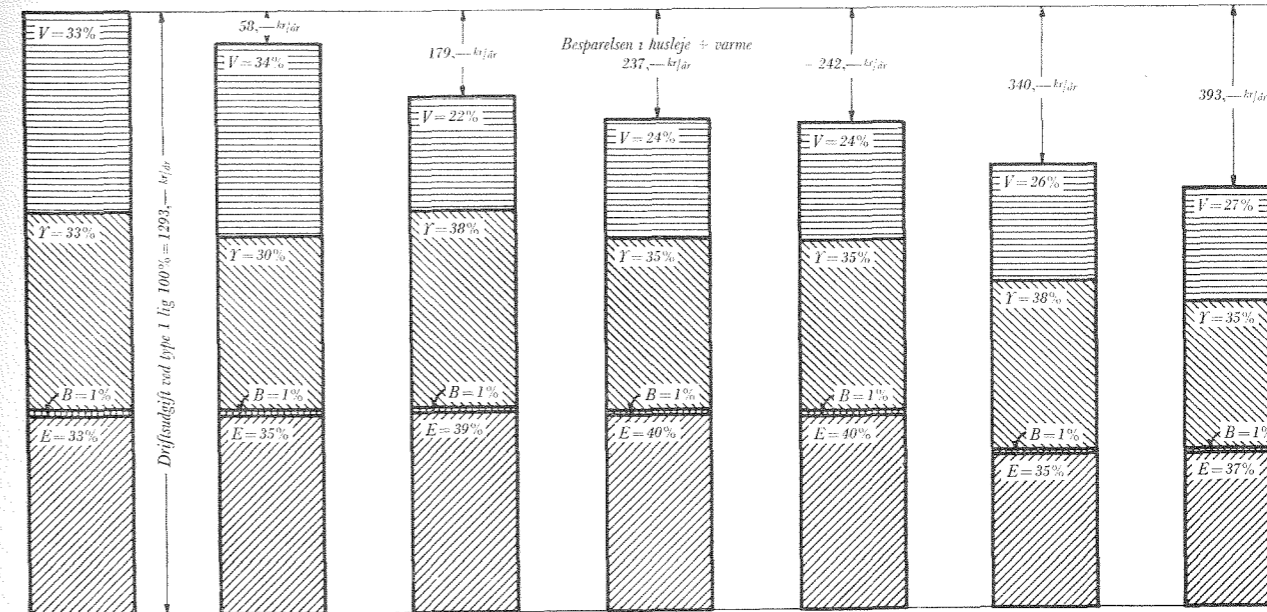


Fig. 4. Besparelsen i brændsels- og driftsudgifter ved forskellige isoleringer af et 110 m² enfamiliehus i forhold til det uisolerede hus, type 1.

Brændselsforbruget andrager ved type 1 450, — kr./år og de varmeøkonomiske driftsudgifter 1293, — kr./år ved en brændselspris på 67,50 kr./t.

I de enkelte søjler er vist fordelingen af brændselsforbruget og de varmeøkonomiske driftsudgifter på de forskellige yderflader. V = vinduer, Y = ydervægge, B = brystninger og E = etageadskillelser + tag. V = 24% overst ved type 3 angiver da, at brændselsforbruget til dækning af varmetabet gennem vinduerne er 24% af det samlede forbrug ved denne type.

BEREGNINGSFORUDSÆTNINGERNE

I dette afsnit gennemgås de forudsætninger der ligger til grund for beregningen af tabellerne i 1. og 2. afsnit, således at læseren i specielle tilfælde selv kan foretage de nødvendige korrektioner.

Den årlige ydelse af byggeudgifterne

P_u

Forrentning og afskrivning af byggeudgifterne bliver med en rente på 4 % p. a. (socialt byggeri) og en afskrivningstid på ca. 50 år

$$p_u = 4,7 \% \text{ p. a.}$$

Jo større p_u er jo mindre kan det betale sig at isolere. Ved vægge, f. eks. trævægge, som må regnes afskrevet på kortere tid må p_u forhøjes tilsvarende.

En afskrivningstid på 50 år kan måske synes noget kort, faktisk har vore bygninger hidtil haft en betydelig længere levetid. Men der er flere ting der taler for ikke at regne med længere afskrivningstid.

Løbetiden for de for tiden åbne serier af obligationer ligger mellem 36 og 60 år, altså omkring 50 år i middel.

Hvis man regner en for lang afskrivningstid kommer man til en for svær isolering som den mest økonomiske, og da man skal passe på ikke at få investeret store kapitaler i unødigt isoleringsarbejde er det sikrest at holde afskrivningstiden i underkanten.

Der tages heller ikke i beregningerne hensyn til vedligeholdelsesomkostningerne på anden måde end ved ikke at regne med for lang afskrivningstid. At tage yderligere hensyn til vedligeholdelsesomkostningerne ville komplicere beregningerne meget uden at give et nøjagtigere resultat. Selv om mange af isoleringsmaterialerne ikke er så robuste som en gammeldags mur af tunge teglsten er det ikke givet der vil blive større vedligeholdelsesomkostninger. Ved den bedre isolering bliver vedligeholdelsesomkostningerne indvendig snarere mindre på grund af mindre fugtnedslag, særlig ved vinduer er det tydeligt at der er mindre vedligeholdelse med maling ved rigtigt udførte dobbelte vinduer end ved enkelte.

Rentefoden ved rent privat byggeri kan nok komme noget højere op end de 4 % der her er regnet med. Man vilde altså for privat byggeri komme til en lidt mindre isoleringstykkelser som den mest økonomiske efter beregningerne, men forskellen vil være så ringe at den praktisk anvendelige tykkelse bliver sammenfaldende med den de 4 % giver.

På den anden side må man heller ikke regne med mindre rentefod end de 4 %, selvom statslån og andre subventioner kan bevirke en tilsyneladende rentefod der ligger betydelig lavere. Der må regnes med den rentefod som samfundet i sin helhed må betale.

Byggeudgifterne

K_u

Udgifterne ved væggenes opførelse må beregnes i hvert enkelt tilfælde for de forskellige isoleringstykkelser.

Ved beregningen af de priser som danner grundlaget for undersøgelsen har hensigten først og fremmest været at fremskaffe en så ensartet bedømmelse af de forskellige konstruktioners pris som muligt.

Under de for øjeblikket stærkt skiftende prisforhold er det umuligt at fastsætte fremstillingsomkostningerne for de forskellige bygningselementer så priserne blot et stykke ind i fremtiden kan have gyldighed.

Det må derfor udtrykkeligt bemærkes, at samtlige beregninger er udført for eet bestemt tidspunkt nemlig februar måned 1948 samt at de senere indtrufne svingninger i materialepriser og arbejdslønninger medfører mindre forskydninger i de forskellige konstruktioners priser og disses indbyrdes forhold.

For at opnå størst mulig nøjagtighed og objektivitet er alle beregninger ført helt tilbunds, hvilket vil sige at priserne er opbygget efter metoder som benyttes i det praktiske liv med en fuldstændig opspaltning i arbejds løn og materialepris.

Som grundlag for beregningerne er benyttet et almindelig forekommende beboelseshus med glatte facader uden frem- eller tilbagespring af nogen art. De nyere hustyper, altan-karnaphuse, er af så varierende form at en almengyldig bedømmelse vil være om ikke umulig så dog af yderst kompliceret art.

Fremstillingsprisen for alle konstruktionerne er udregnet for halvdelen af det viste hus og for væggenes vedkommende kun for en bruttoetagehøjde.

MATERIALEPRISER

Til nettomaterialeprisen er der for murermaterialernes vedkommende tillagt: administration + nettoavance 9 %, omkostninger på byggeplads 6 %, afgift til organisation 1 %, ialt 16,9 %.

For tømrermaterialernes vedkommende er der tillagt 8 % til administration og nettoavance idet omkostninger på byggeplads er opgjort specielt og indkalkuleret for hver konstruktion.

ARBEJDSLØN

For beregning af arbejds løn er benyttet de på det pågældende tidspunkt gældende priskuranter og overenskomster suppleret med voldgiftskendelser:

Priskurant af 1. juni 1946 for murerarbejde i provinsen.

Overenskomst mellem Centralforeningen af Murermestre i Danmark og Dansk Arbejdsmands Forbund. Prisfortegnelse for vel udført tømrerarbejde, udarbejdet af Centralforeningen af Tømrermestre i Danmark og Dansk Tømrerforbund 1936.

TABEL 10. Materialepriser, nettopris for materialer leveret på byggepladsen, foråret 1948

Enhedspris	Materialer
grundpris } 0,795 kr/kg ÷ 20 % }	Armeringsjern
60,00 kr/m ³	Beton 1 : 2½ : 3½ til jernbeton
40,00 kr/m ³	- 1 : 4 : 7 til grovbetonvæg
60,00 kr/m ³	Betonklinker
125,00 kr/m ³ + } 0,75 kr/m ² }	Cellebeton (ved alle rumvægte) + 12,00 kr/m ³ i fragt
19,65 kr/td	Cement
	Gasbetonsten, prislister af 1.5.1946 + 12,00 kr/m ³ i fragt
290,00 kr/m ³ + } 0,60 kr/m ² }	Korkplader (kølerumplader)
	Mineraluldsmåtter og granuleret mineraluld, prislister pr. 1.4.1946 ÷ 10%
119,50 kr/1000 st.	Mursten, røde håndstrøgne
97,50 kr/1000 st.	- , flammede, normalformat
147,25 kr/1000 st.	- , - , 15 cm
114,50 kr/1000 st.	- , mangelhulsten, røde maskinstrøgne
97,50 kr/1000 st.	- , - , flammede
111,00 kr/1000 st.	- , lette mursten, 1100 kg/m ³
131,00 kr/1000 st.	- , molersten, normalformat
199,00 kr/1000 st.	- , - , 15 cm
141,00 kr/1000 st.	- , klinkerbetonmursten, normalformat
212,00 kr/1000 st.	- , - , 15 cm
2,60 kr/hl	Mørtel, til opmuring
6,85 kr/hl	- , - fugning
3,50 kr/hl	- , - indvendig puds incl. hvidtekalk
4,00 kr/hl	- , bastarmørtel bl. a. til udv. puds på mursten
4,90 kr/hl	- , - + udkast af cementmørtel til udv. puds på beton
18,50 kr/m ³	Perlesten
1,84 kr/pk	Rørsøm
5,00 kr/rl	Rørvæv
12,00 kr/m ³	Sand
14,00 kr/m ²	Støbeasfalt, 2 cm tyk, incl. udlægning
3,50-6,00 kr/m	- , asfalthulkehl, højde 5-10 cm
0,10 kr/stk	Ståltrådsbindere
1,40 kr/m ²	Tagpap nr. 0
350,00 kr/1000 st.	Tagsten
1,60 kr/m ²	Tangmåtter, 12 mm
1,85 kr/m ²	- , 16 mm
2,15 kr/m ²	- , 22 mm
2,40 kr/m ²	- , 25 mm
	Træ og tømmer, gældende maksimalpriser
4,33 kr/m ²	Træfiberplader, bløde, 12,7 mm
6,00 kr/m ²	- , - , 19,0 mm
5,16 kr/m ²	- , hårde, 3,5 mm
3,20 kr/m ²	Træuld betonplader, 1,5 cm
3,82 kr/m ²	- , 2,5 cm
4,50 kr/m ²	- , 3,5 cm
5,66 kr/m ²	- , 5,0 cm
7,20 kr/m ²	- , 7,5 cm
9,00 kr/m ²	- , 10,0 cm
11,70 kr/m ²	- , 12,5 cm
14,40 kr/m ²	- , 15,0 cm
18,00 kr/m ²	- , 17,5 cm
1,05 kr/m ²	Trådvæv

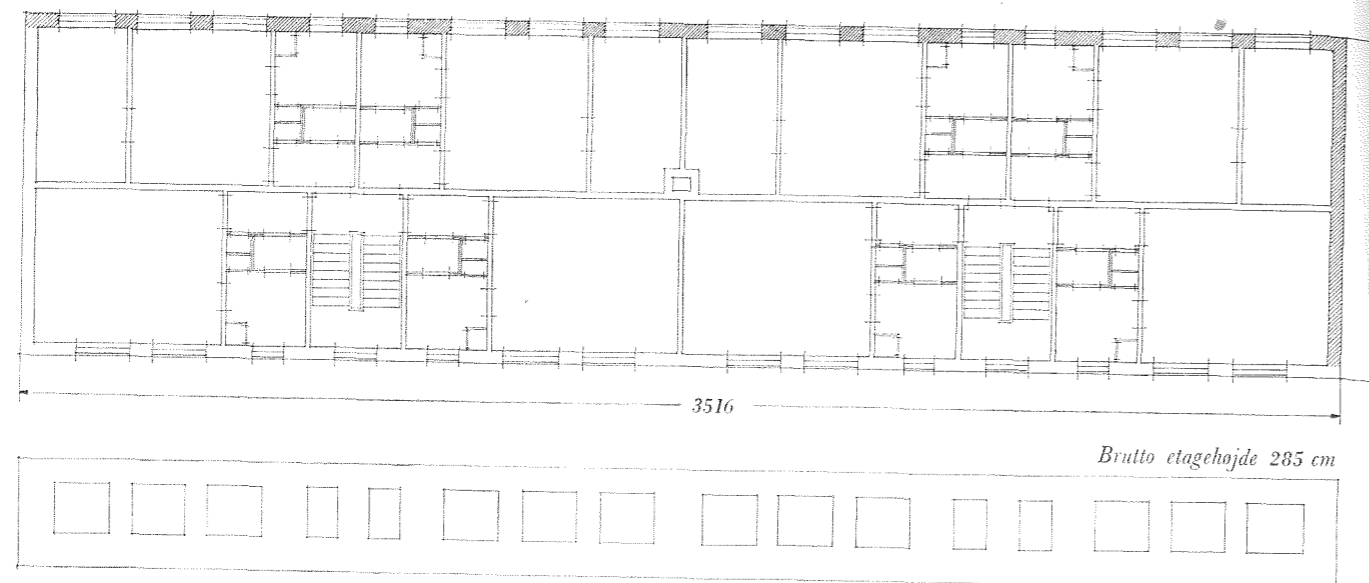


Fig. 5. Skitse af den etageplan og facade der har dannet grundlaget for beregningerne af ydervæggens pris. Mål 1:200.

Årsagen til, at murerpriskuranten for provinsen er benyttet er at denne efter revisionen i 1946 er ændret således at opmålingen foretages efter de virkelig udførte arealer i modsætning til hvad der er gældende for København hvor opmålinger foretages uden fradrag af åbninger. Efter den sidstnævnte priskurant vil prisen pr. netto-m² altså blive varierende alt efter hvor stor en procentdel åbningerne udgør af den samlede murflade.

Som følge af at murerpriskuranten for provinsen anses for mest formålstjenlig i denne forbindelse, måtte hele undersøgelsen af sammenligningsmæssige grunde baseres på arbejds lønninger for provinsen.

For murer- og betonarbejders vedkommende er der til den rene akkordløn tillagt:

Uforudseelige tillæg til akkord 5 %, daglønssarbejde 5 %, dyrtidstillæg 35 %, ferieløn 4 %, lovpligtig ulykkesforsikring 2 %, omkostninger på byggeplads 6 %, administration + nettoavance 9 % og afgift til organisation 1 %, ialt 84,5 %.

For tømrerarbejders vedkommende er der til den rene akkordløn tillagt:

Dyrtidstillæg 35 %, ferieløn 4 %, forsikring 3 %, administration og nettoavance 20 % og afgift til organisation 1 %, ialt 75,5 %. Uforudseelige tillæg til akkord samt daglønssarbejde er her opgjort specielt og indkalkuleret for hver konstruktion.

Flere af de undersøgte konstruktioner ligger uden for hvad der ellers er anvendt her i landet og det har derfor ikke været muligt at uddrage disses pris af de gældende priskuranter. Den sandsynlige arbejds løn er anslået i samarbejde med specielt priskurantkyndige personer og der redegøres her for hvilke principper der har været anvendt ved fastsættelsen af disse priser:

Konstruktion nr. 20 og 22: hulmur med hulrummet udfyldt med løse betonklinker. Arbejdsmandsløn for opbæring af betonklinker samt hjælp ved ifyldning er ansat til 8,00 kr/m³. Svendeløn for ifyldning er ansat

til kr. 0,30 pr. lodret m² i 6 cm tykkelse. For tykkelser udover 6 cm er der tillagt 0,03 kr/m² for hver cm forøgelse af tykkelsen.

Konstruktion nr. 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 35, 38 39 og 41: mure beklædt på bagsiden med asfaltkorkplader eller træuldbetonplader. Den i priskuranten fastsatte pris pr. m² for opsætning af korkplader er regnet gældende for både kork og træuldbeton i tykkelser indtil 12 cm. For tykkelser udover 12 cm er der tillagt 0,025 kr/m² for hver cm forøgelse af tykkelsen.

Konstruktion nr. 27: teglstenstag isoleret med mineraluldsmåtter. Der er i priskuranten ikke fastsat opsætningspris for tykkelser udover 25 mm.

For større tykkelser er ansat følgende priser:

30 mm 0,40 kr/m².
35 og 40 mm 0,44 kr/m².
45 og 50 mm 0,475 kr/m².
60 mm 0,50 kr/m².
80 mm 0,585 kr/m².
100 mm 0,64 kr/m².
120 mm 0,69 kr/m².

Konstruktion nr. 26: teglstenstag isoleret med træuldbetonplader. Opsætning af 1,5 og 2,5 cm træuldbetonplader er beregnet til samme pris som forskalling, for tykkelser herover er der tillagt 0,07 kr/m² for hver 2,5 cm forøgelse af tykkelsen.

Konstruktion nr. 28, 29, 30, 31 og 32: træbjælkelag isoleret med granuleret mineraluld. Opbæring af mineraluld er ansat til 0,01 kr/kg. Udlægning er ansat til 0,15 kr/m² målt over bjælkerne for lag i 3 cm tykkelse, for tykkelser herover er der tillagt 0,01 kr/m² for hver cm forøgelse af tykkelsen.

PRINCIP FOR UDREGNING AF KONSTRUKTIONERNES PRIS PR. m²

Ved beregningerne er der som nævnt foretaget en fuldstændig opspaltning i arbejds løn og materialepris,

TABEL 11. Overgangsmodstande

Væg	m _i	m _u	m _i + m _u
Ydervæg og tag	0,15	0,05	0,20
Indervæg og etageadskillelse med varmemstrømmen opad	0,15	0,15	0,30
Etageadskillelse med varmemstrømmen nedad	0,20	0,20	0,40
- - - - og frit under	0,20	0,05	0,25

TABEL 12. Modstandstal for luftlag

Luftlagets orientering	Luftlagets tykkelse i cm						
	0,5	1	2	5	10	15	20
Lodret og vandret med varmemstrømmen opad	0,13	0,17	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Vandret med varmemstrømmen nedad	0,13	0,18	0,22	0,25	0,27	0,27	0,27
«Klemte» fuger	0,05						
«Løse» fuger	0,1						

herudover er konstruktionernes pris opspaltet i to eller tre grupper:

1. konstruktionens bærende del incl. den udvendige færdigbehandling,
2. isoleringslaget hvor dette ikke indgår som bærende del af konstruktionen,
3. den indvendige færdigbehandling.

Disse grupper pris pr. m² danner sammenlagt konstruktionens pris pr. m². De enkelte grupper pris er beregnet på følgende måde:

Vægge og saddeltage:

Den samlede pris for konstruktionens bærende del incl. udvendig færdigbehandling divideres med: indvendig længde målt tværs over tilstødende skillevægge × bruttoetagehøjden ÷ det samlede vinduesareal. Isoleringslagets samlede pris divideres med nettoarealet opmålt midt i isoleringslagets tykkelse. Den samlede pris for den indvendige færdigbehandling divideres med nettoarealet.

Etageadskillelser af træ:

Konstruktionens samlede pris er divideret med undersidens nettoareal.

Etageadskillelser af beton:

Prisen for jernbetonkonstruktionen er divideret med jernbetonpladens areal. Prisen for isolering samt færdigbehandling af over- og underside er divideret med undersidens nettoareal.

Fladt jernbetontag:

Den samlede pris for jernbetonpladen incl. alle ovenpå liggende belægninger samt brystningsmuren er divideret med bygningens udvendige areal. Prisen for undersidens færdigbehandling er divideret med dennes nettoareal.

Antallet af graddage

Graddagene er ansat til middel mellem sol- og skygetallet. Regnes med en indvendig temperatur på 20 °C og en basistemperatur på 17 °C, d. v. s. varme-

anlægget skal præstere opvarmning til 17 °C og resten fra personer, madlavning o. s. v. bliver graddagene for normalåret i perioden 1861—1900

$G = 3033 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{dogn.}$

Dette tal gælder for hele Danmark med en fejl på ikke over 5 %. De forskellige korrektioner der kan blive på transmissionstallets grundværdi som der her regnes med, fra vind, sol og udstråling kan næppe i middel over en hel varmesæson summeres op til mere end nogle få procent, hvilket der må være taget tilstrækkeligt hensyn til ved at regne med ovenstående middeltal.

Faktoren 24 i formel (1) omsætter graddagene til »gradtimer«.

Transmissionstallet

Varmetabet gennem en plan væg ved stationære tilstande beregnes af formlen

$$Q = k \cdot F \cdot (t_i - t_u), \quad (3)$$

hvor Q er varmetabet i kg^o/h,
k transmissionstallet i kg^o/m² · h · °C,
F væggen areal i m²,
t_i den indvendige og
t_u den udvendige temperatur i °C.

Transmissionstallet for en plan væg bestående af lag parallelle med væggen bestemmes af formlen:

$$\frac{1}{k} = m_i + m_u + m_1 + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots, \quad (4)$$

hvor m_i + m_u er overgangsmodstandene for væggen inder- og yderside i m² · h · °C/kg^o
m₁ eventuelle luftlags modstand i m² · h · °C/kg^o,
d₁, d₂, d₃ er tykkelsen i m af de forskellige lag væggen er opbygget af og
λ₁, λ₂, λ₃ er varmeledningstallene i kg^o/m · h · °C for de pågældende lag.

For de forskellige fysiske konstanter er regnet med værdierne i tabellerne 11, 12 og 13.

Værdierne i tabel 12 gælder kun hvor luftlaget er tæt indelukket og ingen af de begrænsede flader er spejlede.

Modstandstallene er beregnet efter Mull und Reiher [16], hvis forsøg og beregninger stemmer godt overens med Watzinger og Kindem's [18].

Ved en »klemte fuger« forstås luftlaget mellem f. eks. en bræddevæg og et lag pap hvor pappet er klemte inde mellem to lag brædder. Ved en »løs fuger« forstås luftlaget mellem f. eks. en bræddevæg og et lag pap der vender mod et hulrum på den anden side.

En væsentlig forbedring af et hulrums modstandstal kan opnås ved at gøre hulrummets vægge bedre reflekterende, f. eks. ved at aluminiumsfarve den side af et paplag der vender mod hulrummet [18].

Til værdierne i tabel 13 over varmeledningstal kan iøvrigt knyttes følgende bemærkninger:

Varmeledningstallene er opgivet for anvendelse under normale forhold, udvendig i ydermur eller ugunstige forhold og indvendig som bagmur, skillerum eller lignende. Under særlig udsatte forhold hvor fugtighedsindholdet kan forventes at blive større end normalt må gives passende tillæg.

Ved murværk er de opgivne rumvægte for stenene alene og varmeledningstallet for muren uden puds. For materialer af andre rumvægte end de opgivne er interpolation tilladelig.

Efter amerikanske forsøg [19] er varmeledningstallet for løse fyldstoffer i vandrette lag uden tildækning med varmestrømmen opad betydelig større end det der gælder ved udfyldning af lodrette hulrum. Tildækkes fyldstoffet foroven f. eks. med et lag papir er det tilladeligt at regne med det sædvanlige varmeledningstal. Der må dog udvises forsigtighed ved beregning af transmissionstallene for etageadskillelser hvor fyldstoffer anvendes indtil flere forsøgsresultater foreligger.

Ved bestemmelsen af varmeledningstallene for mangelhulsten er benyttet Cammerer's tabeller [3].

Varmeledningstallene er fundne ved en gennemgang af den meget omfattende litteratur herom og for en stor del baseret på Cammerer's undersøgelser. Der er kun medtaget tal for hvilke der indestås af en anerkendt forsker eller institution, og hvor temperatur og fugtighed har været opgivet.

Der er i tabellen ikke opgivet hvorfra tallene stammer, da det i nogle tilfælde er afgjort ved et skøn hvilket varmeledningstal der bør angives, men de i tabel 13 angivne skulle kunne anvendes under normale fugtighedsindhold. Spørgsmålet om materialernes fugtighedsforhold er dog ikke fuldstændig afklaret endnu; usikkerheden ligger navnlig i bestemmelsen af fugtighedsforholdet for materialerne som de forekommer i et færdigt hus. Tabellen må derfor for enkelte materialer tages op til revision når ny pålidelige målinger foreligger.

En anden vanskelighed ved sammenligning mellem opgivelser af varmeledningstal fra forskellige lande er at man ikke ved om de forskellige laboratoriers resul-

tater uden videre kan sammenlignes. Dette spørgsmål er nu taget op til undersøgelse på international basis.

Varmeledningstallene i tabel 13 vil nok forekomme nogle at være højere end det de sædvanligvis regner med, men det må erindres at der samtidig skal regnes med et tilsvarende højt transmissionstal for radiatorerne.

Eksempler på beregning af transmissionstal

Eks. 1.

En sammensat plan væg bestående af 30 cm hul teglstensmur, yderst blank 1/2 sten af tunge teglsten, 8 cm hulrum og inderst 1/2 sten af molersten pudset på indersiden.

Af hensyn til binderne sættes hulrummets modstandstal til 0,15 og ikke til 0,20, som tabel 12 angiver.

$$\frac{1}{k} = 0,20 + \frac{0,11}{0,85} + 0,15 + \frac{0,11}{0,27} + \frac{0,01}{0,6} = 0,903$$

$$k = 1,11$$

Eks. 2.

En træetageadskillelse nr. 28 med gulvbrædder, indskudsbrædder med 10 cm indskud af mineraluld og forskalling med rør og puds. Over etageadskillelsen et koldt tagrum dækket med 45° tegltag. For et snit gennem bjælkerne fås

$$\frac{1}{k_1} = 0,30 + \frac{0,03}{0,13} + \frac{0,236}{0,13} + \frac{0,02}{0,13} + \frac{0,02}{0,4} = 2,54$$

$$k_1 = 0,39$$

For et snit mellem bjælkerne fås

$$\frac{1}{k_2} = 0,30 + \frac{0,03}{0,13} + 0,20 + \frac{0,10}{0,03} + \frac{0,026}{0,13} + 0,20$$

$$+ \frac{0,02}{0,13} + \frac{0,02}{0,4} = 4,67$$

$$k_2 = 0,21.$$

Bjælkerne dækker 13,4 % af det samlede etageareal, og for etageadskillelsen i gennemsnit fås da

$$k_e = 0,134 \cdot 0,39 + (1 \div 0,134) \cdot 0,21 = 0,24.$$

For tegltaget alene fås

$$\frac{1}{k_t} = 0,20 + \frac{0,02}{0,75} = 0,227 \quad k_t = 4,41$$

og da tegltaget er $\sqrt{2}$ gange større end etageadskillelsen, bliver transmissionstallet gennem begge lag

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2} k_t} + \frac{1}{k_e}} = \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2} \cdot 4,41} + \frac{1}{0,24}} = 0,23$$

Herved er beregnet transmissionstallets grundværdi [1]. Ved en almindelig transmissionsberegning for dimensionering af varmeanlæg bør desuden tages hensyn til sol og vind, idet det da gælder om at bestemme det maksimale varmetab. Solbestråling er der i denne undersøgelse taget hensyn til ved fastsættelsen af gradtallet. Vindpåvirkningen er det anset for unødvendigt at tage hensyn til, i gennemsnit over hele året bliver vindtillægget til transmissionstallet kun nogle få procent.

TABEL 13. Varmeledningstal λ

Foreløbig tabel baseret på litteraturstudier

Materiale	Omtrentlig rumvægt i tør tilstand kg/m ³	Varmeledningstal λ	
		udvendig kg ² /m ² ·h·°C	indvendig kg ² /m ² ·h·°C
Murværk ¹⁾ bestående af tunge teglsten	1800	0,75	0,63
— — i yderste halve sten med hulrum bagved	1800	0,85	
mangelhulsten med 78 stk. 8×8 mm huller og en vægt af teglmassen på	1800	0,53	0,44
— med 78 stk. 8×8 mm huller i den yderste halve sten med hulrum bagved	1800	0,57	
lette teglsten	1600	0,51	0,48
— —	1400	0,44	0,42
— —	1100	0,36	0,34
molersten	900	0,31	0,27
kalksandsten	1900	0,9	0,8
slaggeplader	1400		0,4
Jernbeton	2400	1,4	1,2
Beton	2200	1,3	1,17
Letbeton			
murværk ¹⁾	1200	0,56	0,44
—	1000	0,41	0,32
—	700	0,28	0,22
—	500	0,22	0,17
isolerings af letbeton uden fuger eller i store plader	1000	0,37	0,30
—	700	0,23	0,18
—	500	0,16	0,13
—	300	0,09	0,07
Mørtel			
kalkmørtel	1700	0,8	0,6
cementmørtel	2100	1,15	0,75
Puds af			
kalkmørtel	1700	0,8	0,6
cementmørtel	1900	1,1	
Natursten			
porøse	2250	1,4	1,1
tætte	2400—3000	3,0	
Træ			
nåletræ, vinkelret på fibre	600	0,16	0,13
nåletræ, parallelt med fibre	600		0,25
hårde træsorter, vinkelret på fibre	800	0,21	0,19
hårde træsorter, parallelt med fibre	800		0,40
Træfiberplader			
hårde	1000	0,15	0,12
halvhårde	600	0,08	0,067
bløde	250	0,05	0,04
Isoleringsmætter ²⁾ og -plader			
mineralulds mætter	150	0,04	0,03
glasulds mætter	100	0,04	0,03
tangmætter	100	0,04	0,03
træuldbetonplader ³⁾	300	0,075	0,07

¹⁾ Ved beregning af transmissionstallet for massive ydermure kan for den yderste halvdel regnes med det opgivne »udvendige« λ og for den inderste halvdel med det »indvendige« λ .

²⁾ Hvis isoleringsmåtten sammentrykkes, regnes tykkelsen i sammentrykket tilstand; λ ændres ikke synderligt ved sammentrykning ved de temperaturer, der forekommer i almindelig husbygning.

³⁾ Ved træuldbetonplader og andre plader af lignende struktur fradrages 0,5 cm for hver side, der er pudset, opsat i mørtel eller støbt fast i beton.

TABEL 13. Varmeledningstal λ (fortsat)

Materiale	Omtrentlig rumvægt i tør tilstand kg/m ³	Varmeledningstal λ	
		udvendig kg ² /m ² ·h·°C	indvendig kg ² /m ² ·h·°C
korkplader, ekspanderede med asfalt	130	0,04	0,035
tørveplader	200	0,047	0,042
halimplader	250	0,05	0,04
filt	180		0,036
asbestpap	1000		0,11
<i>Fyldstoffer</i>			
sand i vægge og som indskud	1500–1800	0,6	0,3
slagge ¹⁾	400	0,18	0,14
stampet ler	1700	0,8	0,5
jord under og omkring bygninger	2000	2,0	
løs mineraluld i lodrette hulrum eller vandrette lukkede hulrum	120	0,04	0,03
løs mineraluld i vandrette lag uden afdækning med varme-strømmen opad	120		0,07
løs glasuld i lodrette hulrum eller vandrette lukkede hulrum	90	0,04	0,03
løs glasuld i vandrette lag uden afdækning med varme-strømmen opad	90		0,07
savsmuld ¹⁾	200	0,11	0,07
høvlspåner ¹⁾	100	0,09	0,06
løse betonklinker ¹⁾	300	0,10	0,09
brændt, knust moler ¹⁾	420		0,072
asbest	700		0,20
aske ¹⁾	800	0,20	0,17
tørvestrøelse ¹⁾	190		0,06
korksmuld ¹⁾	120		0,035
<i>Diverse materialer</i>			
støbeasfalt	2200	1,3	1,08
linoleum	1180		0,16
gipsplader	1350		0,45
glas	2500	0,65	
vægfliser	2100	1,1	0,9
gulv- og vægpap	600	0,07	0,06
tagpap	1100	0,16	
asbestcementplader	1850	0,47	0,37
skifer	2700	1,7	
kieselguhr med lertilsætning	600		0,091
gummi, vulkaniseret	1000		0,25
jern og stål	7850	50	
zink	7200	95	
messing	8600	100	
luft i fuldstændig ro ved 0°C			0,0204
– – – – – 20°C			0,0216
vand ved 0°C	1000	0,477	
– – 10°C	1000	0,497	
is ved 0°C	900	1,93	
sne ved 0°C	100	0,04	
– – 0°C	300	0,20	

¹⁾ Ved beregning af gulve uden tildækning og varmestrømmen opad fradrages 3 cm af fyldmaterialets virkelige tykkelse.

Til beregning af varmeledningstallet for materialer der ikke er opført i tabel 13 kan tallet beregnes for normalt fugtighedsindhold i praksis efter følgende tabeller når varmeledningstallet er opgivet for et bestemt fugtighedsindhold:

TABEL 14. Fugtighedsindholdet i uorganiske byggematerialer i praksis, efter Cammerer [7]

Eksempler på:
 A = meget gunstige forhold: indervægge ved opvarmede rum.
 B = gennemsnitlige forhold: ydervægge ved opvarmede rum.
 C = ugunstige forhold: ydervægge ved ikke opvarmede rum.
 Puds' fugtighedsforhold varierer stærkt med de øjeblikkelige forhold (årstid, vejrlig o.s.v.).
 Vandindholdet er angivet i volumenprocent.

Byggemateriale	Vandindhold i volumenprocent			
	grænseværdier	A	B	C
Teglstensmurværk (incl. mørtel) af massive eller hule sten af enhver porøsitet og brændingstemperatur	0,2–3	0,5	1,7	2,5
Betonsten, enhver art og porøsitet, f. eks. pimpsten-, slagge-, gasbeton, kalksandsten, ler, gips	3,0–24*)	3,5	7,0	13
Indvendig puds, gipspuds	9–18	9	12	16
– – , kalkpuds	0,5–17	1	3	10
Udvendig puds	0,5–17	1	3	7
Fugemørtel	0,3–16	1	4	10
Sandet jord	4–14	–	8	14
Leret jord, muldjord	23–28	–	28	28

*) Højeste iagttagne værdi ved svedevandsdannelse.

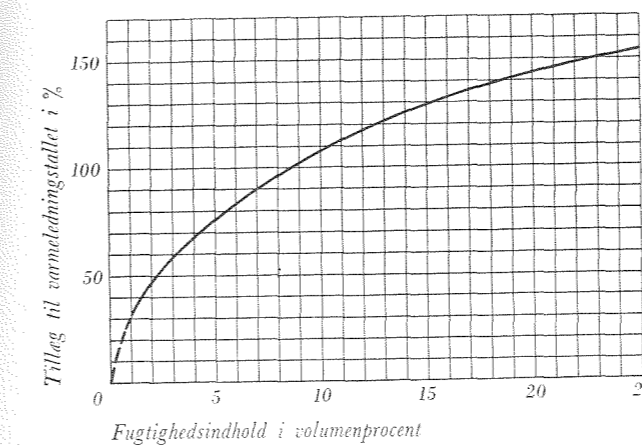


Fig. 6. Varmeledningstallets tilvækst i procent til værdien for hel tør tilstand i afhængighed af fugtighedsindholdet i volumenprocent for uorganiske materialer. Efter Cammerer [7].

På fig. 6 er vist en kurve over fugtighedsindholdets indflydelse på varmeledningstallet for uorganiske materialer. Angivelserne gælder for et fugtighedsindhold over det hygroskopiske, d. v. s. for et højere vandindhold end i lufttør (laboratorietør) tilstand. Mellem den fuldstændig tørre tilstand og den lufttørre er fugtighedsindholdets indflydelse på varmeledningstallet omtrent 6 % pr. 1 volumenprocent vandindhold.

Ved organiske byggematerialer forøges, efter Cammerer [7], varmeledningstallet for hel tør tilstand med 1,25 % for hver 1 vægtprocent fugtighedsindholdet stiger, og der kan regnes med de i tabellerne 15 og 16 angivne fugtighedsforhold.

TABEL 15. Gennemsnitlige fugtighedsindhold af organiske byggematerialer

Fugtighed i vægtprocent efter Cammerer [7].

Materialegruppe	Fugtighedsindhold i vægtprocent			
	laboratorietør tilstand	gunstige forhold	gennemsnitlige forhold	ugunstige forhold
Korkplader	1,3	2,5	4	8
Plader af træuld med uorganisk bindemiddel	11	15	20	30
Tørveplader	15	22	30	50
Beklædningsplader af organiske fibre	11	15	20	30

TABEL 16. Fugtighedsindholdet i træ

Fugtighed i vægtprocent efter Kollmann [4].

Indbygningsmåde for træ	Fugtighedsindhold i vægtprocent
Indvendig	6–8
Tømmer, vinduer, yderdøre	11–13
Udvendig	13–15

Prisen pr. nyttiggjort kalorie i fyret K_v

Denne pris kan beregnes af

$$K_v = \frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_p \quad (5)$$

hvor K_b er brændselsprisen i kr/kg

B_n brændslets nedre brændværdi kg^o/kg

η varmeanlæggets samlede nyttevirkning og

K_p pasningsudgifterne i kr/kg^o.

I beregningerne er anvendt følgende værdier for disse størrelser:

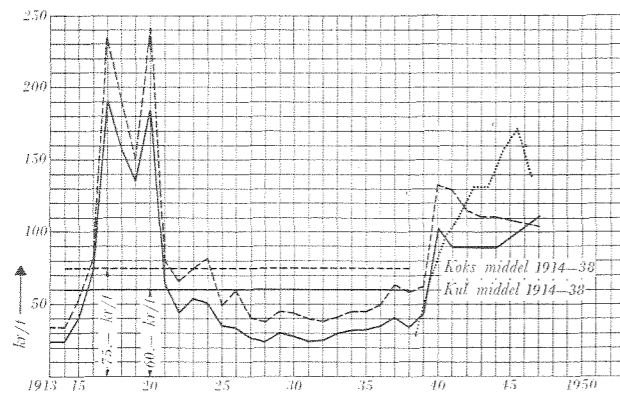


Fig. 7. Brændselspriserne i København incl. kørsel 1913-47.
 — kul — koks
 kulton, middelpriis for alt brændsel omsat til kul.

BRÆNDELSPRISEN

Brændselsprisen er vanskelig at angive. Dels varierer den meget stærkt (se fig. 7), dels bruges der forskellige brændselsarter, og da bygningen skal stå 50 år eller mere kan det ikke nytte blot at regne med dagsprisen. At forudbestemme priserne i fremtiden er umuligt, det eneste man med nogenlunde sikkerhed ved er at priserne ikke bliver så lave som før krigen på grund af den almindelige sænkning af pengenes værdi.

På fig. 7 er vist priserne for kul og koks i København i årene 1913-47. De enkelte priser er gennemsnit af de forskellige priser indenfor året. Kulpriserne er middel af priserne for dampkul og nøddekul og for koks af hele og knuste.

Tager man her gennemsnitsprisen for de 25 år fra 1914-38 hvori indgår såvel en krigsperiode med høje priser og en lang fredsperiode bliver prisen for kul 58,30 kr/t og koks 78,20 kr/t. Tager man $\frac{2}{3}$ af fredsprisen fra 1938 og $\frac{1}{3}$ af dagsprisen, finder man kul 60,50 kr/t og koks 74,- kr/t. Der kan derfor være en vis rimelighed i at sætte priserne til kul 60,- kr/t og koks 75,- kr/t.

Her er der ikke taget hensyn til at mange varmeanlæg kan bruge billigere brændsel som smuld og afharpning men dette opvejes formentlig af at der også i perioder bruges en del indenlandsk dyrt brændsel. For middelpriisen af forskelligt brændsel betalt af »Københavns almindelige Boligselskab« ved indkøb af 12-13.000 kultons pr. år bliver $\frac{2}{3}$ fredspris + $\frac{1}{3}$ dagspris = 66,50 kr/kultons. Ved oliefyring og fjernvarme vil priserne under normale forhold for »brændslet« antagelig ligge højere, men til gengæld ligger pasningsudgifterne lavere end ved eget kedelanlæg for fast brændsel så den samlede pris, K_v , pr. kalorie ikke bliver meget forskellig fra den her anslåede.

Som gennemsnitspris er regnet med

$$K_b = \frac{60,- + 75,-}{2 \cdot 1000} = 0,0675 \text{ kr/kg} \sim 67,50 \text{ kr/t}$$

Denne pris er efter al sandsynlighed en minimumspris men der bør også regnes med en lav brændselspris idet det ellers vil være således at i perioder hvor

alt er billigt forudbetales for en kommende dyrtid, hvis komme ikke vides med sikkerhed.

BRÆNDVÆRDIEN

Som brændslets nedre brændværdi er i middel for kul og koks regnet med

$$B_n = 6250 \text{ kg}^\circ/\text{kg}.$$

NYTTEVIRKNINGEN

Den samlede nyttevirkning af centralvarmeanlæg varierer formentlig mellem 50 % for dårligt passede anlæg og højst 70 % for de bedst passede anlæg. Da en dårligere nyttevirkning giver en større tykkelse af den mest økonomiske isolering er her regnet med

$$\eta = 65 \%$$

for at være på den sikre side og ikke få isoleringen for kostbar.

PASNINGSUDGIFTERNE

Udgifterne til pasning af et centralvarmeanlæg består af

- varmemesterløn,
- fyringskontrol,
- varmemålerservice,
- elektrisk strøm,
- eventuelle småreparationer o. s. v.

Pasningsudgifterne er det endnu sværere end brændselsudgifterne at finde en gennemsnitspris for. De varierer ikke alene gennem tiden men også fra sted til sted. Varmemesterens løn er som regel den største part og den varierer ganske overordentlig meget; på mange, særlig ældre varmeregnskaber, er der kun regnet med en lille del af viceværtens løn på varmeregnskabet. I årene lige før krigen synes pasningsudgifterne i gennemsnit at have ligget på 0,3-0,4 øre/t[°] (der regnes her med nyttiggjorte kalorier). Under krigen er pasningsudgifterne steget stærkt, dels på grund af de almene prisstigninger og dels på grund af de større udgifter til fyring med det mere voluminøse indenlandske brændsel. De synes nu at ligge på 0,7-0,8 øre/t[°]. Fremtidig vil de nok falde noget, dels fordi man igen kan anvende udenlandsk brændsel, dels fordi der ikke vil blive sparet så meget på varmen og dels på grund af den almindelige prissænkning. Det kan derfor anses for passende at sætte pasningsudgifterne til 0,6-0,7 øre/t[°], svarende til

$$K_p = 0,65 \cdot 10^{-5} \text{ kr/kg}^\circ.$$

Indsættes disse værdier i formel (5) findes prisen pr. nyttiggjort kalorie i varmeanlægget til

$$K_v = 0,000023 \text{ kr/kg}^\circ \sim 2,3 \text{ øre/t}^\circ.$$

Den årlige ydelse af varmeanlægsudgifterne p_a

Med en rente på 4 % p. a. og en afdragstid på ca. 25 år bliver

$$p_a = 6,4 \%$$

Anlægsudgifterne

Anlægsudgifterne for varmeanlægget pr. m² væg kan udtrykkes ved

$$K_a = K_c \cdot k \cdot \Delta t_{\text{maks}} \quad \text{hvor} \quad (6)$$

K_c er anlægsprisen i kr. pr. kalorie ved den maksimale temperaturdifferens som anlægget er beregnet for. Man har nemlig, idet K er den samlede pris på varmeanlægget, at den andel af varmeanlægget som skal dække varmetabet gennem den pågældende m² væg er

$$K_a = K \frac{k \cdot \Delta t_{\text{maks}}}{\sum_{a=1}^{a=n} F_a \cdot k_a \cdot \Delta t_{\text{maks}}} \quad \text{hvor}$$

nævneren er bygningens samlede varmetab, og heraf

$$K_c = \frac{K}{\sum F \cdot k \cdot \Delta t_{\text{maks}}}$$

For et fuldt udbygget varmeanlæg kan sættes

$$K_c = 0,28 \text{ kr/kg}^\circ_{\text{maks}} \cdot h$$

Denne pris ligger på den sikre side, således at forstå, at den i hvert fald ikke er for høj. Jo bedre et hus er isoleret jo dyrere må kalorieprisen for varmeanlægget blive og besparelsen på varmeanlægget skulle altså blive mindre pr. kalorie efterhånden som et givet hus isoleres mere og mere.

Ved det prismateriale der har været til rådighed har det ved større anlæg ikke været muligt at konstatere nogen afhængighed mellem kalorieprisen og anlæggets størrelse. Dette forhold må givetvis også have størst betydning for mindre anlæg og da 0,28 kr/kg[°] sikkert er for lavt anslået ved småhuse er der overalt regnet med denne pris.

Δt_{maks} er den maksimale temperaturforskelle som anlægget er beregnet for og som regel er

$$\Delta t_{\text{maks}} = 35 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{hvoraf}$$

$$K_a = 9,8 \cdot k \text{ kr/m}^2.$$

Pladslejen

Når man opstiller en formel for de årlige driftsudgifter ved en væg må der også tages hensyn til hvor meget gulvareal væggen optager. Det vil være urimeligt at sammenligne to så forskellige vægge som en 47 cm teglstensmur og en 15 cm trævæg uden at tage hensyn til den forskel i plads de optager. Spørgsmålet er blot hvorledes man ved boligen kan få dette udtrykt i en formel. Ved en forretningsejendom, en lagerbygning eller en industribygning er det temmelig ligetil, her kan man direkte beregne hvor stor den årlige gevinst pr. m² gulv er ved at bruge en tyndere væg og indsætte det i formlen.

Ved boliger bliver det et skøn hvor stor en del af huslejen der kan skilles fra som værende ren »pladsleje«. Her er valgt følgende fremgangsmåde:

Den årlige husleje uden varme regnes at være ca.

K_a kr. 25,- pr. m² bruttoareal, det er den pris der må regnes med når der ikke tages hensyn til tilskud og anden offentlig støtte. Som pladslejen regnes kun den del af huslejen der ændres når ydervæggene bliver tykkere eller tyndere, altså: etageadskillelser, tag, tværskillerum o. lign. Disse bygningselementers andel i huslejen er ca. 16 % [11]. Med en bruttoetagehøjde på 285 cm bliver pladslejen da

$$K_h = 25,00 \cdot \frac{16}{100} \cdot \frac{1}{2,85} = 1,40 \text{ kr/m}^3$$

Dette gælder nærmest hvis byggelinierne betragtes som faste. Ved en stor del af det byggeri der sker idag er man imidlertid ikke bundet af byggelinier. Her måtte pladslejen da fastsættes som den årlige ydelse af prisen pr. m² etageareal af den byggemodne grund, idet man kan lægge pladsen for en eventuel ekstra isolering udad så der ikke tages af nettogulvarealet. Denne beregningsmåde vil dog med de nuværende priser give omtrent samme resultat som ovenstående.

Brystninger

Ved ydervægge bag radiatorer formel (2) er det nødvendigt for at kunne udtrykke driftsudgifterne ved en formel hvori graddagene indgår at kende forløbet af temperaturen på indersiden af væggen.

Ved beregning har man fundet følgende udtryk

$$t_o - t_u = a (t_i - t_u) \quad (7)$$

hvor t_o er overfladetemperaturen af væggen bag radiatoren

t_u den udvendige lufttemperatur

t_i den indvendige lufttemperatur i [°]C, her 20[°] C og

a er en konstant afhængig af væggenes overfladebeskaffenhed. Man finder for almindelige overfladebehandlinger puds, maling, tapetsering $a \sim 1,75$ og for aluminiumstapetserede vægge $a \sim 1,0$.

Disse værdier giver for store overfladetemperaturer ved lave ydertemperaturer og omvendt ved høje ydertemperaturer. Fejlen bliver maksimalt 20 %, men summeret over hele varmesæsonen modvirker fejlene hinanden således at slutresultatet bliver nogenlunde antageligt. En lille fejl begås ved at indsætte i formel (2) uden at ændre den tidligere angivne værdi for graddagene, G , med basis 17[°]C, men denne fejl ligger på den sikre side idet den giver en for lille isolering.

Når væggen bag en radiator beklædes med aluminiumstapet bliver væggenes overfladetemperatur meget mindre og væggen deltager nu ikke som før i opvarmningen af luften der stryger op mellem radiatoren og væggen. Radiatorens varmeafgivelse bliver altså mindre svarende til en reduktion i radiatorens transmissions-tal af størrelsesordenen 10 % og varmeanlægget derfor noget dyrere. Varme-anlæggets pris ved brystninger med aluminiumstapet sættes til $K_c = 0,29 \text{ kr/kg}^\circ_{\text{maks}} \cdot h$.

Formlerne for driftsudgifterne

Indsættes de ovenfor angivne værdier giver formlerne (1) og (2) med en brændselspris på 67,50 kr/t: De årlige driftsudgifter i kr. pr. m² ydervæg hvor en tykkere isolering formindsker rummets nettogulvareal

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

1. led hidrører fra byggeudgifterne, idet K_u er væggenes pris pr. m²,
2. led hidrører fra opvarmningsudgifterne, idet k er transmissionstallet, og
3. led hidrører fra væggenes pladsleje, idet d er væggenes tykkelse i m.

De årlige driftsudgifter i kr. pr. m² for yderflader hvor den plads væggen optager ikke influerer på rummets anvendelighed

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

De årlige driftsudgifter i kr. pr. m² for ydervægge bag radiatorer bliver for vægge med almindelig overfladebehandling

$$D = \frac{4,7}{100} K_u + 24 \cdot 1,75 \cdot 3033 \cdot k_1 \cdot 0,000023 + \frac{6,4}{100} \cdot 0,28 \cdot k_1 \cdot 1,75 \cdot 35$$

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

k₁ er transmissionstallet fra væggenes indvendige overflade til udvendig fri luft.

De årlige driftsudgifter i kr. pr. m² for ydervægge bag radiatorer for vægge med aluminiumstapet

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

Med en brændselspris på 120,- kr/t bliver formlerne for de årlige driftsudgifter pr. m² ydervæg: Almindelige ydervægge

$$D = 0,047 K_u + 3,25 k + 1,4 d$$

ydervægge hvor der ikke tages hensyn til pladslejen, D = 0,047 K_u + 3,25 k

ydervægge bag radiatorer, for vægge med almindelig overfladebehandling

$$D = 0,047 K_u + 5,7 k_1$$

ydervægge bag radiatorer, for vægge med aluminiumstapet

$$D = 0,047 K_u + 3,3 k_1$$

Afskrivningstiden for merudgiften ved isolering

For at vise hvorledes afskrivningstiden for merudgiften til isolering beregnes gennemgås beregningerne ved 73 m² lejligheden fra tabel 8 for sammenligningen mellem huset isoleret som type 2, der opfylder kravene for opnåelse af statslån, og den stærkest isolerede type 8.

Ved ekstra isolering kommer der en merpris på byggeudgifterne. Denne merpris indtjenes igen, dels ved en mindre byggeudgift til centralvarmeanlægget og dels gennem årene ved en mindre udgift til brændsel og pasningsudgifter.

Forskellen mellem merprisen til isoleringen og mindreprisen til varmeanlægget kaldes g, og dette beløb (gælden) skal afskrives ved den årlige besparelse a i brændsels- og pasningsudgifter. Hvis rentefoden er p % p. a., beregnes afskrivningstiden n af den almindelige annuitetsligning:

$$g = \frac{100 a}{p} \left(1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{100} \right)^n} \right)$$

heraf findes, idet $q = 100 \frac{a}{g}$

$$n = \frac{\log q - \log (q - p)}{\log \left(1 + \frac{p}{100} \right)}$$

Er rentefoden 4 % p. a., som regnet i det foregående, bliver

$$n = \frac{\log \frac{q}{q - 4}}{0,01703} \quad (8)$$

Mindreprisen for varmeanlægget bliver:

Hvis forskellen mellem transmissionstallene for de to betragtede ydervægge er Δk, ifølge side 37

$$\Delta k \cdot 35 \cdot 0,28 = \Delta k \cdot 9,8 \text{ kr/m}^2.$$

Ved *brystninger* med limfarve bag radiatorer ifølge side 37

$$\Delta k_1 \cdot 35 \cdot 1,75 \cdot 0,28 = \Delta k_1 \cdot 17,1 \text{ kr/m}^2.$$

Ved det *nederste gulv* til kælderen, hvor den maksimale temperaturdifferens kun er 15 °C, cirka

$$\Delta k \cdot 15 \cdot 0,28 = \Delta k \cdot 4,2.$$

Ved *vinduerne*, idet forskellen i det maksimale varmetab ved enkelte og dobbelte vinduer er 1300 kg^o/h 1300 · 0,28 = 364,- kr.

For den årlige *besparelse på brændsels- og pasningsudgifter* fås tilsvarende, idet prisen pr. nyttiggjort kalorie ifølge side 36 er

$$K_v = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ kr/kg}^{\circ}.$$

for *ydermure*

$$\Delta k \cdot 24 \cdot 3033 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = \Delta k \cdot 1,68 \text{ kr/m}^2 \cdot \text{år}$$

for *brystninger*

$$\Delta k_1 \cdot 24 \cdot 3033 \cdot 1,75 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = \Delta k_1 \cdot 2,94 \text{ kr/m}^2 \cdot \text{år}$$

for *det nederste gulv til kælderen* hvor den gennemsnitlige temperaturdifferens er 10 °C over varmesæsonens 230 dage cirka

$$\Delta k \cdot 24 \cdot 230 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = \Delta k \cdot 1,27 \text{ kr/m}^2 \cdot \text{år}$$

For *vinduerne* bliver besparelsen ved opsætning af dobbelte vinduer i årligt brændselsforbrug, når gradtimerne er 24 · 3033 ved 17 °C indvendig og varmetabet er beregnet ved en temperaturdifferens på 35 °C:

$$1300 \cdot \frac{24 \cdot 3033}{35} \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = 62,40 \text{ kr/år}.$$

I tabel 17 er beregningerne gennemført efter disse formler. Under priserne og transmissionstallene er overført værdierne for hustype 8 og nederst for type 2.

TABEL 17. Beregning af afskrivningstiden for den ekstra isolering ved hustype 8 sammenlignet med hustype 2 ved en 73 m² lejlighed (sml. tabel 8)

Yderflade	betegnelse	antal m ²	Merpris for yderfladerne		k	transmissions-tal	Δk	Mindre pris for varmeanlæg	g	a	n
			kr/m ²	ialt kr.							
Vinduer og altandøre	dobbelte i stedet for enkelte	14	1168,- kr. 792,- kr.	376,-	1590 kg ^o /h 2890 kg ^o /h	0,44 1,06	0,62	364,-	12,-	62,40	29
Ydermure, 35 cm mangelulsten med 10 cm træuld-beton i stedet for 35 cm mangelulsten		21,2	60,58 41,55	19,03 404,-	0,39 1,18	0,62	128,90	275,10	22,10	22,10	29
Brystninger, mur 23 cm mangelulsten med 15 cm træuld-beton i stedet for 23 cm mangelulsten med 1 cm kork		2,3	53,36 41,43	11,93 27,40	0,46 1,18	0,72	31,10	÷3,70	5,30	5,30	29
Brystninger, beton med 15 cm træuld-beton i stedet for 2,5 cm kork		2,0	74,53 67,98	6,55 13,10	0,23 0,61	0,38	24,60	÷11,50	4,20	4,20	29
Øverste etageadskillelse, træ, 10 cm mineraluld i stedet for 5 cm ler		7,2	53,12 47,-	6,12 44,-	0,23 0,66	0,43	26,80	17,20	4,60	4,60	29
Nederste etageadskillelse, træ, 10 cm mineraluld i stedet for 5 cm ler		7,2	53,12 47,-	6,12 44,-	0,49 1,13	0,64	13,-	31,-	3,90	3,90	29
Gavl, 35 cm hul mur af mangelulsten med 10 cm træuld-beton i stedet for 35 cm hul mur af mangelulsten		4,5	53,61 35,70	17,91 80,50	0,49 1,13	0,64	28,20	52,30	4,80	4,80	29
Ialt				989,-			616,60	372,40	107,30	107,30	29

BEREGNINGERNES NØJAGTIGHED

Ifølge sagens natur kan resultaterne af beregninger som de her gennemførte aldrig blive fuldstændig nøjagtige og pålidelige, dertil er der gjort for mange antagelser og simplifikationer, men sådanne beregninger kan påvise en tendens og give en vejledning til at komme det rigtige resultat nærmere. Man kan i et givet tilfælde ikke afgøre med sikkerhed om der skal isoleres med 9 eller 11 cm mineraluld, men beregningerne viser tydeligt at det ikke er med 2 cm mineraluld man skal isolere men med det 3–5 dobbelte.

Derimod kan man nok sige noget om indflydelsen på beregningerne af de enkelte tal, der indgår i formlerne.

En af de største kilder til fejl ligger i bestemmelsen af brændselspriserne. Byggeudgifterne og afskrivningsprocenterne er for den enkelte bygning fastlagt en gang for alle når bygningen opføres og forandres næppe i bygningens levetid, mens brændselspriserne kommer ud for endog meget store uforudsigelige svingninger. Det samme gælder pasningsudgifterne, svingningerne bliver dog ikke slet så voldsomme her.

For at få et overblik over hvor meget variationen af priserne betyder må der af formlen for driftsudgifterne dannes et udtryk for det mest økonomiske transmissionstal, og alle størrelserne der varierer med transmissionstallet må udtrykkes ved dette.

Byggeudgifterne kan sættes til:

$$K_u = a + b \frac{1}{k} \text{ hvor} \quad (9)$$

a og b er konstante for et givet isoleringsmateriale, a prisen på den faste del af væggen og b prisen for isoleringen med transmissionstallet $k = 1$.

Vægtykkelsen, $d = d_{\text{fast}} + d_{\text{isol}}$, findes af

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{a_i} + \frac{1}{a_u} + m_{\text{fast}} + \frac{\lambda}{d_{\text{isol}}}$$

hvor de tre første led er uforanderlige, uafhængige af isoleringslagets tykkelse, altså

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_{\text{fast}}} + \frac{\lambda}{d_{\text{isol}}} \text{ eller}$$

$$d_{\text{isol}} = \frac{\lambda}{\frac{1}{k} - \frac{1}{k_{\text{fast}}}}$$

Sættes dette ind i formlen (1), findes

$$D = \frac{P_u}{100} \left(a + b \frac{1}{k} \right) + 24 \cdot G \cdot \left(\frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_p \right) \cdot k + \frac{P_a}{100} \cdot K_c \cdot \Delta t_{\text{maks}} \cdot k + K_h \left(\frac{\lambda}{k} - \frac{1}{k_{\text{fast}}} + d_{\text{fast}} \right)$$

For at finde minimum for D differentieres med hensyn til k, og det fundne udtryk sættes lig 0:

$$\frac{dD}{dk} = -\frac{P_u}{100} b \frac{1}{k^2} + 24 \cdot G \cdot \left(\frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_p \right) + \frac{P_a}{100} K_c \cdot \Delta t_{\text{maks}} + K_h \cdot \lambda \cdot \frac{1}{k^2} \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k_{\text{fast}}} \right)^{-2} = 0 \quad (10)$$

Den værdi, der findes for k af denne ligning, er den mest økonomiske. Her, hvor det blot gælder om at få bestemt »sikkerheden« på bestemmelsen af k kan der ses bort fra det sidste led, pladslejen, dette led er meget mindre end de andre og derfor uden væsentlig indflydelse på resultatet. Af (10) findes da:

$$k_{\text{okn}} \sim \sqrt[3]{\frac{\frac{P_u}{100} b}{24 \cdot G \cdot \left(\frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_p \right) + \frac{P_a}{100} \cdot K_c \cdot \Delta t_{\text{maks}}}} \quad (11)$$

For den procentiske variation af k_{okn} fås

$$\Delta k_{\text{okn}} = 100 \left(1 - \frac{k_2}{k_1} \right) = 100 \left[1 - \sqrt[3]{\frac{P_{u,2} \cdot b_2 \cdot \left(\frac{24G \left(\frac{K_{b,1} \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_{p,1} \right)}{P_{u,1} \cdot b_1 \cdot \left(\frac{24G \left(\frac{K_{b,2} \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_{p,2} \right)} + \frac{P_{a,1}}{100} K_{c,1} \cdot \Delta t_{\text{maks}} \right)} + \frac{P_{a,2}}{100} K_{c,2} \cdot \Delta t_{\text{maks}} \right)}} \right] \quad (12)$$

Dette er det almenyldige udtryk, og man har her muligheden for at finde Δk for enhver ændring i de andre størrelser. Udtrykket er lidt uhandleligt, men desværre lader de sædvanlige formler fra fejlteorien sig ikke anvende da usikkerheden på de variable er af samme størrelsesorden som de variable selv.

Er brændselsprisen K_b og pasningsudgifterne K_p de eneste variable i bygningens levetid, bliver (12) til

$$\Delta k = 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{24G \left(\frac{K_{b,1} \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_{p,1} \right) + \frac{P_a}{100} K_c \cdot \Delta t_{\text{maks}}}{24G \left(\frac{K_{b,2} \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_{p,2} \right) + \frac{P_a}{100} K_c \cdot \Delta t_{\text{maks}}}} \right) \quad (13)$$

Indsættes de foran angivne værdier findes

$$\Delta k = 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{17,9 K_{b,1} + 72800 K_{p,1} + 0,63}{17,9 K_{b,2} + 72800 K_{p,2} + 0,63}} \right)$$

Brændselsprisen er foran sat til

$$K_{b,1} = 0,0675 \text{ kr/kg} \sim 67,50 \text{ kr/t}$$

og pasningsudgifterne til

$$K_{p,1} = 0,65 \cdot 10^{-5} \text{ kr/kg}^\circ \sim 0,65 \text{ øre/t}^\circ$$

Hvis disse priser senere viser sig at være 80 % større, d. v. s. at brændselsprisen i gennemsnit bliver 120,— kr/t, bliver fejlen på de tidligere beregnede mest økonomiske transmissionstal

$$\Delta k_{80\%} = 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{17,9 \cdot 0,0675}{17,9 \cdot 1,8 \cdot 0,0675} + \frac{72800 \cdot 0,65 \cdot 10^{-5} + 0,63}{72800 \cdot 1,8 \cdot 0,65 \cdot 10^{-5} + 0,63}} \right)$$

$$\Delta k_{80\%} \sim + 20 \%$$

Plustegnet betyder at isoleringslaget er for tyndt, med den højere brændselspris burde k være 20 % mindre.

På samme måde finder man for en stigning på K_b og K_p på 50 %:

$$\Delta K_{50\%} \sim + 14 \%$$

og for en stigning på 25 %:

$$\Delta K_{25\%} \sim + 8 \%$$

Dette viser at det ikke er så vigtigt at få bestemt brændselsudgifterne og pasningsudgifterne pinligt nøjagtigt, selv en stor fejl ved prisansættelsen giver kun en ringe fejl ved det beregnede mest økonomiske transmissionstal.

For en ændring i byggepriserne alene får man af (12) med tilnærmelse

$$\Delta k \sim 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{b_2}{b_1}} \right) \quad (14)$$

Falder byggepriserne 25 % fås

$$\Delta k \sim 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{0,75}{1,0}} \right)$$

$$\Delta k \sim + 13 \%$$

For at undersøge rentefodens indflydelse sættes efter (12) med tilnærmelse

$$\Delta k \sim 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{P_{u,2}}{P_{u,1}}} \right) \quad (15)$$

Her er p_u den årlige ydelse, og der er tidligere sat $p_{u,1} = 4,7 \%$ med en rentefod på 4 % og en afskrivningstid på 50 år.

Ændres rentefoden til 4,5 % bliver $p_{u,2} = 5,1 \%$ og man får altså for en relativ ændring i rentefoden på 12,5 %

$$\Delta k \sim 100 \left(1 - \sqrt[3]{\frac{5,1}{4,7}} \right)$$

$$\Delta k \sim - 4 \%$$

Disse overslagsregninger viser tydeligt at størrelsen af det mest økonomiske transmissionstal ikke ændrer sig væsentligt selv ved stærk variation af de enkelte priser og rentefoden.

Grunden hertil er at når en væg først er isoleret skal der en meget væsentlig forøgelse af isoleringen til for at forbedre transmissionstallet mærkbart — virkningen af en øget isolering er faldende med voksende isolering.

Af formel (12) ser man at hvis priserne på byggeudgifter, brændsel, pasning og pladsleje alle stiger procentvis lige meget, ændres k_{okn} ikke, det procentvise tillæg indgår nemlig i alle ligningens led og kan bortforkortes. Dette betyder at man finder det rigtige k_{okn} blot der regnes med priser som står i det rigtige forhold til hinanden, og da priserne ikke varierer fuldstændig uafhængigt af hinanden, stiger brændselsprisen f. eks. stiger de andre også, vil det een gang fundne k_{okn} ligge fast.

Kun en meget stor prisændring på et enkelt materiale, f. eks. forårsaget af en ny langt billigere fabriktionsmetode, vil indvirke væsentligt på k_{okn} .

På diagrammerne til bestemmelse af de økonomiske transmissionstal, tavle 1–42, er vist driftsudgifterne, både når der regnes med den kalkulerede fremtidige brændselspris på 67,50 kr/t og med dagsprisen på 120,— kr/t. Man ser også her at det mest økonomiske transmissionstal ikke ændres væsentligt.

Det transmissionstal, man engang for alle har bestemt, da huset blev bygget, som det mest økonomiske, ligger altså temmelig fast uanset den fremtidige prisudvikling.

DRIFTSUDGIFTSKURVER OG SKITSER

På de efterfølgende tavler er vist kurver over driftsudgifterne og skitser af de i tabellerne 1, 2 og 3 anførte konstruktioner.

Skitserne viser et vandret snit i væggen og et lodret snit i etageadskillelser i 1:20. Isoleringens tykkelse er den mest økonomiske således som opgivet i tabellerne, for at give et begreb om størrelsesforholdene. Hvor det er nødvendigt er opgivet rumvægtene af materialerne i kg/m^3 . Ydersiden eller den »kolde« side er alle steder opad på skitserne.

Diagrammerne viser kurver for driftsudgiften D , byggeudgiften, opvarmningsudgiften og pladslejen i $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$ afhængig af transmissionstallet k i $\text{kg}^{\circ}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}$. Driftsudgiftskurven er sumkurven for de andre. De fuldt optrukne kurver ved almindelige ydervægge, tage og etageadskillelser er for en brændselspris på 67,50 kr/t og de punkterede for en pris på 120,— kr/t .

Ved brystninger bag radiatorer er alle kurver for en brændselspris på 67,50 kr/t , de fuldt optrukne kurver

for brystningen limfarvet på indersiden og de punkterede for aluminiumstapet på indersiden.

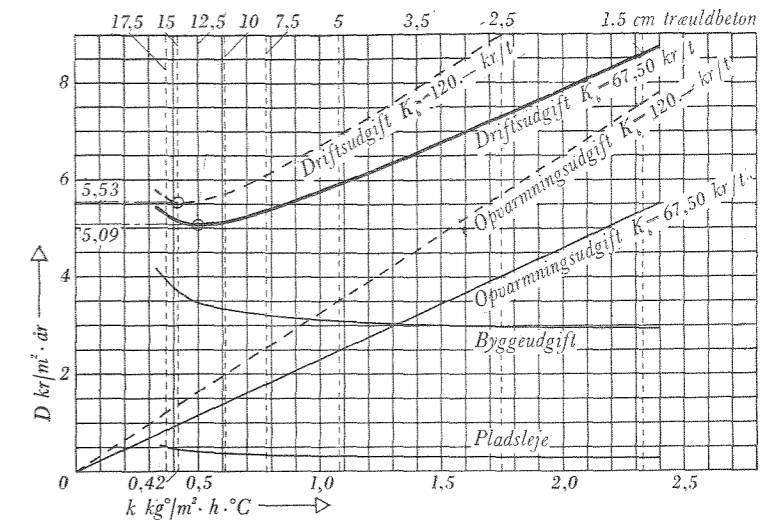
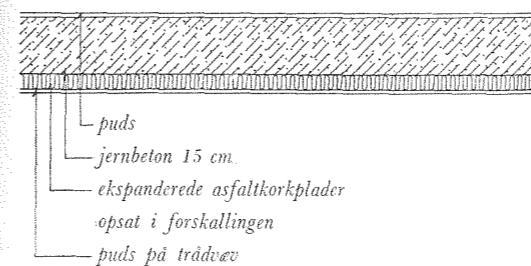
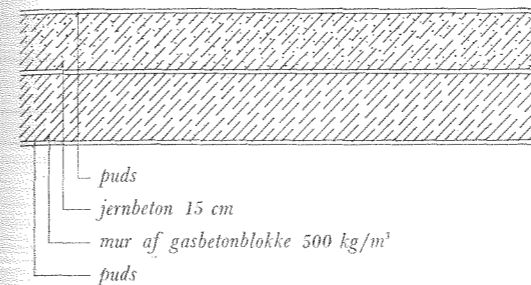
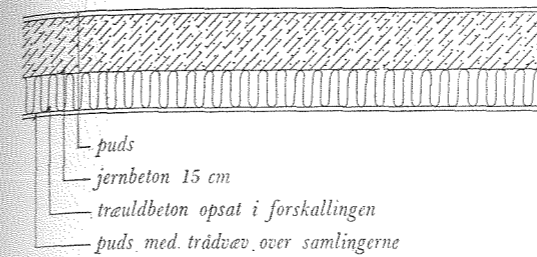
Ved kurvernes minimumspunkt er angivet de tilsvarende værdier for D og k , transmissionstallet.

På nr. 9 og 11 ses at ved en ændring i væggen konstruktion eller prislæg hvor kun prisen men ikke transmissionstallet ændres bliver driftsudgiftskurvens nederste punkt liggende på samme lodrette linie, det mest økonomiske transmissionstal er stadig det samme, byggeudgifts- og driftsudgiftskurverne er blot parallelforskydte et stykke i lodret retning svarende til prisforskellen.

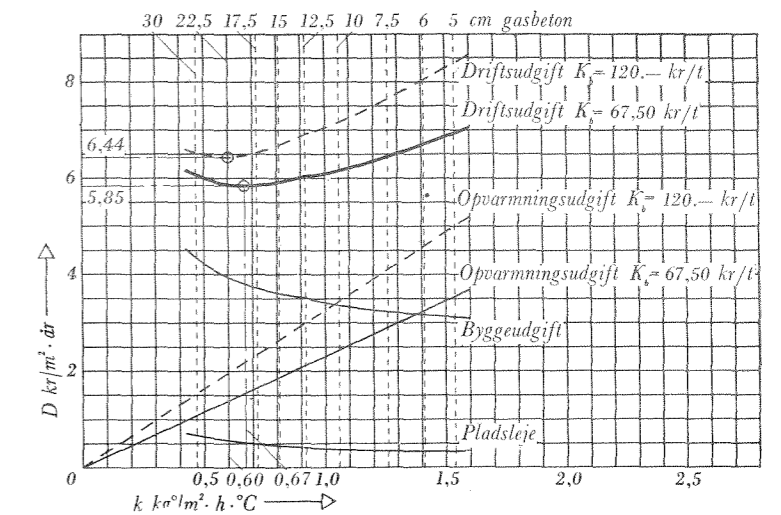
Ved brug af disse kurver er man i stand til for en bygning at beregne gevinsten ved en ekstra isolering af enhver tykkelse.

Sigter man efter den mest økonomiske isoleringstykkelser må det erindres at

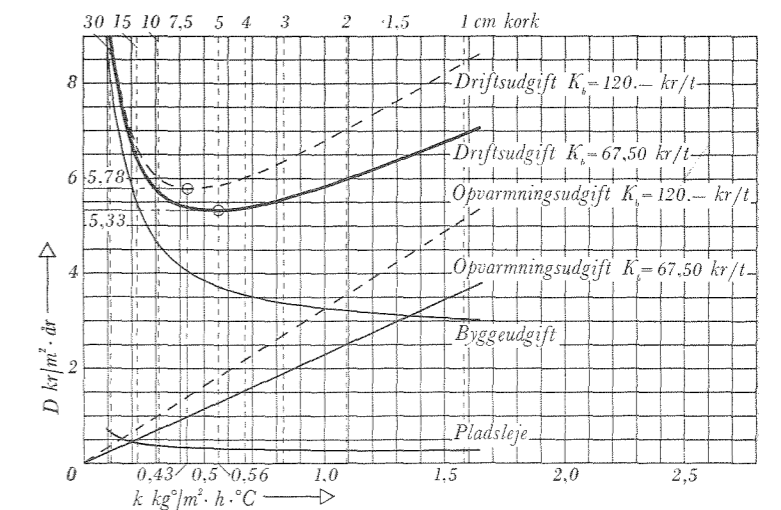
isoleringen må aldrig vælges større end svarende til minimumspunktet, snarere mindre, altså til højre for minimum.



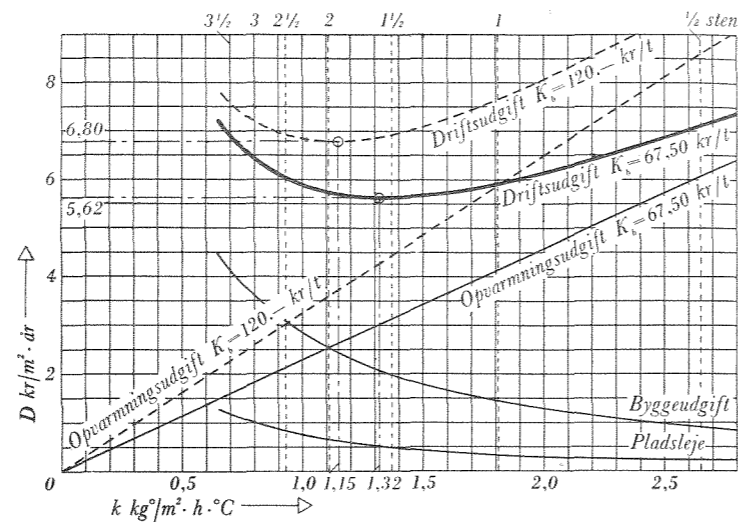
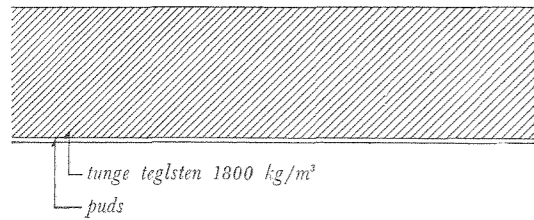
1. Jernbetonvæg isoleret med træuldbeton. Ved grovbetonvægge er byggeudgiften mindre og dermed driftsudgiften 0,79 $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$ billigere end vist på diagrammet.



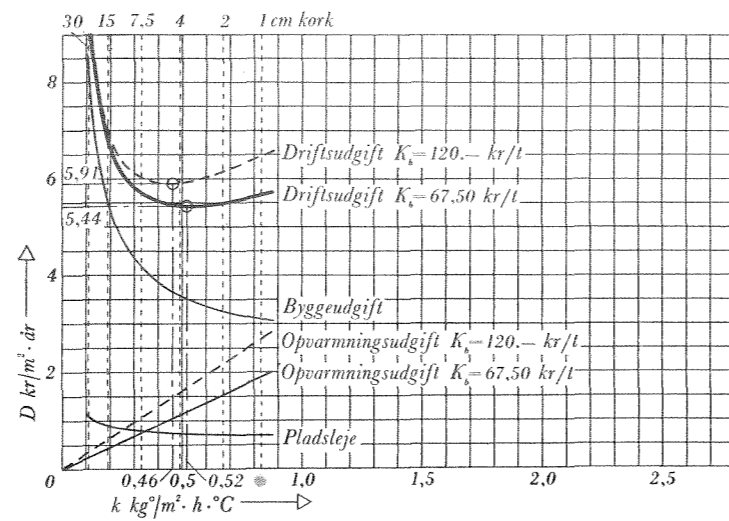
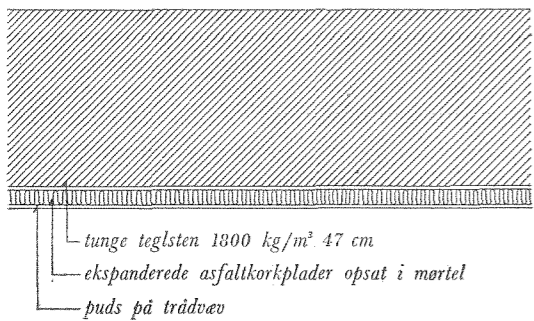
2. Jernbetonvæg isoleret med mur af gasbetonblokke. Ved grovbetonvægge er byggeudgiften mindre og dermed driftsudgiften 0,79 $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$ billigere end vist på diagrammet. Opsættes gasbetonblokke udvendig i forskallingen, bliver byggeudgiften mindre og dermed driftsudgiften 0,08 $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$ billigere end vist.



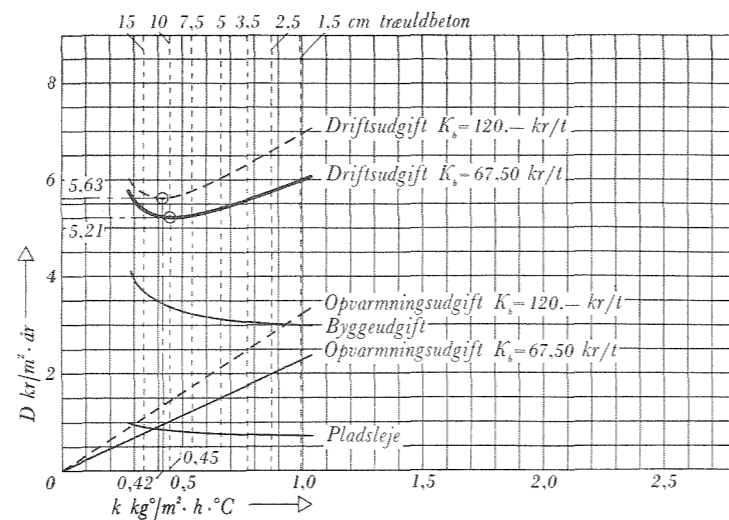
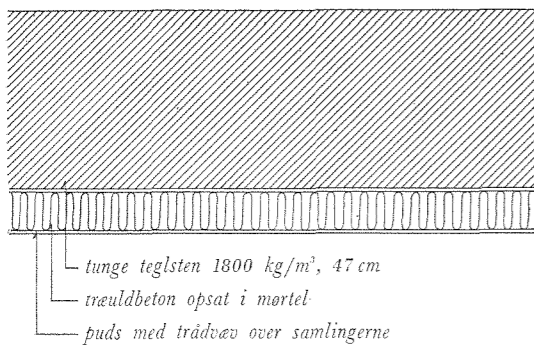
3. Jernbetonvæg isoleret med korkplader. Ved grovbetonvægge er byggeudgiften mindre og dermed driftsudgiften 0,79 $\text{kr}/\text{m}^2 \cdot \text{år}$ billigere end vist på diagrammet.



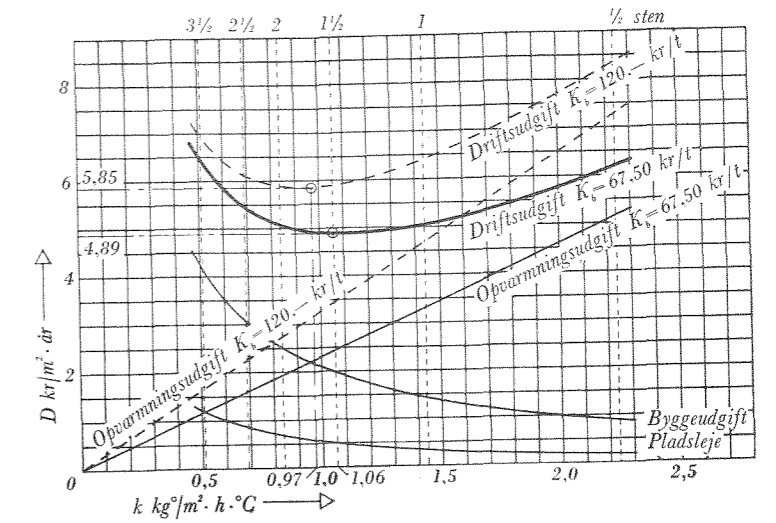
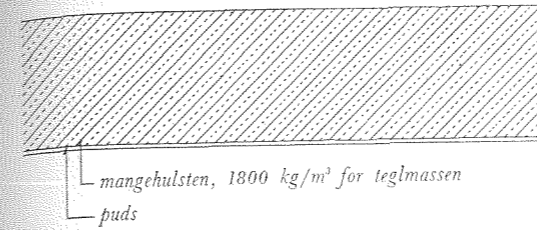
4. Fuld mur af tunge teglsten



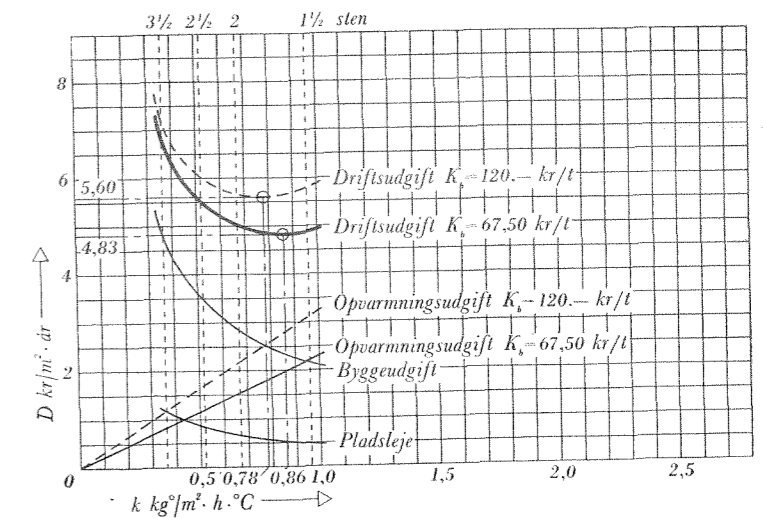
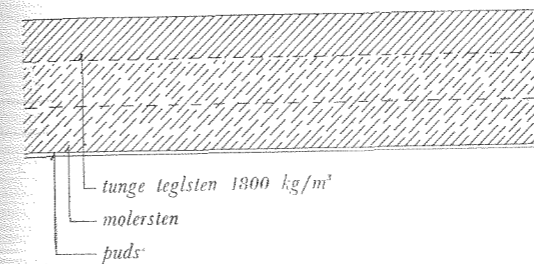
5. 47 cm fuld mur isoleret med korkplader



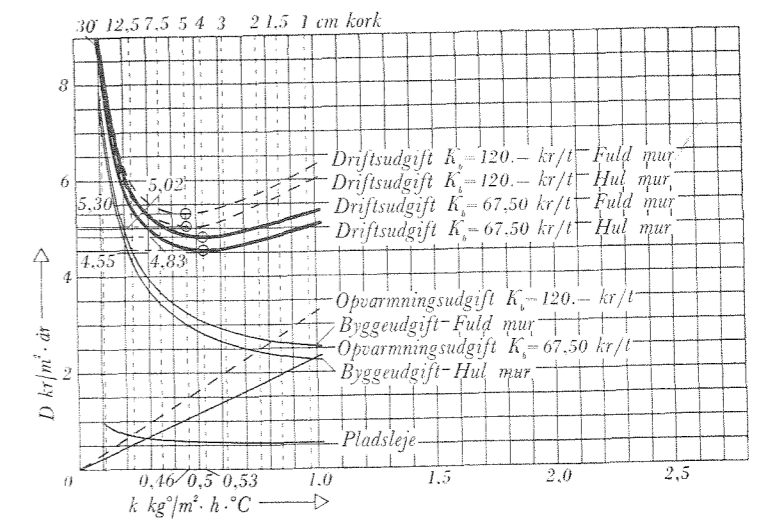
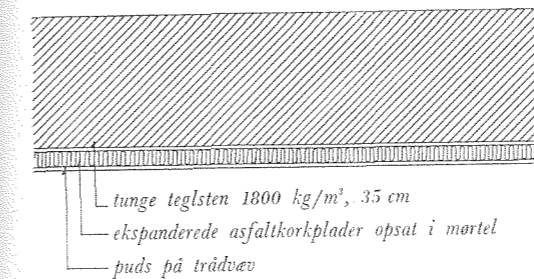
6. 47 cm fuld mur isoleret med træuldbeton



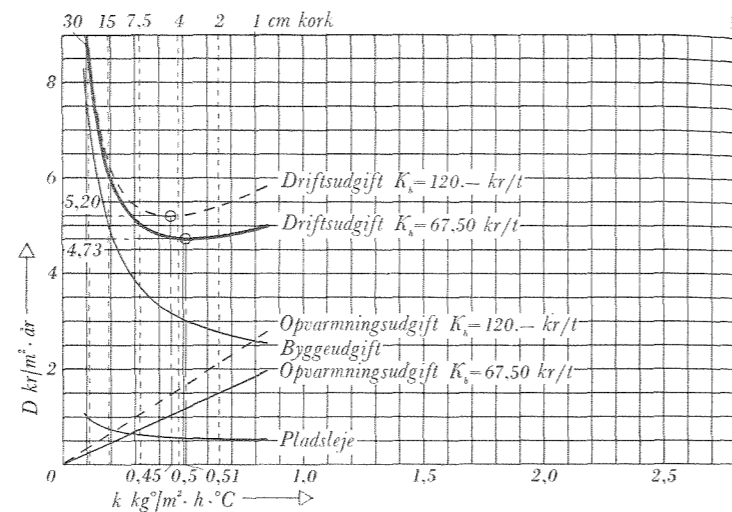
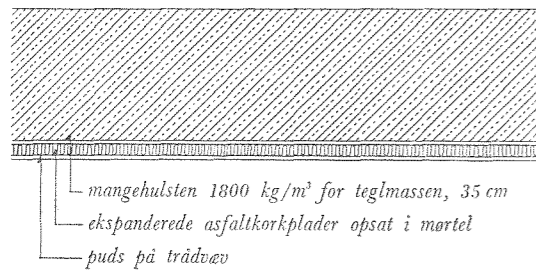
7. Fuld mur af mangehulsten



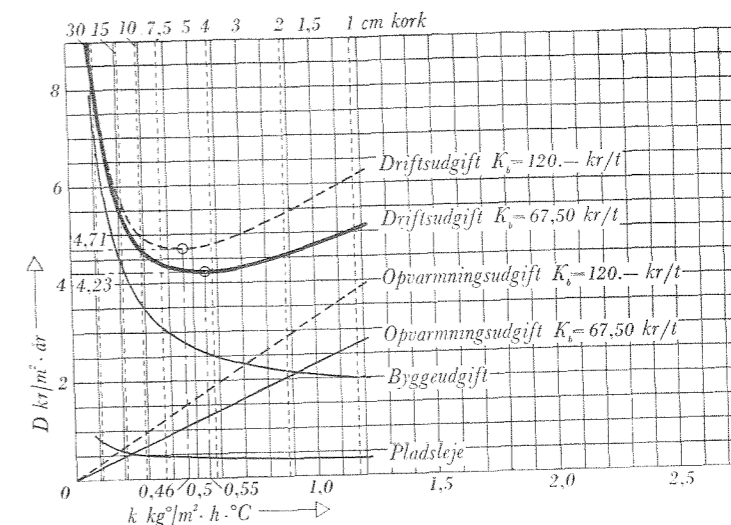
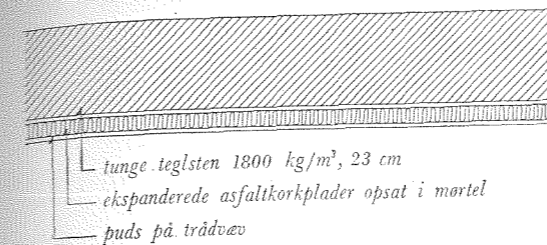
8. Fuld mur med bagmur af molersten



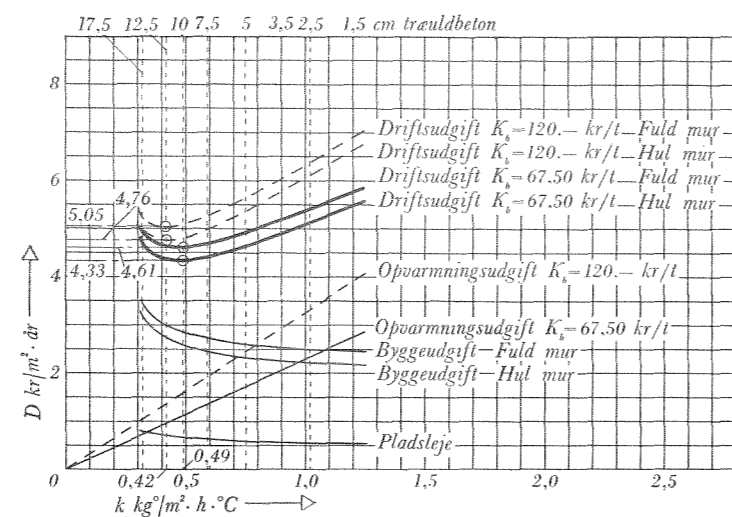
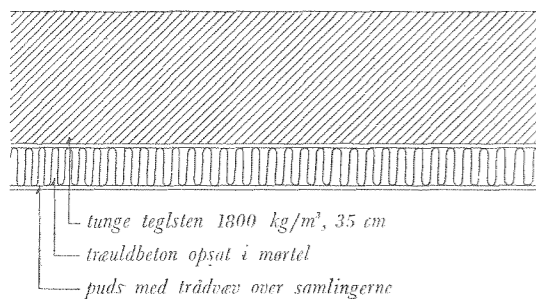
9. 35 cm mure isoleret med korkplader



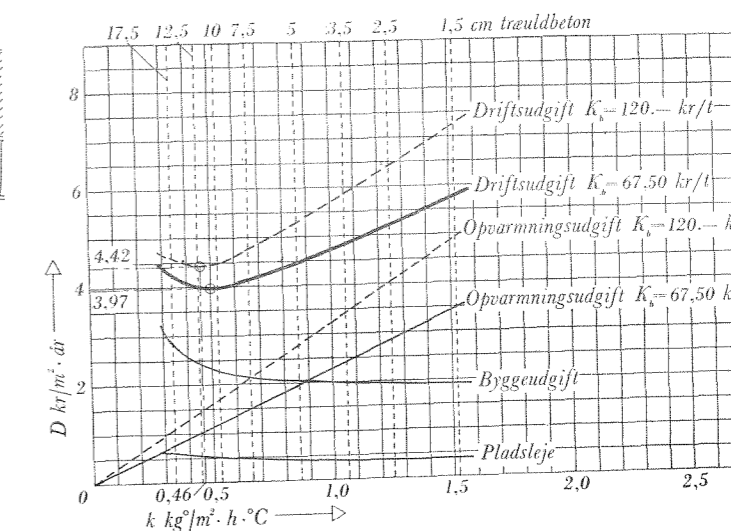
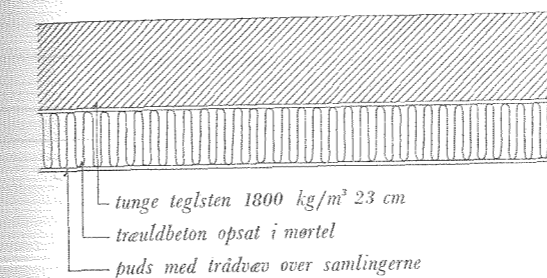
10. 35 cm fuld mur af mangehulsten isoleret med korkplader



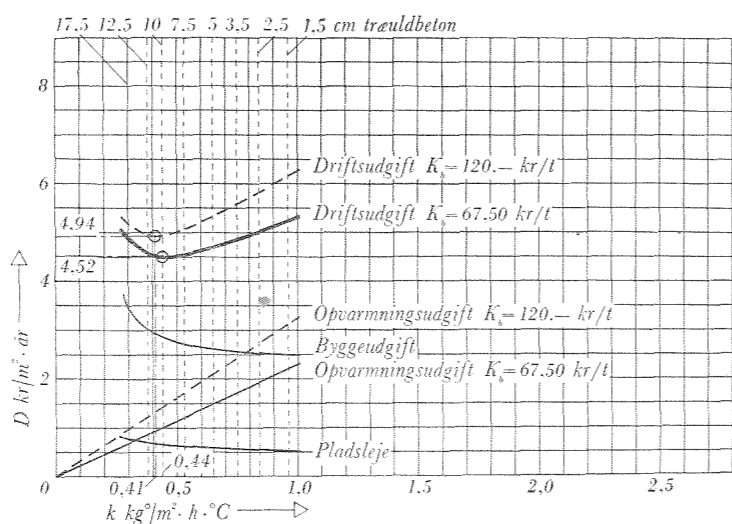
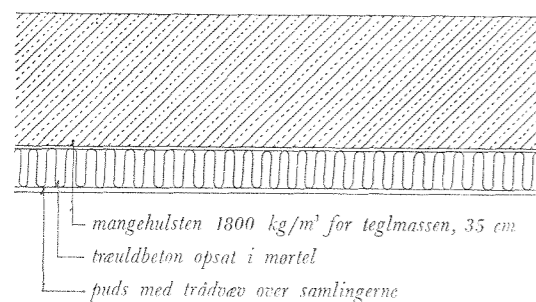
13. 23 cm mur isoleret med kork



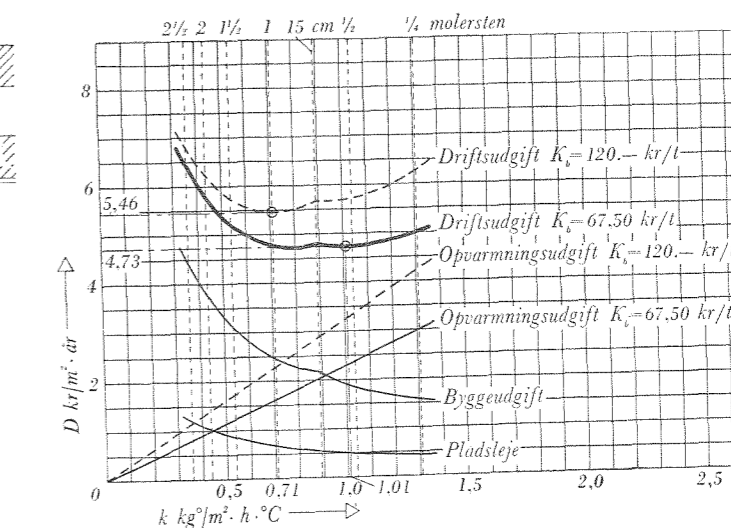
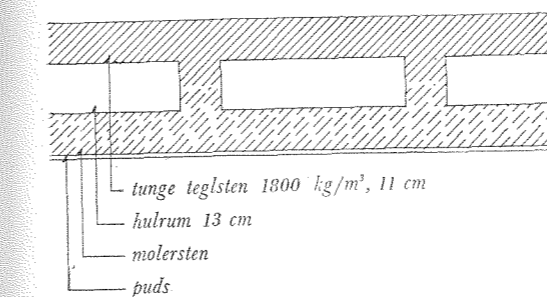
11. 35 cm mure isoleret med træuldbeton



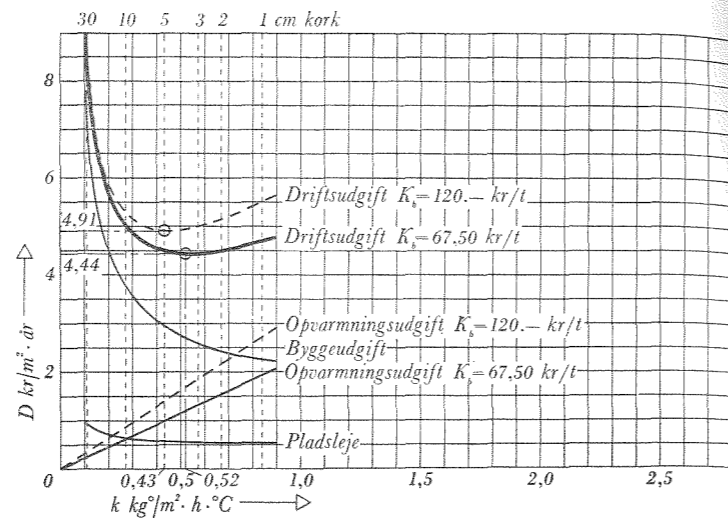
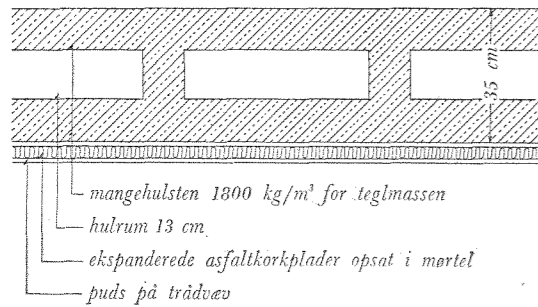
14. 23 cm mur isoleret med træuldbeton



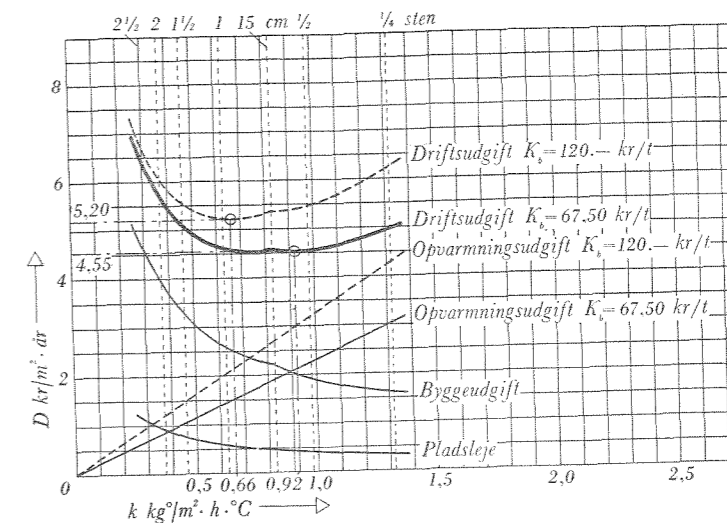
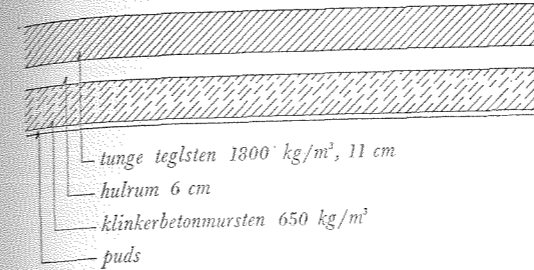
12. 35 cm mur af mangehulsten isoleret med træuldbeton



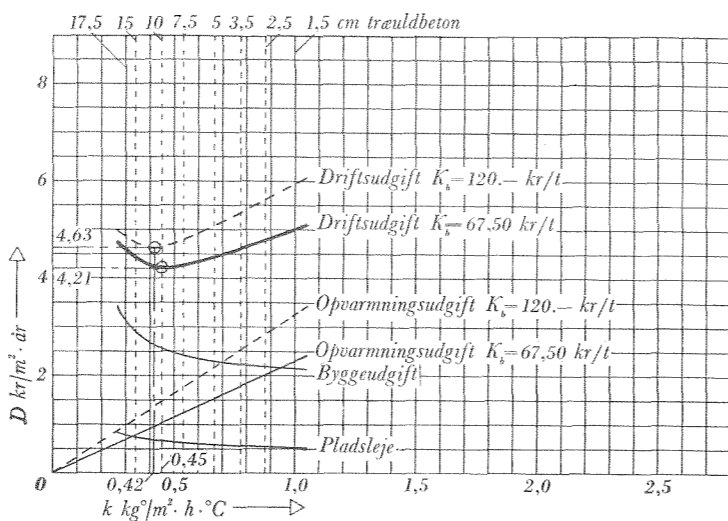
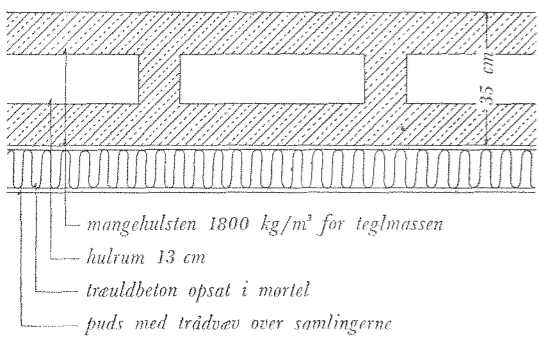
15. Hul mur med faste bindere og bagmur af molersten



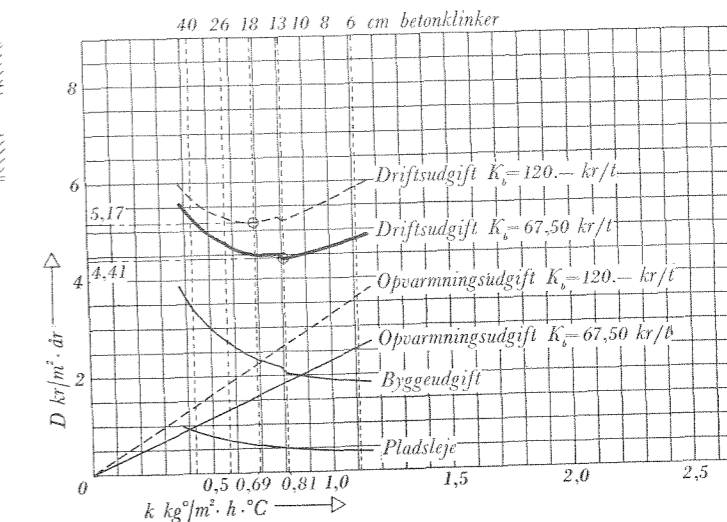
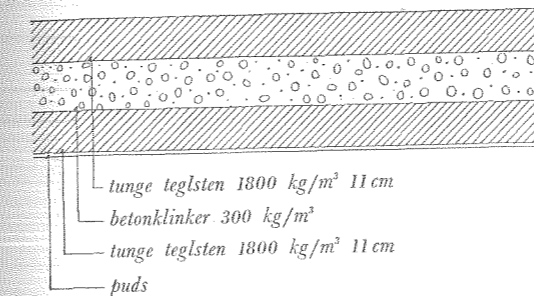
16. 35 cm hul mur med faste bindere af mangelhulsten isoleret med korkplader



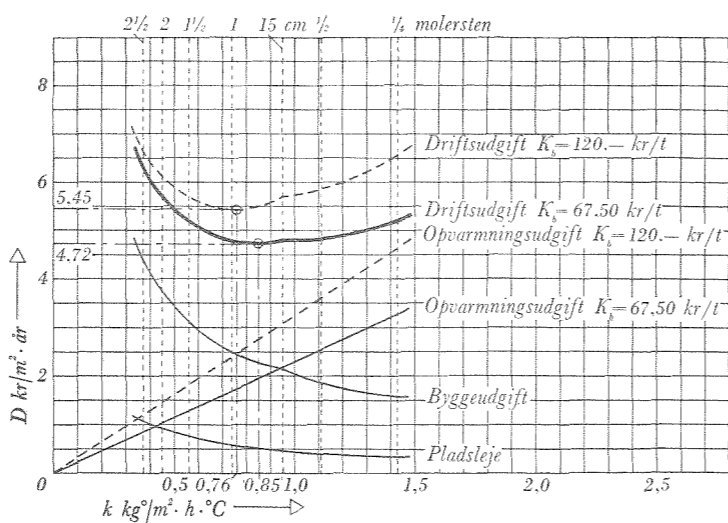
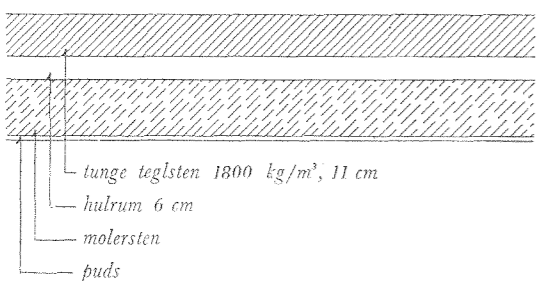
19. Hul mur med bagmur af klinkerbetonmursten



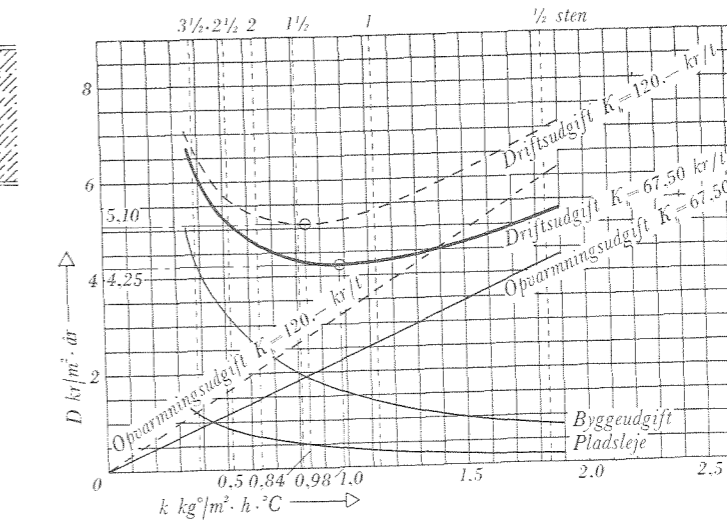
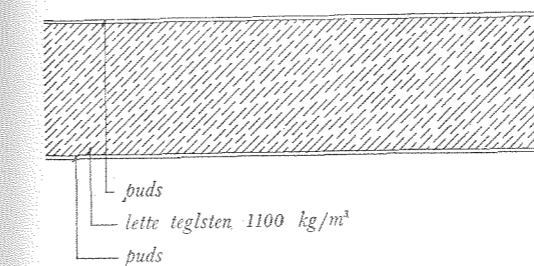
17. 35 cm hul mur med faste bindere af mangelhulsten isoleret med trældbeton



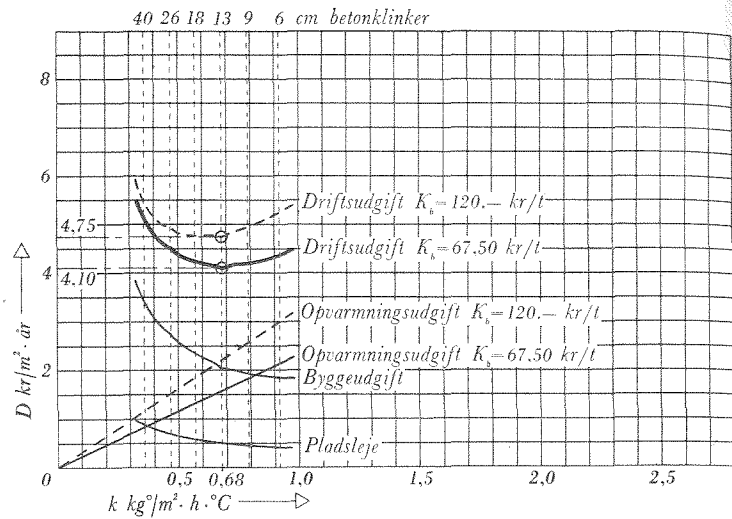
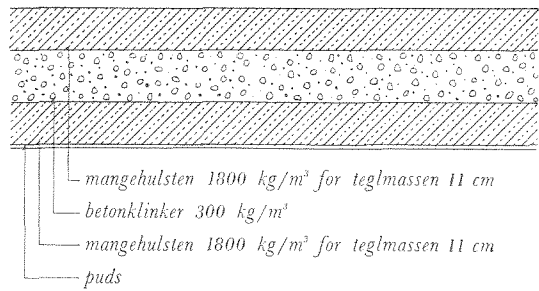
20. Hul mur med udfyldning af betonklinker



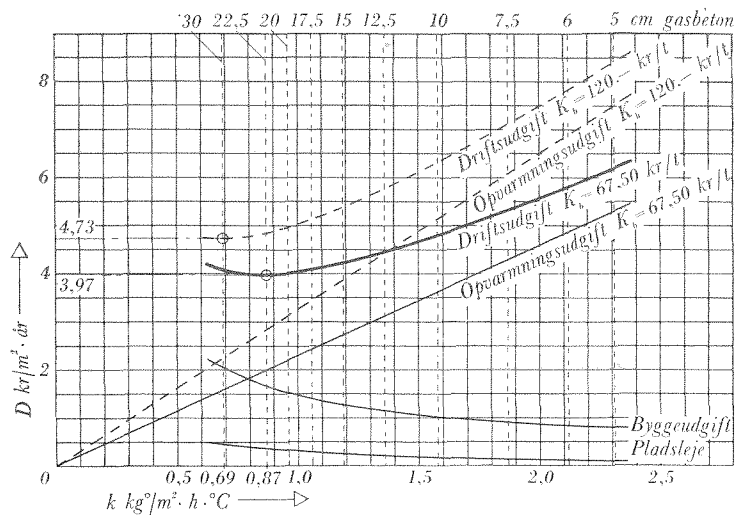
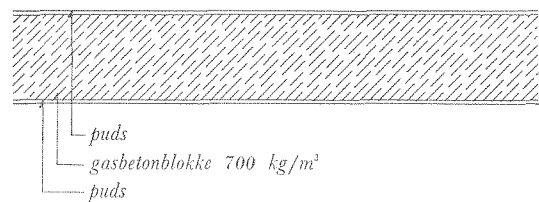
18. Hul mur med bagmur af molersten



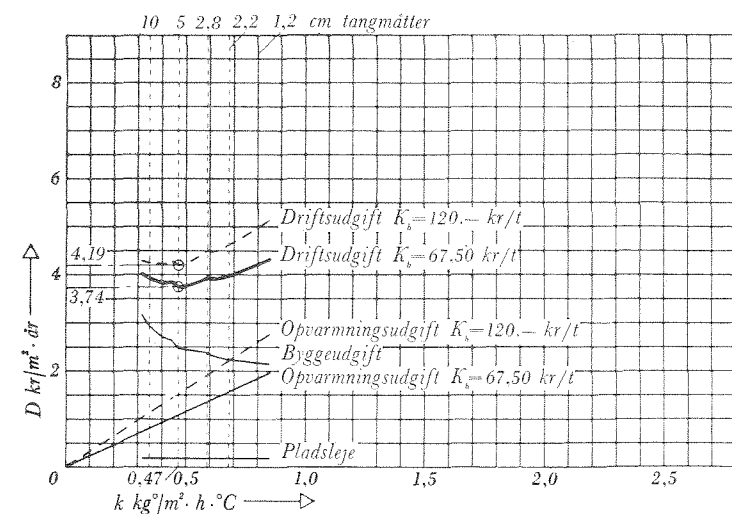
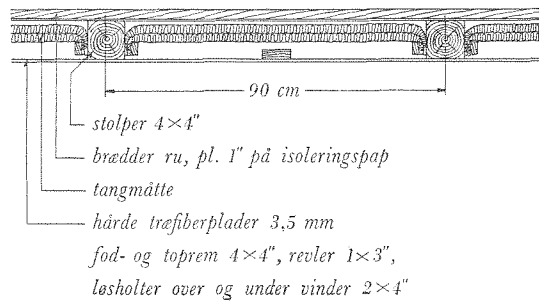
21. Fuld mur af lette teglsten



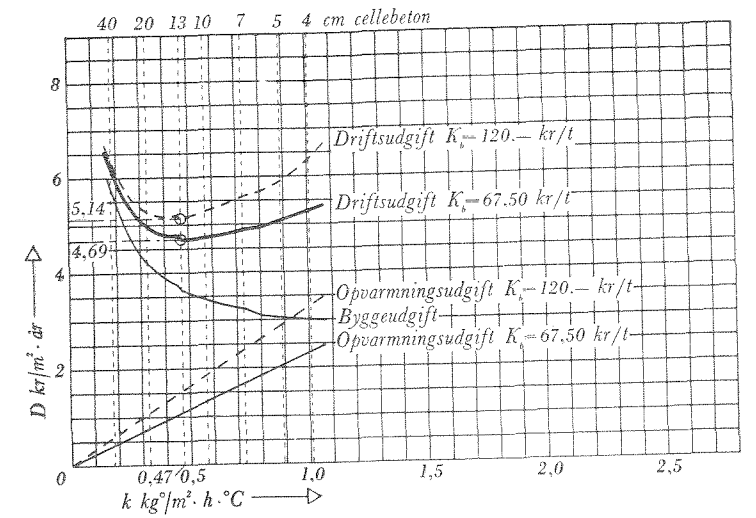
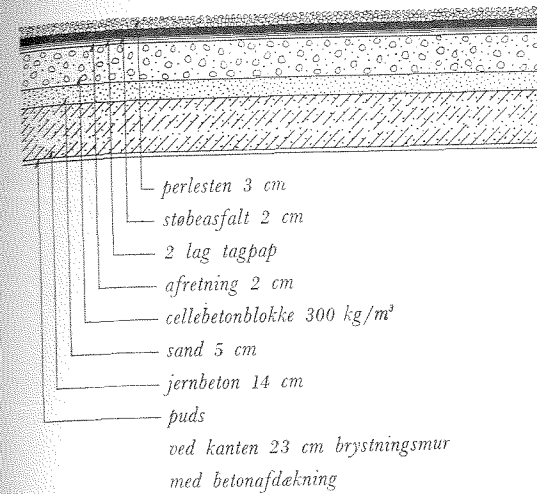
22. Hul mur af mangelhulsten med udfyldning af betonklinker



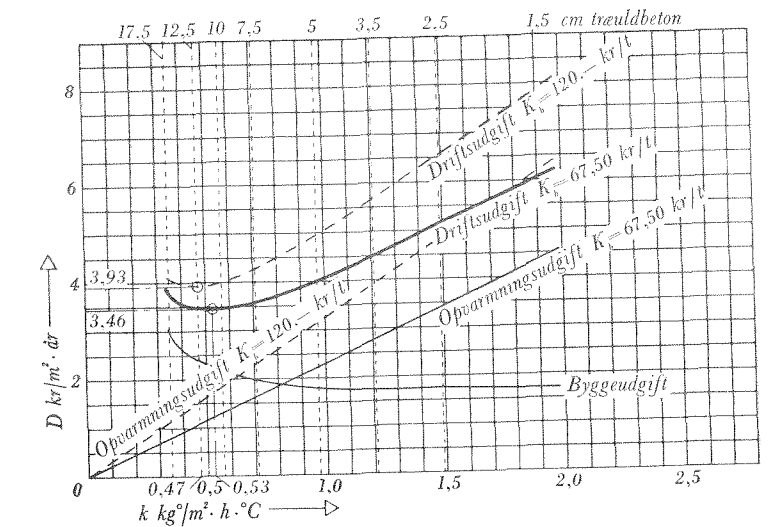
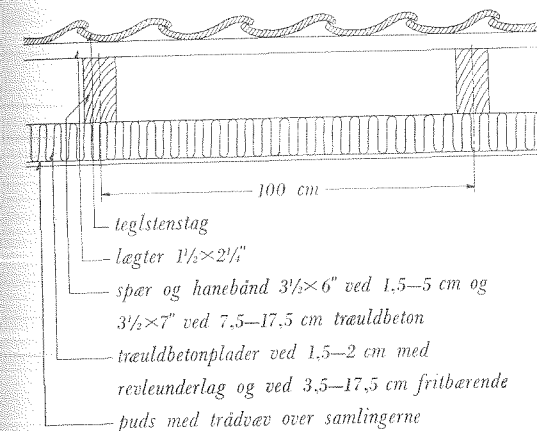
23. Fuld mur af gasbetonblokke



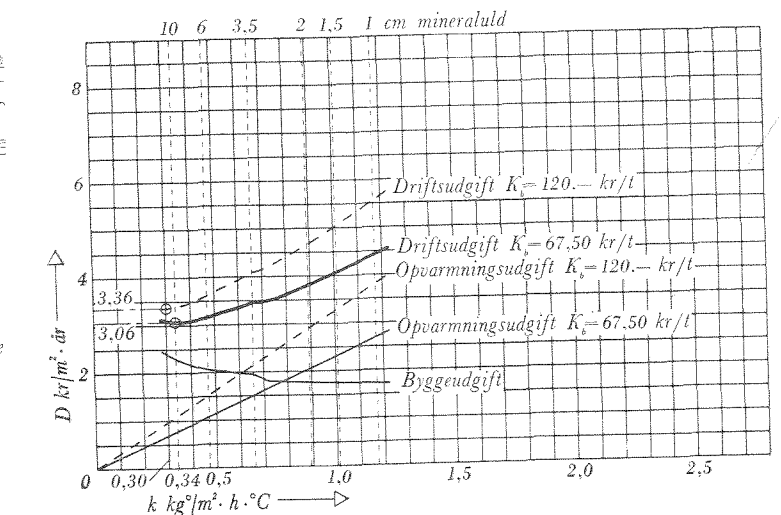
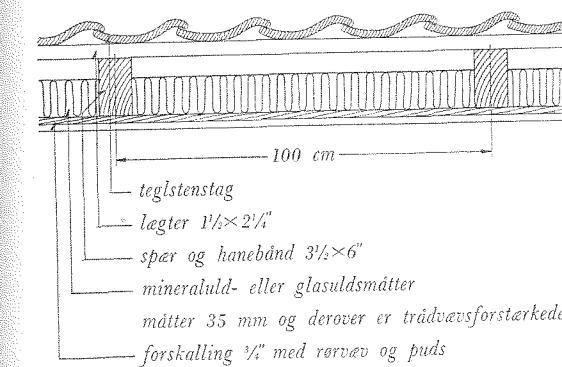
24. Trævæg isoleret med tangmætter



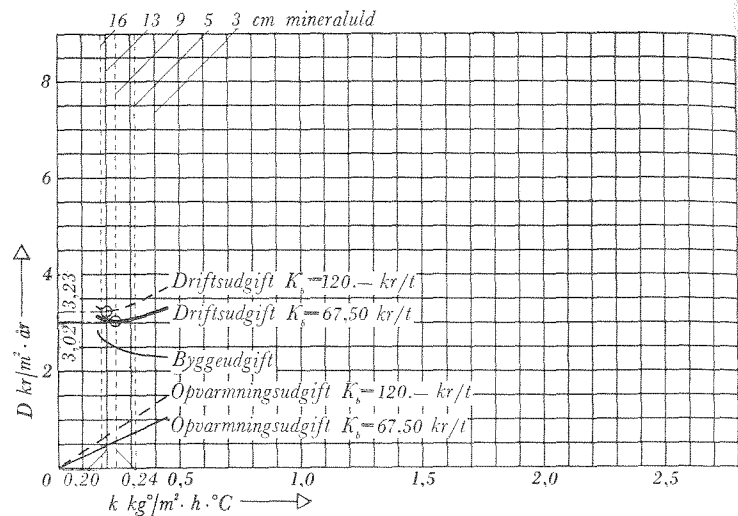
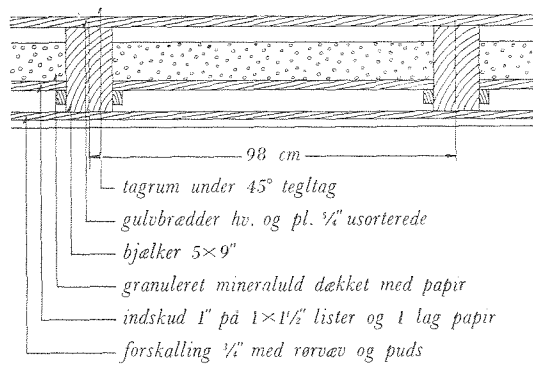
25. Jernbetontag isoleret med cellebetonblokke



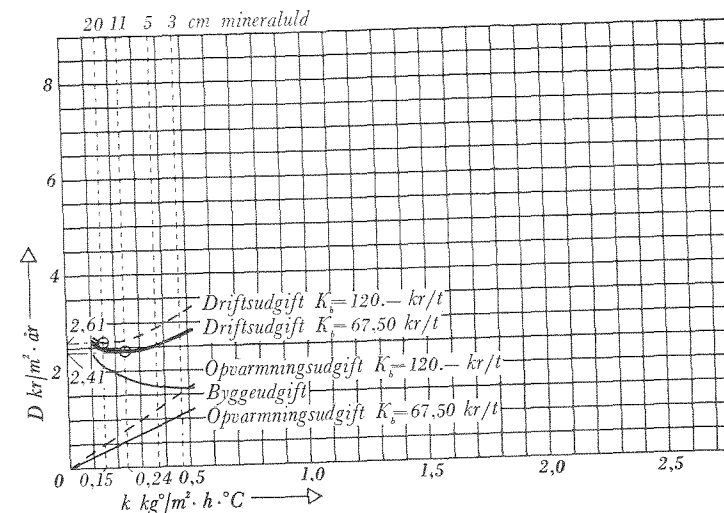
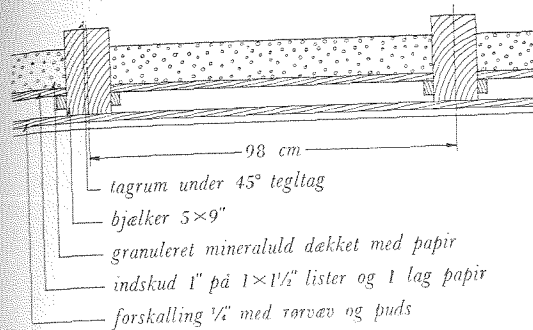
26. Teglstenstag isoleret med træuld



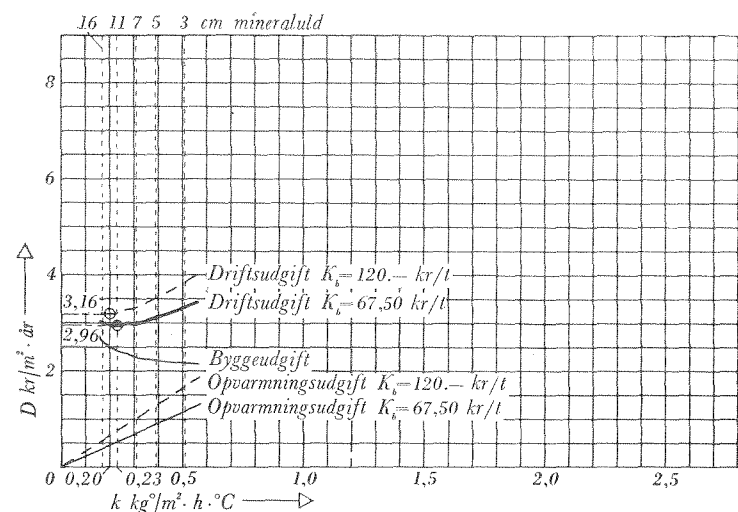
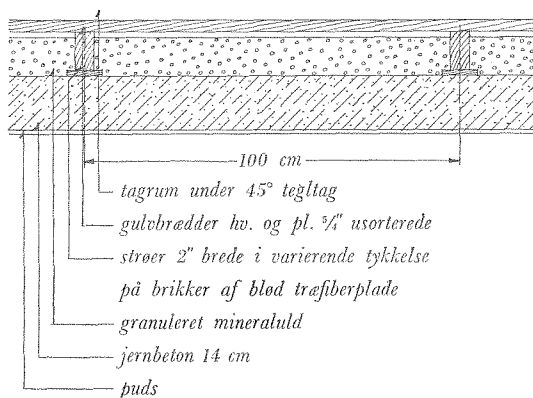
27. Teglstenstag isoleret med mineral- eller glasuldsmatter



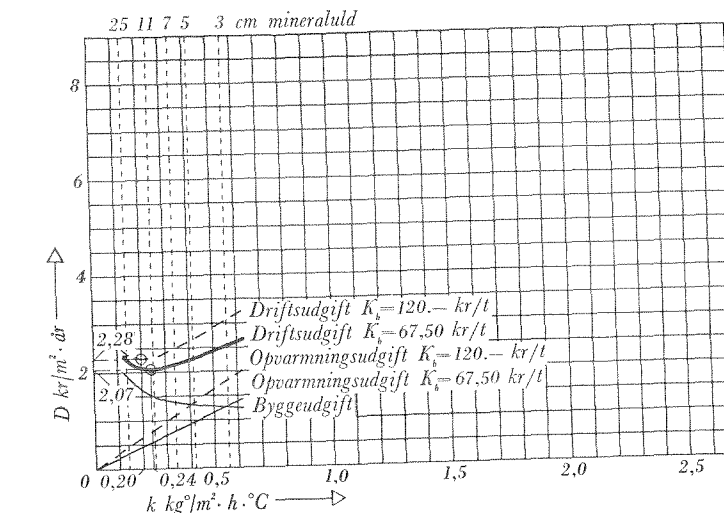
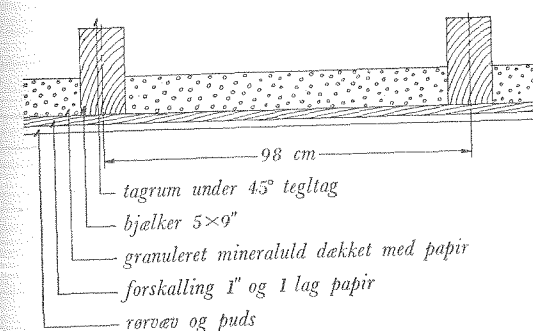
28. Træbjælkelag med gulvbrædder og indskud isoleret med mineraluld



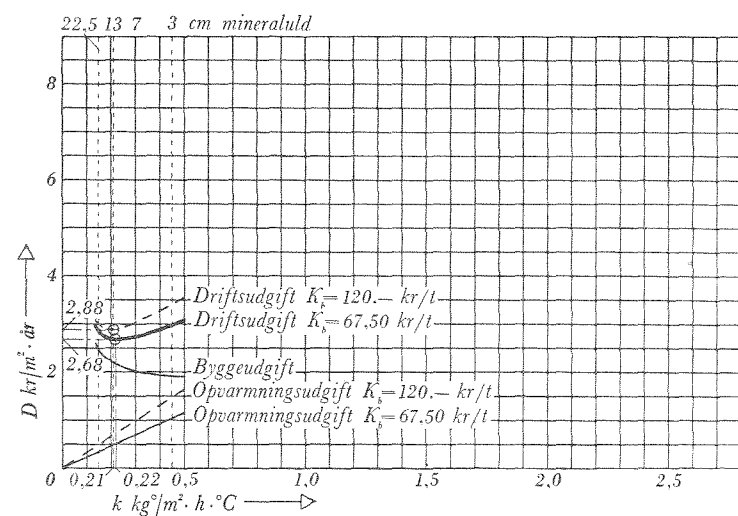
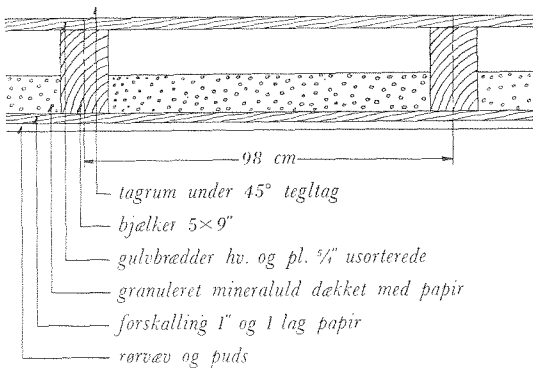
31. Træbjælkelag med indskud isoleret med mineraluld



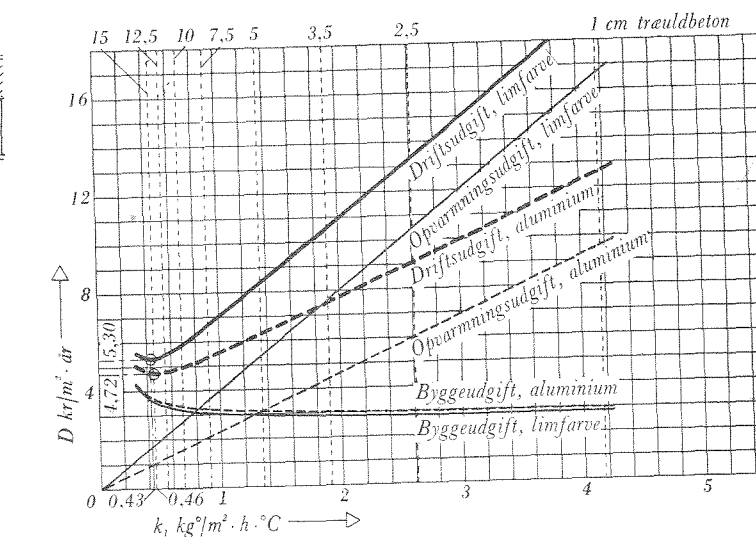
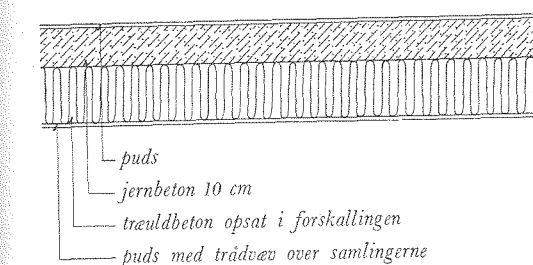
29. Jernbetonetageadskillelse med trægulv isoleret med mineraluld



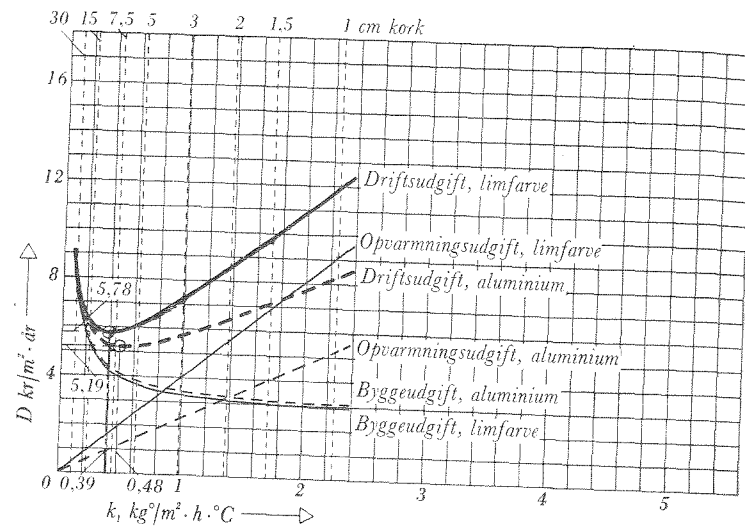
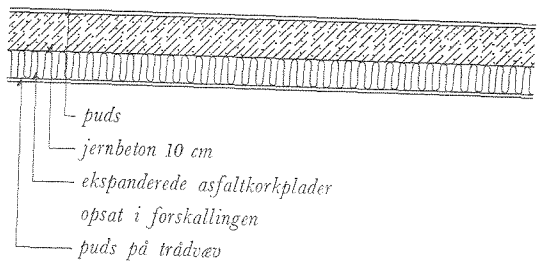
32. Træbjælkelag isoleret med mineraluld på forskallingen



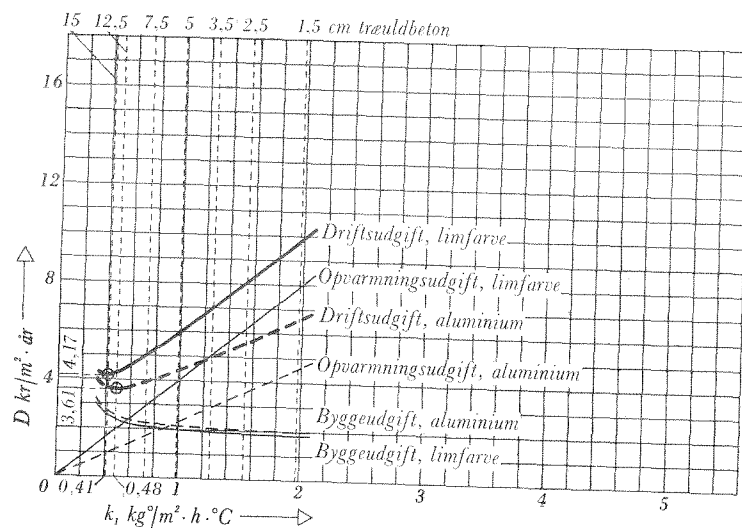
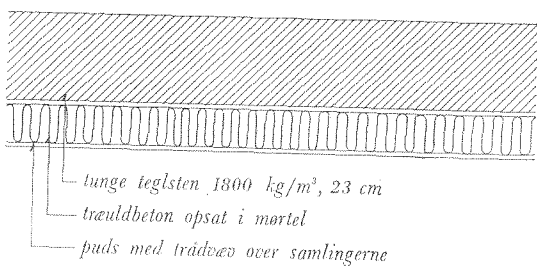
30. Træbjælkelag med gulvbrædder isoleret med mineraluld på forskallingen



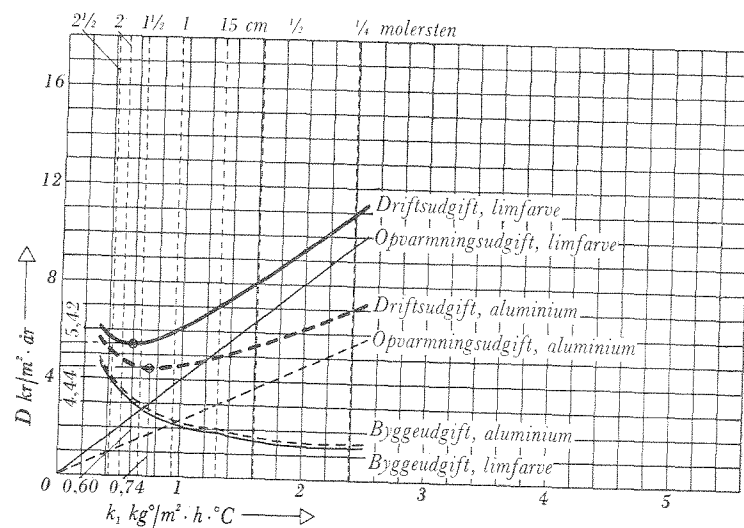
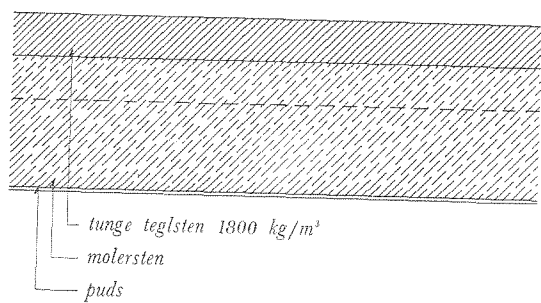
33. Brystningsvæg bag radiator. Jernbetonvæg i muret hus isoleret med træuldbeton. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



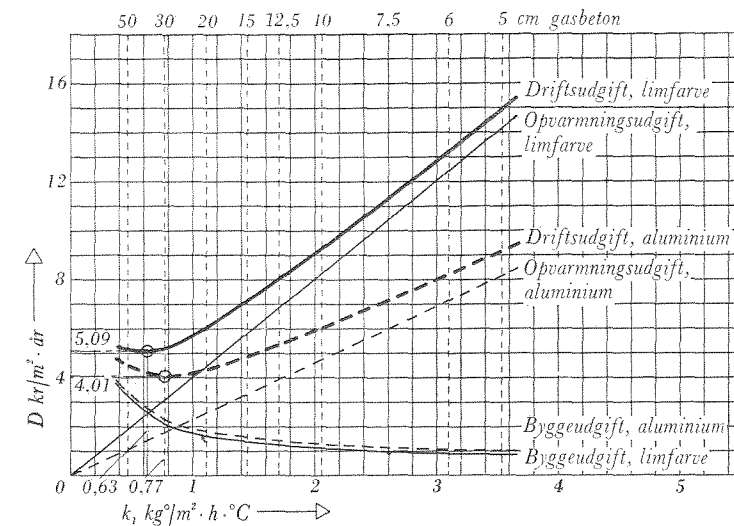
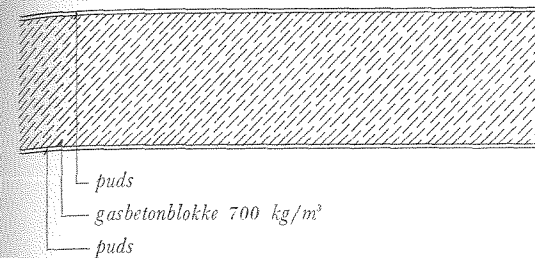
34. Brystningsvæg bag radiator. Jernbetonvæg i muret hus isoleret med korkplader. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



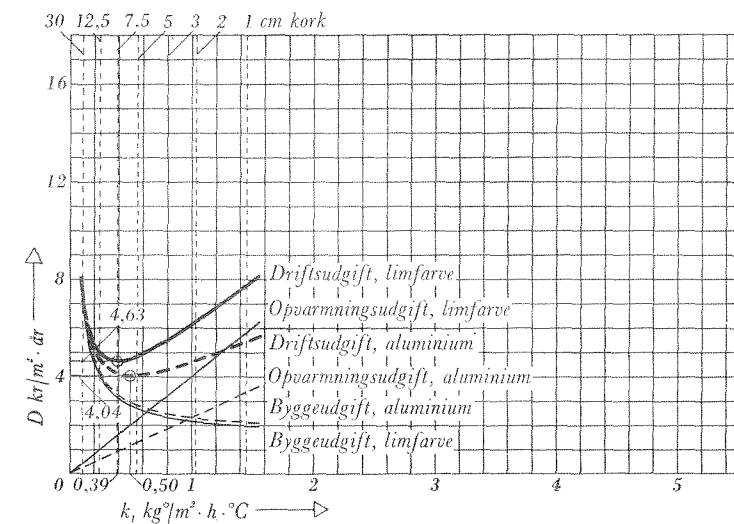
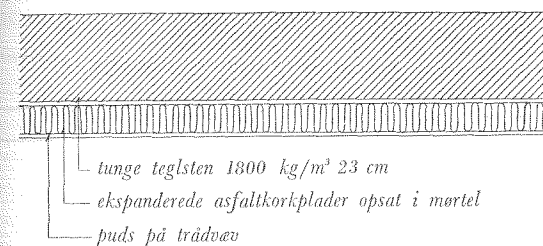
35. Brystningsmur bag radiator. 23 cm mur isoleret med træuldbeton. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



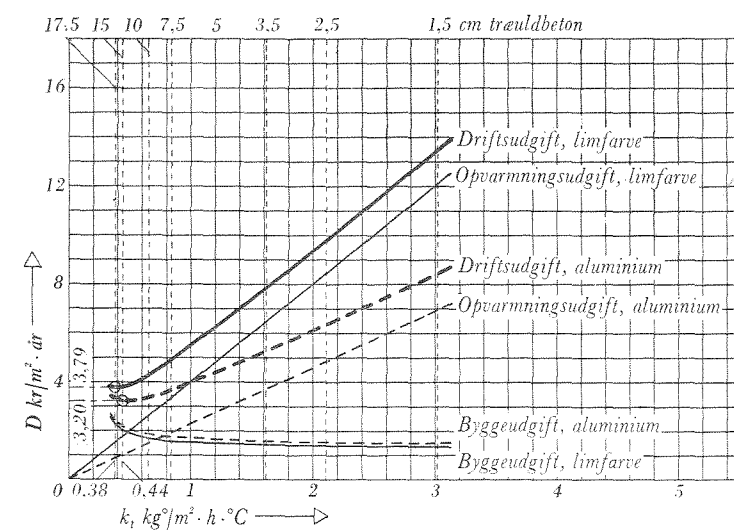
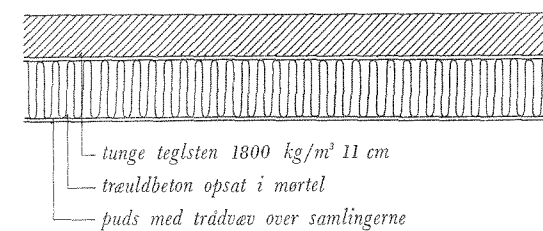
36. Brystningsmur bag radiator. Fuld mur med bagmur af molersten. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



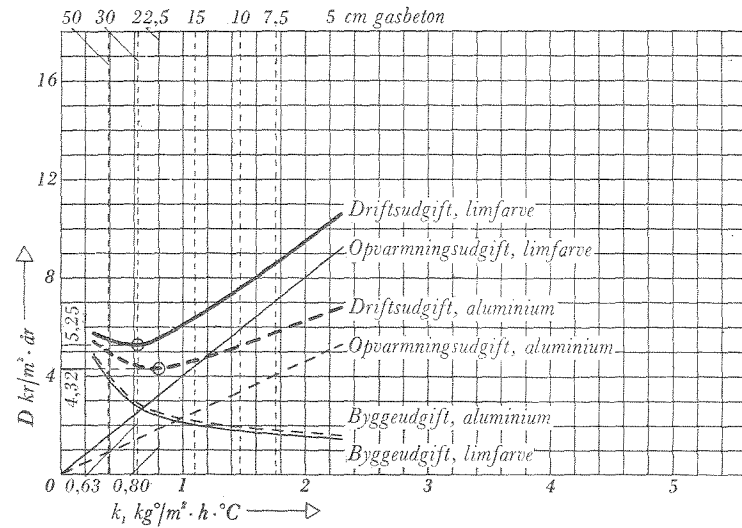
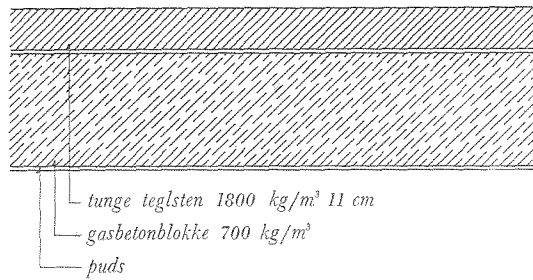
37. Brystningsmur af gasbetonblokke bag radiator. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



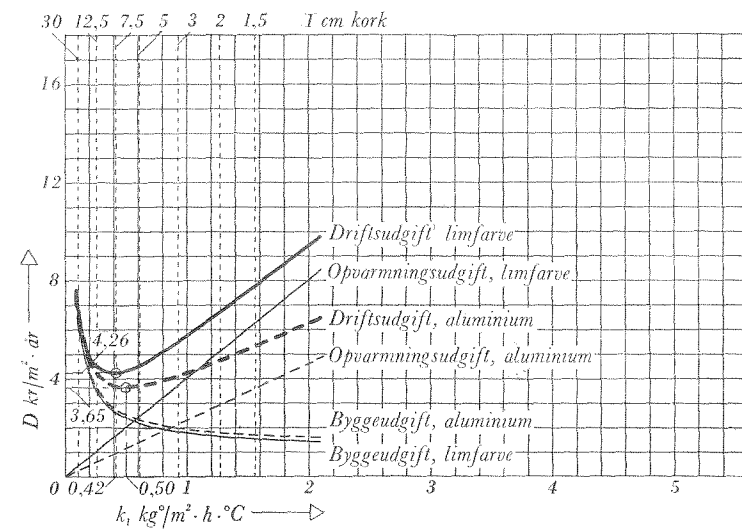
38. Brystningsmur bag radiator. 23 cm mur isoleret med korkplader. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



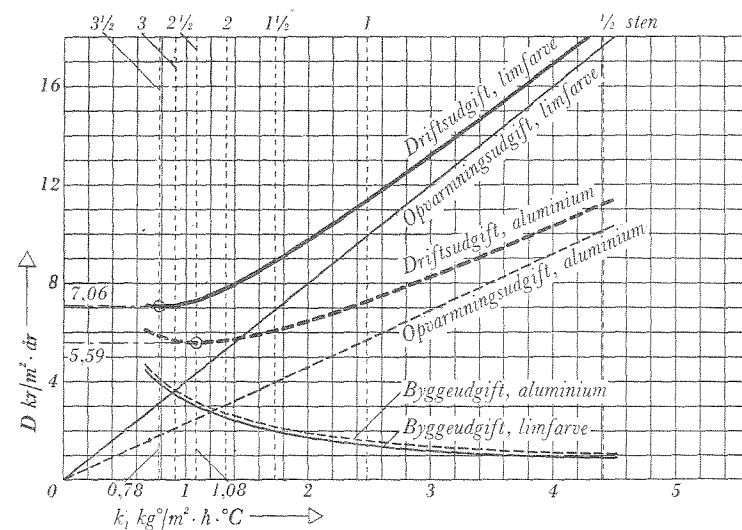
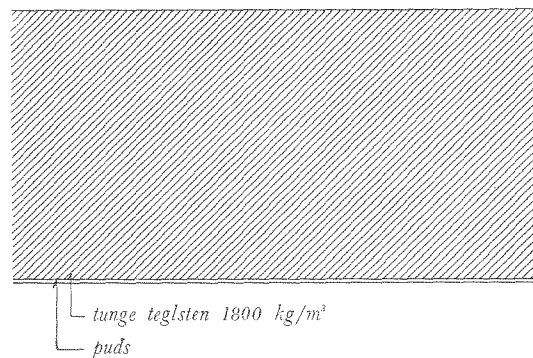
39. Brystningsmur bag radiator. 11 cm mur isoleret med træuldbeton. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



40. Brystningsmur bag radiator. Fuld mur med bagmur af gasbetonblokke. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



41. Brystningsmur bag radiator. 11 cm mur isoleret med korkplader. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t



42. Brystningsmur bag radiator. Fuld mur af tunge teglsten. Brændselspris $K_b = 67,50$ kr/t

LITTERATURLISTE

Det vigtigste af den anvendte litteratur er følgende:

1. F. C. Becker: Varmetransmission. Centralvarme og ventilation, redaktør J. Winther-Nielsen, 2. udgave.
2. A. Bugge og A. Kolflaath: Ergebnisse von Versuchen für den Bau warmer und billiger Wohnungen. Berlin 1924.
3. J. S. Cammerer og W. Christian: Die Wärmeschutzwirkung von Luftschichten und Hohlräumen in Gebäudewänden. — Ges.-Ing. 1933, s. 229.
4. J. S. Cammerer: Tabellarium aller wichtigen Größen für Wärme-, Kälte- und Schallschutz. Berlin 1934.
5. J. S. Cammerer: Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. Berlin 1938.
6. J. S. Cammerer: Der Einfluss der Feuchtigkeit auf den Wärmeschutz von Bau- und Dämmstoffen nach dem internationalen Schrifttum. — Wärme- und Kältetechnik, 1939, nr. 9. s. 126.
7. J. S. Cammerer: Die Berechnung des praktischen Wärmeschutzes der Baustoffe aus ihrer Wichte. — Heizung und Lüftung, 1943, hft. 7-8, s. 75.
8. Comité français de l'éclairage et du chauffage, Section du chauffage: Rapport no. 2, Elements de calcul de la transmission continue de la chaleur. 1933.
9. H. L. von Cube og W. Schüle: Wärme-, feuchtigkeits- og luftningstechnische Untersuchungen an den Versuchshäusern der Ausstellung »Das Fertighaus« in Stuttgart-Zuffenhausen. Im Auftrag der »Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen«, 1948.
10. Axel Eriksson: Byggnadsteknisk värmeekonomi. — IVA handlingar nr. 167, Stockholm 1943.
11. Ole Gripenberg: Bostadshyran. Stockholm 1941.
12. P. Haller: Physik des Backsteins, II. Teil, Wärmetechnische Bemessung. Zürich 1948.
13. J. Holmgren: Fugtighetsforhold i vegger. — Varme, 1939, s. 52 og 72, 1940, s. 6.
14. O. Juul Jørgensen og Lorents Pedersen: Varmeisolering af bygninger. København 1940.
15. H. Kreuger og A. Eriksson: Undersökningar rörande byggnadskonstruktioners värmeisoleringsförmåga II. — IVA-handlingar nr. 36, Stockholm 1924.
16. W. Mull og H. Reiher: Der Wärmeschutz von Luftschichten. — Beihefte zum Gesundheits-Ingenieur, Reihe 1, Hefte 28. Berlin 1930.
17. E. Suenson: Vanddamps diffusion i vægge og rørkapper. — Ingeniørvidenskabelige skrifter, 1946, nr. 2.
18. A. Watzinger og E. Kündem: Om luftskiktens varmeisolerings. — Det kgl. norske videnskabers selskabs skrifter 1936, nr. 2.
19. G. B. Wilkes og L. R. Vianey: The Effect of Convection in Ceiling Insulation. — Heating, Piping and Air Conditioning, feb. 1943, page 102.

SUMMARY

Heat-insulation of residential houses may be considered from a health point of view as well as with a view to economy. In recent years theoretical discussions have, on the whole, turned upon hygienic aspects, whereas in practice people have preeminently endeavoured the greatest possible reduction of the initial cost. In the long run, however, the interest of the residents should concentrate primarily upon the smallest possible running cost, i. e. rent + heating charges, and only secondarily on the initial cost.

As far as Denmark is concerned the problem of heating economy is so much the more important as, under normal circumstances, we must import all fuel from foreign countries, and 2—3 % of the total national income is used for fuel for heating of residential houses. The national fuel-reserve: peat, brown coal, and wood would only cover the normal consumption for 5—10 years, and this reserve must be kept for the case of catastrophes, when we may be cut off from importing fuel from abroad. The two great wars have already caused a serious depletion of this fuel-reserve.

In accordance herewith the most economical coefficient of heat transmission of a wall, built of certain definite materials, is defined as the coefficient of heat transmission corresponding to the thickness of insulation that affords minimum running expenses.

The aim of the investigations dealt with here has been to determine, with a view to comparison, running expenses for different designs of a series of exterior walls, roofs, and decks, and the most economical thickness of insulation.

For an exterior wall the running expenses, from the point of view of heating-economy, comprise the following components:

- 1) Interest on and depreciation of initial cost.
- 2) Fuel covering the loss of heat.
- 3) Interest on and depreciation of heating system.
- 4) Rent of the space occupied by the wall.

This may be expressed in a formula as follows:

$$D = \frac{P_u}{100} \cdot K_u + 24 \cdot G \cdot k \cdot K_v + \frac{P_a}{100} \cdot K_a + d \cdot K_h$$

where the notations used are:

D: Total annual running expenses in kr/m² of exterior wall.

P_u: Annual interest on and depreciation of initial cost of the wall given in per cent. With a rate of interest of 4 % p. a., and depreciation over 50 years, we have in this case P_u = 4.7 % p. a.

K_u: Initial cost of wall in kr/m². For a particular design of wall the initial cost must be calculated for a series of insulating-thicknesses, when the most economical thickness is to be found.

24 · G: Number of degree-hours in the heating-season. For an indoor temperature of 20 °C. the average of the sun and shade coefficients for a Danish normal year is 3033 °C · h., the basis used being 17 °C. Maximum deviation from this figure will nowhere in Denmark exceed 5 %.

k: The coefficient of heat transmission in kg^o/m²h°C. k must be determined for a series of possible thicknesses of the insulation of the wall.

K_v is the unit price of effective calories obtained from the heating system, and can be expressed:

$$K_v = \frac{K_b \cdot 100}{B_n \cdot \eta} + K_p, \text{ whereby}$$

K_b denotes cost of fuel in kr/kg. An average price for the years the building is assumed to exist should be used here, and not the current price which is abnormally high at present, abt. 120 kr./t of coal. The said average price is, of course, unknown but in this case the average price for the years 1914—38 has been applied, this period comprising a period with an extraordinarily high price level and a period of peace with lower prices. As will be apparent from Fig. 7 the average price has been estimated at 67.50 kr./t so that K_b = 0.0675 kr/kg.

B_n is the minimum calorific value, average of coal and coke, 6250 kg^o/kg.

η: efficiency of heating system, here estimated at 65 %.

K_p: Attendance, here estimated at 0.65 · 10⁻⁵ kr/kg^o. Introducing these values we obtain,

$$K_v = 0.000023 \text{ kr/kg}^o \sim 2.3 \text{ øre/t}^o.$$

p_a: Annual interest and depreciation of initial cost of heating system. With a rate of interest of 4 % and a period of depreciation of 25 years, p_a = 6.4 % p. a.

K_a: Initial cost of heating system pr. m² of exterior walls, can be expressed:

$$K_a = K_c \cdot k \cdot \Delta t_{\max}, \text{ whereby}$$

K_c denotes initial cost per calorie by the maximum temperature difference assumed in the design of the heating system. In Denmark hot-water systems are always used for heating of modern residential houses, and the average price is taken abt.:

$$K_c = 0.28 \text{ kr/kg}^o_{\max} \cdot h, \text{ which may be a little on the low side.}$$

Δt_{max} represents the maximum temperature difference assumed in designing the system. In Denmark Δt_{max} is usually assumed at 35 °C.

$$\text{Hence: } K_a = 9.8 \cdot k \text{ kr/m}^2.$$

d is the total thickness of the wall, in metres.

K_h: Rent of space in kr/m³ years. With a view to comparison of different designs the space occupied by the wall must be taken into consideration. In this case the rent of space introduced is taken as the part of the rent which is changed when the thickness of the exterior walls is changed, i. e. decks, partitions, roofs etc. The weight of the said members on the rent amounts to 16 % of the rent. At present the average rent is abt. kr. 25.— pr. m² of gross-floorage. With a gross-height of the storeys of 2.85 m we obtain

$$K_h = 1.40 \text{ kr/m}^3 \text{ years.}$$

This applies where the outer construction-lines are fixed. In case of free construction-lines K_h must be the annual payment on the fully developable site pr. m² of gross-floorage. In case of roofs and decks the term representing rent of space vanishes.

For panel-walls below windows behind radiators, where the temperature conditions deviate from those of ordinary exterior walls formula (1) must be amended. Approximately we can make t_o - t_u = a (t_i - t_u), whereby

t_o denotes the surface temperature of the wall behind the radiator,

t_u is the external air-temperature, and

t_i the internal air-temperature in °C.

a is a constant, which, for panel walls with ordinary surface treatment, glue colour, paint and the like, can be put at 1.75, and for panel walls with aluminium foil at 1.0.

Hence, with the values given above, the annual running cost in kr. per m² of exterior wall will be, for:

Ordinary outer walls:

$$D = 0.047 K_u + 2.3 k + 1.4 d \quad (1 a)$$

Roofs and decks facing open air:

$$D = 0.047 K_u + 2.3 k \quad (1 b)$$

Panel walls behind radiators, with ordinary surface treatment:

$$D = 0.047 K_u + 4 k_1 \quad (2 a)$$

where k₁ denotes the coefficient of transmission from the interior surface of the wall to the open air.

Panel walls, behind radiators, with aluminium foil:

$$D = 0.047 K_u + 2.3 k_1 \quad (2 b)$$

The charts attached have been made out in accordance with these formulae.

Charts 1—24 concern ordinary exterior walls,

— 25—32 roofs and decks,

— 33—42 panel walls behind radiators.

The corresponding sketches represent wall-sections, scale 1 : 20, the upward side of the figures corresponding to the outer side of the wall. Curves for exterior walls, roofs, and decks are drawn on the basis of fuel-prices of 67.50 and 120.— kr/t. For panel walls behind radiators the curves correspond to glue-coloured and aluminium-foiled inner side respectively and the fuel-price assumed is 67.50 kr/t.

Tables 1, 2 and 3 represent results obtained from the diagrams, stating figures applying to the insulating thickness which is, theoretically, most economical, and figures referring to the thickness applicable in practice, and corresponding most closely to the theoretically economical thickness. Most of the running-cost curves will be rather flat near the minimum and in order not to invest too much capital in insulation the insulating thickness used in practice must be chosen somewhat smaller than the thickness theoretically most favourable, i. e. in the diagrams, as shown here, a value to the right of the minimum must be applied. It must in this connection be supposed that the interest charged on an additional investment for insulation will be higher than the interest charged on the lower investment for a more moderate insulation. The coefficients of transmission have been calculated for walls with the normal moisture contents. As far as hollow exterior walls are concerned due consideration has been taken to solid walls around windows and doors, and at deck levels.

From tables 1, 2, and 3 the most economical thicknesses given in the following table can be derived.

For panel walls behind radiators the thickness of the insulating layer should be 1.5—2 times the figures given for ordinary walls.

It will, moreover, be apparent from the tables that bricks of the ordinary solid type involve much higher running costs than do multiple-hole bricks, which latter type has a far superior insulating capacity. Further, a certain quantity of fuel will allow a 33 % greater production

Member	Insulating material	Most economical thickness, in cm
Ordinary exterior walls, roofs, and floors	Asphalt-cork boards	3—4
	Wood-wool slabs	10
	Tang-mats in wooden wall	5
	Mineral-wool and glass-wool mats	10
	Granulated mineral-wool in floors	10
Panel walls behind radiators	Clinker-concrete bricks in backs-walls	11
	Clinker fillings	13
	Moler bricks in back-walls	11—15
	Gas-concrete slabs on concrete	17.5
Panel walls behind radiators	Asphalt-cork boards	15
	Wood-wool slabs	7.5

of multiple-hole bricks than of ordinary bricks, and the reduced weight of the multiple-hole bricks involves a reduction of transport-costs. No difficulty is connected with attainment of sufficient ultimate strenght of the multiple-hole bricks.

As a guidance for selection of insulating materials prices per insulating-unit are stated in Table 7.

As an example of application of the results the reduction of fuel consumption and running cost is given in Tables 8 and 9 for an ordinary flat, gross floorage 73 m², as shown in Fig. 1, and a one family house with a gross floorage of 110 m², as shown in Fig. 2.

The results are represented graphically in Figs. 3 and 4. It will be seen that, by rational insulation, the annual saving obtained will be:

On fuel consumption for	
a 73 m ² flat	abt. kr. 100.—
a 110 m ² one-family house	— — 250.—
On annual rent + heating charges for	
a 73 m ² flat	abt. kr. 100.—
a 110 m ² one-family house	— — 400.—
the price of fuel assumed being 67.50 kr/t.	

Houses built in accordance with normal Danish practice and prevailing building codes have been used as basis for this comparison.

Particularly striking is the saving obtainable by the use of double windows. The additional cost of double windows, compared with ordinary single windows, is fully covered by the consequent reduction of the price of the central heating system so that the saving of fuel is obtained without any additional initial cost.

In section 4 the applicability of the calculations in the case of a change of initial cost, cost of fuel, and rate of interest is considered. It will be apparent from this section that the most economical coefficient of transmission will change proportionately less than the corresponding change of one of the determining factors or prices. Hence

the coefficient of transmission found to be the most economical when the house was built will not change essentially, irrespective of future changes of the price level. Moreover it will be seen from the formulae that, when no change occurs to the ratio of fuel-price and initial cost, neither the most economical coefficient of transmission will change, which fact indicates the probability of the results being applicable beyond the boundaries of Denmark.

A translation is given below of the List of Contents and a Glossary comprising headings of the tables and the most important words occurring in tables and text.

Economical heat insulation

<i>List of contents</i>	page
Preface	5
Section 1: Running cost for different designs:	
Ordinary outer walls, roofs, and decks	7
Panel walls behind radiators	14
Survey of results and supplementary information	15
Section 2 different types of insulation, for a flat and for a one-family house	19
Section 3: Assumptions	28
Section 4: Exactness of calculation	40
Section 5: Charts with curves representing running cost, and sketches showing designs investigated	42
Bibliography	57
English Summary	58

Glossary

afskrivning	depreciation
afskrivningstiden	period of depreciation
aluminiumstapet	aluminium-foiled wall paper
aluminiumstapet på brystningens inderside	aluminium-foiled paper on inner side of panel wall
asfaltkorkplader	asphalt-cork slabs
bagmur	back-wall
bagmur af molersten	back-wall of moler bricks
betegnelse	description
betonklinker	concrete clinker
billigste	cheapest
blød træfiberplade opsat i forskallingen	soft wall-board placed in the shuttering
brystninger	panel walls (below windows)
brystninger bag radiatorer	panel walls behind radiators
brædder	boards
brændselsforbrug	consumption of fuel
brændselspris	price of fuel
brændselsudgift pr. år ved en brændselspris på:	annual cost of fuel by a unit price of:
byggepris, kr/m ²	initial cost, kr/m ²
cellebeton	cell-concrete
den årlige ydelse	annual expenditure (interest and depreciation)
den relative afskrivningstid af merudgiften ved sammenligning med type 1 — år	relative period of depreciation for additional cost, as compared with type 1 — years
detailler: se de tilsvarende tavler	re details: see corresponding charts attached
dobbelte vinduer	double windows
driftsudgift, kr./m ² · år	running cost, kr./m ² · year

driftsudgiften i kr./år ved en brændselspris på 67,50 kr/t — øverst enhedsprisen for det angivne antal m ²	running cost in kr./year, when the price of fuel is 67.50 kr./t — top-figures are unit prices pr. m ² corresponding to the number of m ² stated
dyr	expensive
enhedspris	unit price
etageadskillelser	decks, floors
faste bindere	bricks binders
forskalling	shuttering, formwork, wooden sheeting
fuger	joints
fuget mur	jointed brickwork
gasbeton	gas-concrete
gasbetonsten	gas-concrete slabs (or blocks)
gavl	gable
granuleret	granulated
grovbeton	plain concrete
gulvbrædder	wooden flooring
hul mur	hollow built (cavity built) wall
hulrum	cavity, hollow space
husleje + varmebidrag	rent + heating charges
hustype	type of house
ialt kr./år	total kr./year
inderside	inner side, interior side
indskudsbrædder	pugging
indvendigt puds	inside plastering
isolering	insulation
isoleringslag	insulating layer
isoleringsmateriale	insulating material
isoleringstykkelse	insulating thickness
isoleret	insulated
isoleringsenhed	unit of insulation
jernbetonetageadskillelse	r/c deck with wooden flooring
m. trægulv på strøer isol. med gran. mineraluld	on spreaders insul. with granulated mineral-wool
jernbetonetageadskillelser	r/c decks
jernbetontag isol. m. cellebetonblokke	r/c roof insul. with cell-concrete slabs
jernbetonvæg	reinforced concrete wall
jernbetonvæg isoleret med gasbetonsten	reinforced concrete wall insulated with gas-concrete slabs
jernbetonvæg isoleret med kork	reinforced concrete wall insulated with cork
klinkerbetonmursten	clinker-bricks
koldt tagrum dækket af 45° tegltag	non-heated attic with 45° pantile roofing
kork	cork
letbeton på beton	light-weight concrete on concrete
limfarve	glue colour
limfarve på brystningens inderside	glue-coloured interior side of panel wall
lister	timber lists (or strips)
lægter	battens, laths
maks. varmetab ved ÷ 15 °C. udv.	max. loss of heat by — 15°C. outside temperature
mangehulsten	multiple-hole bricks
materiale	material
merpris for isolering	additional initial cost of insulation
mest økonomiske isoleringstykkelse, cm	most economical insulating thickness, cm

merudgift
mest økonomiske transmissionstal
mindrepris for varmeanlæg
molersten
mur
mur af gasbeton
mur af tunge teglsten

nederste gulv
pap
praktisk anvendelig
pris K₁ ca. kr/m³
pris pr. isoleringsenhed
K_{isol.} = K₁ · λ
puds
relativ afskrivningstid, år

rumvægt, kg/m³
rør
samlet merudgift
samlet vægtykkelse, cm
sammenligning
spær
strøer

Table 1: De mest økonomiske isoleringstykkelser for almindelige ydervægge, baseret på byggepriser i foråret 1948 og brændselspris 67,50 kr/t

Table 2: De mest økonomiske isoleringstykkelser for etageadskillelser mod kolde tagrum og tage baseret på byggepriser i foråret 1948 og brændselspris 67,50 kr/t

Table 3: De mest økonomiske isoleringstykkelser for brystningsmure bag radiatorer, baseret på byggepriser i foråret 1948 og brændselspris 65,50 kr/t

Table 4: Supplementpriser til tabellerne 1, 2 og 3

additional cost
most economical coefficient of transmission
saving on heating system
moler bricks
wall
gas-concrete wall
wall of ordinary solid brick-work

lowermost floor
felt paper, building paper used in practice
price K₁ appr. kr/m³
cost per unit of insulation
K_{isol.} = K₁ · λ
plastering
relative period of depreciation, years
density, kg/m³
reeds
total additional cost
total thickness of wall, cm
comparison
rafters
spreaders, joists

Table 1: The most economical insulating thickness of ordinary exterior walls, based on prices current in the spring 1948 and cost of fuel 67.50 kr/t

Table 1: The most economical insulating thickness of decks facing non-heated attics and roofs, based on prices current in the spring 1948 and cost of fuel 67.50 kr/t

Table 3: The most economical insulating thickness of panel walls behind radiators, based on prices current in the spring 1948 and cost of fuel 67,50 kr/t.

Table 4: Supplementary prices to Tables 1, 2, and 3

Table 7: Prisen pr. isoleringsenhed for forskellige materialer
tage
tagrum
tangmätte
tavler
teglmasse
teglsten
teglstenstag
teglstenstag med forskalling, rør og puds isol. med mineralulds-måtter
tegltag
teoretisk
traditionel
transmissionstal
kg^o/m² · h · °C
træbjælkelag
træbjælkelag med gulvbrædder og indskudsbrædder isol. med granuleret mineraluld
træetageadsk. mod koldt tagrum dækket af 45° tegltag
træfiberplade
trægulv
træuldbeton
trævæg isol. med tangmätter
uden indskudsbrædder
udvendig puds
under 45° tag
varmeanlæg
varmebidrag
varmeledningstal
kg^o/m · h · °C
varmetab
vinduer og altandør
vægge
væggens opbygning
væg
ydermure i facader
ydervægge
økonomi
øverste loft

Table 7: Price per unit of insulation for different materials
roofs
attic
tang-mats (sea-weed matl)
charts, drawings
the burnt clay proper
pantiles; bricks
pantile roofing
pantile roofing, wooden sheeting, reeds, and plastering insulated with mineral wool
pantile roofing
theoretical(-ly)
traditional
coefficient of transmission
kg^o/m² · h · °C
timber beams
timber beams with wooden flooring and pugging insulated with granulated mineral-wool
timber floor facing non-heated attic with 45° pantile roofing
fibrous wall-board
wooden flooring
wood-wool slabs
timber-wall insulated with tang-mats (sea-weed mats) without pugging
outside plastering
under 45° roofing
heating system, heating plant
heating charges
coefficient of thermal conduction kg^o/m · h · °C
loss of heat
windows and balcony-door walls
design of wall
wall
exterior facade-walls
exterior walls, outside walls
economy
uppermost ceiling