

# Hovedtræk af Bygningers Varmeisolering.

Af Civilingeniør Per Brask.

Ved at varmeisolere en Bygning opnaar man paa een Gang 2 Goder:

- 1) at nedsætte Varmetabet og derved Brændselsforbruget,
- 2) at forhindre store Temperaturforskelle indenfor samme Rum og derved gøre Opholdet mere behageligt.

Da begge Formaal naas ad samme Vej, er der ikke Grund til at behandle dem hver for sig. Her skal navnlig ses paa det fremfor alt aktuelle: Brændselsbesparelsen.

## Hvad gaar Kalorierne til?

Til Bygningens Opvarmning bruges der en vis Mængde Kalorier, der indeholdes i det anvendte Brændsel. Alle disse tilførte Kalorier forlader Bygningen igen, idet der i et Opholdsrum ikke forbruges Varme. Tabet sker paa to forskellige Maader:

- 1) En Del undviger gennem Skorstenen, dels i Form af uforbrændte Bestanddele, dels i Form af Varme.
- 2) En Del afgives som Varme til det eller de Rum, hvor Varmeovnen (Kakkelovn, Kedel, Radiator etc.) befinder sig. Derfra gaar Varmen langsommere eller hurtigere bort gennem Rummets Flader til tilstødende Rum eller til det fri.

Det Varmetab, der nævnes under 1), kan ikke undgaas. Forbrændingen er aldrig fuldstændig, og Røgen vil altid være varmere end Ydertemperaturen og derved medtage Varme, naar den undviger. Forholdet mellem de udnyttede Kalorier (2) og Brændslets virkelige Brændværdi kaldes Varmeanlæggets Virkningsgrad og bør være saa stor som mulig, men bliver aldrig 100 %.

Det Varmetab, der nævnes under 2), kan heller ikke undgaas. Der findes ingen Konstruktioner og ingen Materialer, som kan standse al Varmegennemgang. Nogle byder Varmen gode Muligheder for at passere, andre vanskeliggør Passage, og ved at anvende egnede Konstruktioner kan man efter Ønske begrænse Varmetabet, selv om man ikke kan ophæve det.

Vil man varmeisolere et Rum, er det vigtigt

at vide, hvor de største „Huller“ for Varmens Passage findes.

I Fig. 1—3 er vist nogle typiske Rum i almindelig Bebyggelse og herpaa anskueliggjort, hvorledes Varmetabet fordeler sig paa Rummets forskellige Flader.

## Hvad kan der spares ved at forbedre Isolationen?

Saafermt Rummet tættes omhyggeligt ved Vinduer og Døre, forsynes med dobbelte Vinduer, en 3 cm Isoleringsskive (i Isoleringsevne svarende til Kork) paa Vinduesbrystningen og en 2 cm Isoleringsskive paa Ydervægge samt et 3 cm tykt Lag Isoleringmateriale over Loftforskallingen, kan opnaas de i Tabel 1 viste Besparelser.

Tætning af Vinduer nedsætter baade det direkte Varmetab og det Varmetab, der skyldes Varmeluftens Ombytning med Koldluft ved den naturlige Ventilation.

Som man ser, er det anselige Værdier, der kan reddes ved at tætte og varmeisolere.

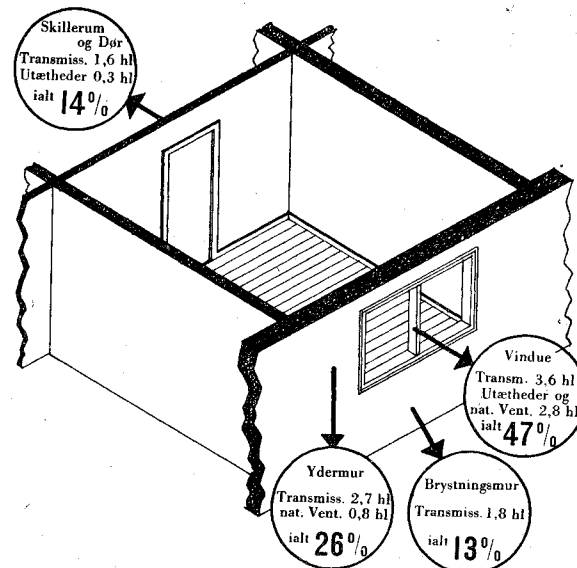


Fig. 1. Varmetab fra Rum med en Yderflade. Gulvareal 4×4 m, Etagehøjde 2,5 m, Ydermur 1½ Sten Teglsten, Brystningsmur under Vindue ½ Sten. 2 Skillerum vender mod opvarmede Rum. 1 Skillerum (½ Sten) vender mod uopvarmede Rum. Under og over Værelset findes opvarmede Rum. Vinduet er 1,25×2 m og forsynet med enkelt Glas. Rummet opvarmes af en Radiator, anbragt under Vinduet. Ingen særlige Tætningsforanstaltninger.

## VARMETABETS FORDELING

Tabel 1.

Antal kolde Yderflader	Varmetab gennem	Brændselsforbrug uden Tætning og Isolering		Besparelse ved				Brændselsforbrug med Tætning og Isolering	
		hl	%	Tætning		Isolering		hl	%
1 (jvf. Fig. 1)	Vindue .....	6,4	47	2,0	15	1,8	13	2,6	19
	Vinduesbrystning .....	1,8	13	—	—	1,2	9	0,6	4
	Ydermur .....	3,5	26	—	—	1,1	8	2,4	18
	Skillerum .....	1,9	14	0,3	2	—	—	1,6	12
		13,6	100	2,3	17	4,1	30	7,2	53
2 (jvf. Fig. 2)	Vindue .....	7,2	36	2,6	13	1,8	9	2,8	14
	Vinduesbrystning .....	1,8	9	—	—	1,2	6	0,6	3
	Ydermur .....	8,9	45	—	—	3,0	15	5,9	30
	Skillerum .....	1,9	10	0,3	0,2	—	—	1,6	8
		19,8	100	2,9	15	6,0	30	10,9	55
3 (jvf. Fig. 3)	Vindue .....	7,2	25	2,6	9	1,8	6	2,8	10
	Vinduesbrystning .....	1,8	6	—	—	1,2	4	0,6	2
	Ydermur .....	8,9	31	—	—	3,0	10	5,9	21
	Skillerum .....	1,9	7	0,3	1	—	—	1,6	6
	Loft .....	7,7	27	0,7	2	4,2	15	2,8	10
	Gulv .....	1,0	4	0,4	2	—	—	0,6	2
		28,5	100	4,0	14	10,2	35	14,3	51

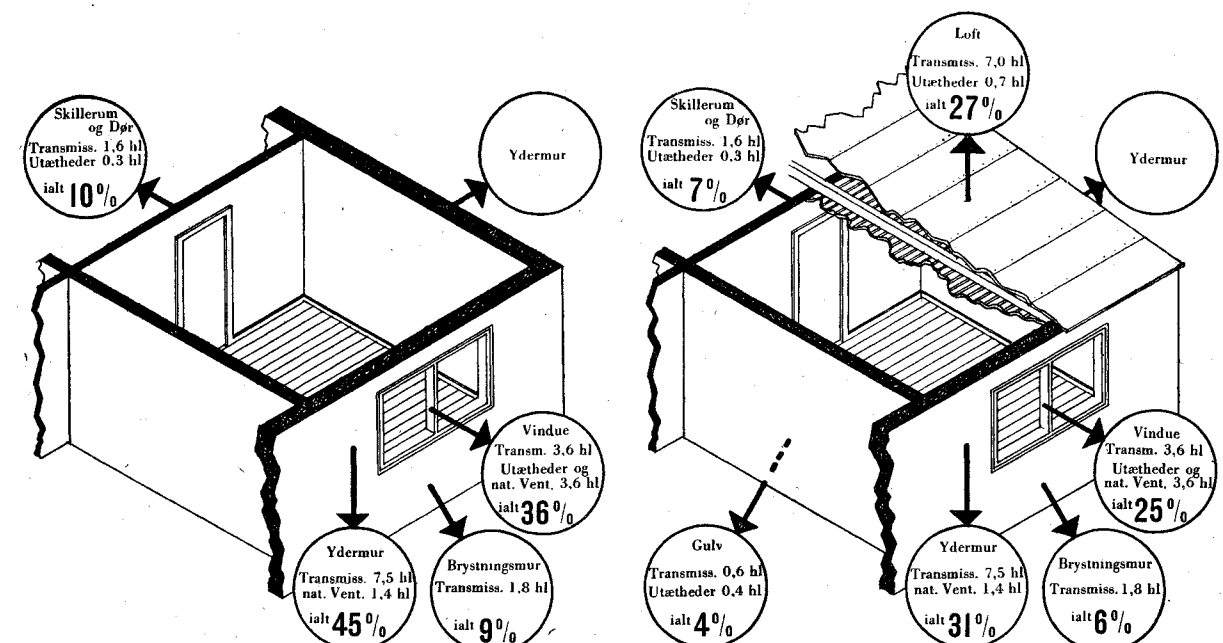


Fig. 2. Varmetab fra Rum med to Yderflader. Rummet er svarende til det paa Fig. 1 viste og beskrevet, dog med den Forskel, at her er to af Væggene 1½ Sten Ydermur (Rummet ligger ved Bygningens Hjørne). Ved at sammenligne de tre Figurer faar man et Indtryk af, hvorledes Varmetabet fordeler sig paa de enkelte Flader i de forskellige Tilfælde. I Tabel 1 angives de samlede Varmetab og hvad der kan spares ved Tætning.

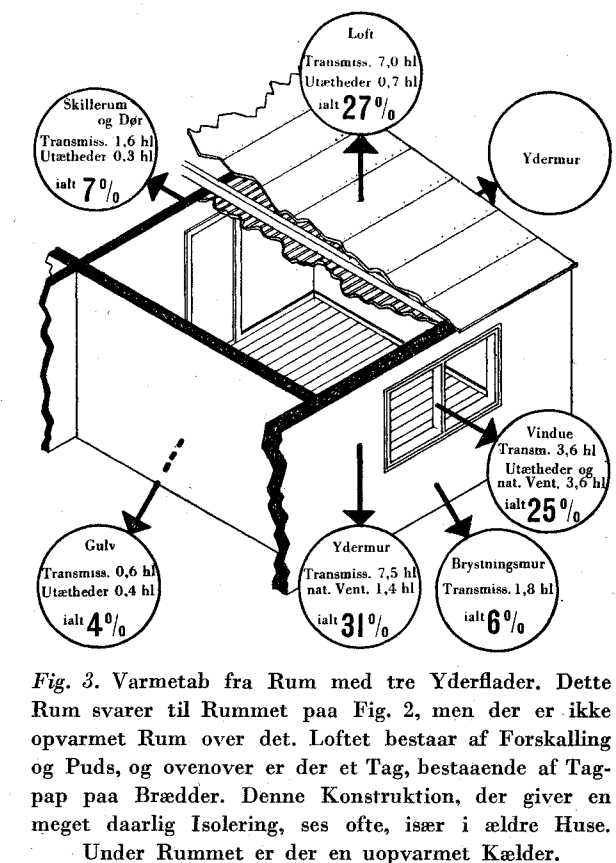


Fig. 3. Varmetab fra Rum med tre Yderflader. Dette Rum svarer til Rummet paa Fig. 2, men der er ikke opvarmet Rum over det. Loftet bestaar af Forskalling og Puds, og ovenover er der et Tag, bestaaende af Tagpap paa Brædder. Denne Konstruktion, der giver en meget daarlig Isolering, ses ofte, især i ældre Huse. Under Rummet er der en uopvarmet Kælder.

### Hvorledes gaar Varmen bort?

Varmen bevæger sig bort fra Rummet paa 2 Maader, dels sammen med den varme Luft gennem Utætheder, og dels bortledes den gennem Vægge og Vinduer, hvilket benævnes Varmetransmission.

### Varmetab gennem Utætheder.

Især under Blæst er man udsat for, at den varme Luft gaar bort. Vinden skaber baade Overtryk i Vindsiden og Undertryk i Læ, saaledes at den kolde Luft presses ind i Vindsiden, og den varme Luft suges ud i Læ. Men selv i Vindstille har Luften fra et opvarmet Rum en Tendens til at undvige, idet Luften her vil stige til Vejrs og skabe Overtryk foroven og Undertryk forneden i Rummet. Den varme Luft vil saaledes være tilbøjelig til at strømme ud gennem Loft og Vægge foroven, og den kolde Luft tilbøjelig til at blive suget ind gennem Gulv og Vægge forneden.

Det fremgaar heraf, at det er umuligt at holde en højere Temperatur end Yderluftens, hvis man ikke til en vis Grad tætter Rummets Sider. Uden Tætning er Varmeisolering haabløs, og de Udgifter, der medgaar til Tætning, er meget ringe i Forhold til den Brændselsbesparelse, man opnaar.

Som Regel er de anvendte Væg- og Loftkonstruktioner tilstrækkelig tætte, medens Vinduer og Døre ofte lader meget tilbage at ønske.

Man skal først og fremmest tætte Vinduer og Yderdøre, men det sparer ogsaa paa Varmen at tætte Døre i Skillerum, især hvis disse fører ind til uopvarmede Rum. Mellem to opvarmede Rum bør Dørene ogsaa være tætte, saafremt de to Rum har Vinduer henholdsvis til Vindside og Læside. Vinden skaber en Trykdifference mellem de to Rum, og en tæt Dør vil derfor mindske det af Vinden forårsagede Varmetab.

### Tætning af Vinduer og Døre.

Hvor et Vindue eller en Dør skal være til at lukke op, kan i den ydre Fals anvendes Bronze-Lister, som tætter bedst, saafremt de har dobbelt Anslag. Der findes ogsaa en Tætningsanordning, hvor den ydre Fals forsynes med en Gummistrimmel i en kelet Rille. Tætningen kan ogsaa udføres ved paa Karmen at fastgøre Tætningslister af Træ, der giver den bedste Tæthed, saafremt de er forsynet med et elastisk Materiale, der ved Vinduets Lukning presses tæt

mod Vinduesrammen. Dette elastiske Materiale bør kunne bevare sin Elasticitet og ikke påvirkes af Fugt. Der findes Trælister med Gummi, Svampegummi, Kork, Filt eller fjedrende Bronceanslag. Der findes ogsaa en vinkelformet Papliste, der ved Fastgøring paa Karmen danner Anslag mod Vinduet.

Utætheder mellem Vinduesglas og Ramme tættes med Kit eller i Nødsfald med gummierede Papirstrimler.

Ved en Række særlige Vindueskonstruktioner søger man at undgaa Utætheder ved at give Revnen mellem Ramme og Karm et særligt bugtet Forløb som mellem Fjer og Not eller som en dobbelt Fals. Staalvinduer findes ogsaa med dobbelt eller tredobbelt Fals og kan være forsynet med Trælister i Falsene.

Vinduets Tæthed forøges ved at anvende Vindueshasper, der spænder Vinduet fast mod Karmen.

Fig. 4 viser nogle af de nævnte Tætningsmaader.

Utæthed mellem Gulv og Væg eller Fodliste i Stueetagen giver ofte Anledning til Træk, især naar der ikke er Kælder, eller naar Kælderloftet ikke er pudset. Tætning udføres med Trælister eller Tætningspasta.

### Varmetransmission<sup>1)</sup>.

Den Varmemængde, der gaar gennem en Væg, vokser med Transmissionstallet  $k$ . Den omvendte Værdi,  $\frac{1}{k}$ , kaldes Varmemodstanden. Denne Varmemodstand er lig med Summen af Overgangsmodstanden mod Varmen ind i Væggen + Summen af de indre Modstande mod Varmen gennem Væggens forskellige Lag + Overgangsmodstanden mod Varmen ud af Væggen.

Overgangsmodstandene er afhængige af Luftstrømninger og Vægoverfladernes Modtagelighed for Varmestraaling. De indre Varmemodstande benævnes  $e/\lambda$ , hvor  $e$  er Lagets Tykkelse og  $\lambda$  Lagets Varmegennemgangstal. Jo større  $e$  er, og jo mindre  $\lambda$  er, des bedre isolerer Laget. I  $\lambda$  er indbefattet baade den Varme, der direkte ledes gennem den faste Del af Materialet, og den Varme, der føres gennem Luftrum i Materialet ved Straaling og ved, at Luften i Luftrummet kommer i Cirkulation.

### Bedømmelse af Isoleringsmaterialer.

Skal man vælge et Isoleringsmateriale, maa man først og fremmest se paa Materialets  $\lambda$ -Værdi, men kender man ikke den, er Materialets Rumvægt en god Vejledning ved Bedømmelsen

<sup>1)</sup> Se tillige „Varmetransmissionstal og Beregning af Varmeanlæg“, Side 802.

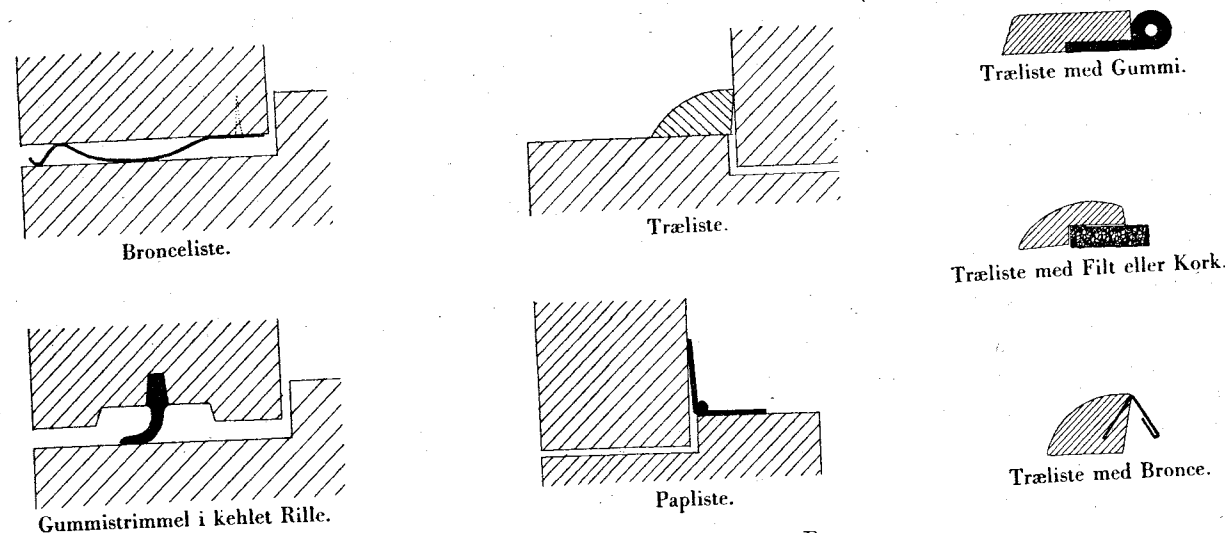


Fig. 4. Tætningsmidler til Vinduer og Døre.

af Isoleringssevnen. Det viser sig nemlig i det store og hele at være saaledes, at jo mindre Rumvægten er, des mindre er  $\lambda$ .  $\lambda$  er mindst for stillestaaende Luft,  $\lambda = 0,02$ , der f. Eks. gælder for Luften i Hulrum i en Etageadskillelse, hvor Varmen bevæger sig nedad. Det er den Luft, Isoleringsmaterialet indeholder, der gør Materialet varmeisolerende. Jo større Modstanden mod denne Lufts Bevægelse er, d. v. s. jo snævrere de enkelte Luftrum er, og jo mindre Forbindelse de har med hinanden, desto bedre isolerer Materialet.

### Isoleringsmaterialernes Forhold til Vandopsugning.

Desværre har Materialer med snævre Luftmellemlum ofte Tilbøjelighed til Vandopsugning. Heraf har de Stoffer, hvis Luftrum har Forbindelse med hinanden, størst Tilbøjelighed til Vandopsugning. Hvis Stoffet har en fedtet Karakter, aftager Vandopsugningen. Stoffer som Kork og Pimpsten, hvis Luftrum er adskilt fra hinanden, suger ikke Vand.

### Oversigt over Isoleringsmaterialer.

#### 1) Smuld og Fyldstof.

En Ophobning af findelte Korn af Materialer, der i sig selv har mange Luftrum, som Kork, Tørv, tørret eller brændt Moler, eller en Ophobning af uorganisk Uld af Sten, Slagger eller Glas, hvor de enkelte Traade ikke har Hulrum, men hvor til Gengæld Traadene er meget findelte. Rumvægt: 50—400 kg/m<sup>3</sup>.  $\lambda$  er for de letteste Materialer 0,03. Anvendelse: som Indskud, Isolering paa Loftforskalling.

#### 2) Maatter.

Uldagtigt eller porøst Materiale indsyet i Papir. Organisk Uld, Tang eller Tørvefibre, der i sig selv har mange Luftrum, eller uorganisk Uld. Rumvægt: 50—200 kg/m<sup>3</sup>.  $\lambda$ : omkring 0,03. Den mekaniske Styrke er saa ringe, at Maatterne ikke kan anvendes som selvstændig Vægbeklædning. Maatter af uorganisk Uld kan pudses, saafremt de forsynes med en Pudsbærer som Rørvæv eller Traadnet.

#### 3) Plader.

Sammenpresset Træfiber, Korksmuld, Tørv, Halm, Træuld, oftest med forskellige Binde midler, f. Eks. Asfalt, Cement eller Gips. Rumvægt: 50—500 kg/m<sup>3</sup>.  $\lambda$ : 0,04—0,07. Den mekaniske Styrke tiltager med voksende Rumvægt, og Styrken er oftest saa stor, at Pladerne kan anvendes som selvstændig Vægbeklædning og for de sværeste Pladers Vedkommende som ikke bærende Skillerum.

#### 4) Sten og Beton.

##### A) Brændt Materiale.

Molersten samt Teglsten, der er gjort porøse ved f. Eks. at tilsætte Savsmuld, der bortbrænder og efterlader Hulrum.

##### B) Letbeton.

a) Selve Betonen har faaet Hulrum ved Brug af Sæbeskum eller ved Udvikling af Luftarter. b) Det anvendte Tilslagsmateriale er særligt porerigt: Savsmuld, brændt Moler, Slagger, Pimpsten, Asbest eller Klinker, der er saa haardt brændt, at der har udviklet sig Luftblærer.

Rumvægt: 300—1700 kg/m<sup>3</sup>.  $\lambda$ : 0,07—0,60.

Den mekaniske Styrke tiltager med Rumvægten, og de sværeste Sten kan anvendes i bærende Konstruktioner. De tungeste af de porøse Klinker har endog samme Styrke som Beton.

### 5) Metallfolie.

Som nævnt afhænger Transmissionstallet og saa af Vægoverfladernes Modtagelighed for Varmestraaling. Dette udnytter man ved at beklæde Vægge med Stoffe, der tilbagekaster Varmestraaler, f. Eks. blank Metallfolie, hvorved Varmegennemgangen kan formindskes.

Overfladens Farve spiller ingen Rolle. Varmestraaler tilbagekastes kun af blanke og mest af metalblanke Overflader, og selvom en metalblank Overflade dækkes af et Lag Maling, vil Tilbagekastningen være betydelig. Aluminium bevarer sine varmereflekterende Egenskaber, selvom det iltes af Luften, hvorfor Aluminiumfolie er meget anvendt.

En blank Overflade tilbagekaster baade Varmestraaler fra Kakkelovn og Radiator og Varmestraaler fra det menneskelige Legeme, saaledes at den blanke Overflade ogsaa har en fysiologisk Virkning. Den fysiologiske Virkning har dog kun praktisk Betydning, naar Mennesket er meget nær Væggen. Saafremt man har et Arbejds- eller Sovested lige op ad en kold Yderflade, vil det være af god Virkning at beklæde den nærmeste Del af Væggen med blank Metallfolie; at beklæde andre Dele af Rummet vil kun give ubetydelig Virkning.

Ligeledes er det en fornuftig Foranstaltning at beklæde Væggen lige bag en Kakkelovn eller Radiator med Metallfolie, saafremt den Varme, der udstraales til Væggen, ellers vilde gaa tabt, fordi Kakkelovn eller Radiator staar ved Ydervæg eller ved Skillerum til uopvarmede Rum. Beklædningen af andre Dele af Rummet vil kun give mindre Virkning.

I straaleopvarmede Rum bliver Forholdet et helt andet; der vil en almindelig Beklædning af Rummets Sider have større Betydning.

Sammenkrøllet Aluminiumfolie kan anvendes som varmeisolerende Fyldstof, der baade isolerer med sine Luftrum og ved at nedsætte Varmestraalingen.

### Isoleringens Økonomi.

Hvilken Tykkelse skal Isolationslaget have? Hvornaar er det mere økonomisk at købe Isolation end Brændsel?

Mindre Afgrænsning af et Rum fra det fri end den, der isoleringsmæssigt svarer til  $1\frac{1}{2}$  Stens Mur, er uøkonomisk. Isolering skal derfor først og fremmest sættes ind, hvor Vægge eller Lofter har en daarligere Isoleringsevne end den, der svarer til  $1\frac{1}{2}$  Sten. Isolerer man eksempelvis i et gammelt Hus en  $\frac{1}{2}$  Stens Brystningsmur med 3,5—5,0 cm Træbeton med Puds, er Isoleringens udgiften sparet i Brændsel i Løbet af 6 Aar, med Krigstidens Brændselspriser allerede i Løbet af 2 Aar. Bruger man paa Træbetonen i Stedet for Puds en Papplade med Metallfolie, bliver Isoleringen dyrere, men den bliver samtidig saa meget bedre, at Økonomien stadig er den samme.

Betaler det sig at isolere endnu mere?

Hvis man sammenligner den samlede Udgift til Isolering og Opvarmning ved forskellige Tykkelser af Isoleringlaget, kan man danne sig et Skøn over, hvilken Isoleringstykkelser der betaler sig bedst.

Som Eksempel er undersøgt Økonomien ved at isolere  $1\text{ m}^2$   $1\frac{1}{2}$  Stens Mur i et gammelt Hus med Træbeton i voksende Tykkelse.

Paa Fig. 5 er vist Forholdene ved Førkrigspriser paa Brændsel og Isolation.

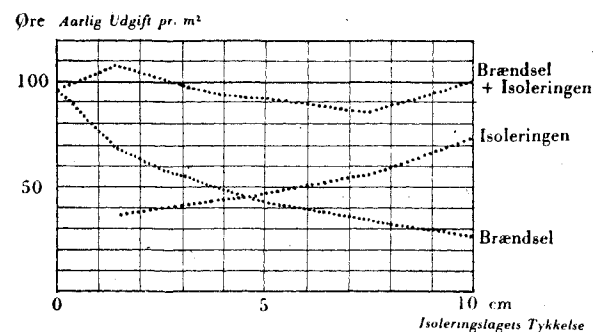


Fig. 5. Isoleringens økonomiske Følger. En Kvadratmeter  $1\frac{1}{2}$  Stens Mur i et gammelt Hus isoleres med en Isoleringsskive med  $\lambda = 0,06$  (svarende til Træbeton), der fastsømmes og pudses. For varierende Tykkelse angives i hver sin Kurve 1) den aarlige Udgift til det Brændsel, der medgaar til Varmetabet gennem Muren, 2) den aarlige Udgift til Isoleringen, naar Omkostningerne hertil afskrives over 20 Aar og forrentes med 4 % p. a., samt 3) den samlede aarlige Udgift paa begge disse Poster, alt under Forudsætning af Førkrigspriser paa Brændsel og Isolering. Kurven for den samlede Udgift har et Minimum, der altsaa svarer til den mest økonomiske Isoleringstykkelser.

Med den Pladetykkelse, hvor den samlede aarlige Udgift bliver mindst, faar vi den mest økonomiske Isolering. I dette Tilfælde 7,5 cm. En  $1\frac{1}{2}$  Stens Mur med 7,5 cm Træbeton har  $k =$

0,5, medens den uisolerede Mur har  $k = 1,5$ . Kurven viser, at „Grundudgiften“ til Opsætning og Pudning kun kan indtjenes, naar der isoleres med over 3,5 cm. Kurven er flad omkring Mindsteværdien, saaledes at man er ret frit stillet i Valget af Isoleringstykkelser. I Eksemplet vil Tykkelser fra 5—8 cm være omtrent lige økonomiske.

Kurven viser, at selv denne relativt kostbare Efterisolering kan betale sig, men Besparelsen er ikke saa stor, at den i særlig Grad animerer private Bygherrer til at investere den fornødne Kapital.

Fig. 6 viser de tilsvarende Kurver, men med Krigspriser paa Brændsel og Isolation.

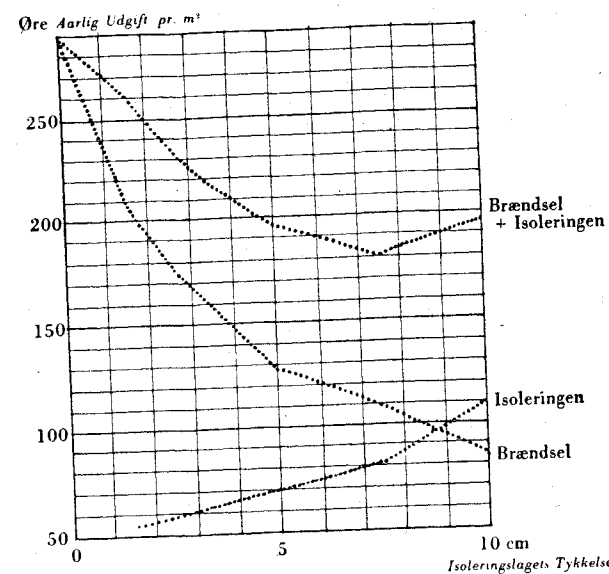


Fig. 6. Isoleringens økonomiske Følger ved Krigspriser. De tilsvarende Kurver som i Fig. 5, men med Krigspriser paa Brændsel og Isolering.

Prisen paa Isolationen er steget ca. 50 %, og Brændselsprisen er steget 200 %. De samlede Udgifter, Kurve 1 + 2, viser nu et helt andet Forløb, idet Isolationen nu giver langt større Besparelser, og Mindsteværdien viser Tendens til at rykke mod større Tykkelse. Fordelen ved god Isolering er nu saa stor, at Isolering er en god Pengeanbringelse. Hertil kommer, at Brændsel, men ikke Isolering, er rationeret. En forøget Isolering kan maaske faa den tildelte Ration til at strække til, saaledes at man undgaar at skulle benytte det langt dyrere og besværligere rationerede Brændsel.

Ja, vil nogle maaske sige, vel betaler det sig at isolere, men jeg vil vente, til Isoleringens priserne

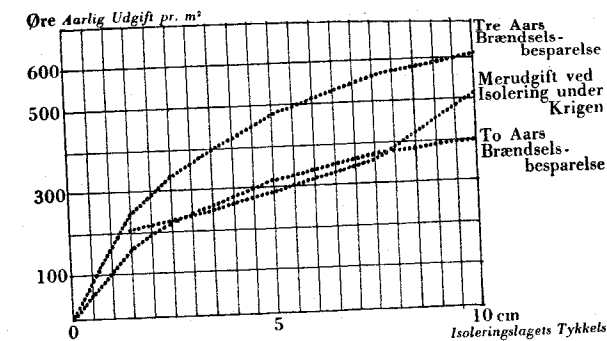


Fig. 7. Merudgift og Brændselsbesparelse. Kurven viser 1) Merudgiften ved at foretage Isoleringen under Krigsdyrtid og 2) og 3) Brændselsbesparelse i Løbet af henholdsvis 2 og 3 Krigsaar. Merprisen tjenes altsaa hurtigt ind, saa det betaler sig at isolere straks.

er faldet. Det maa imidlertid absolut tilraades at løse Isoleringsspørgsmaalene nu.

Fig. 7 viser, at Prisstigningen paa Isoleringens udgiften indtjenes ved Brændselsbesparelse i 2—3 Aar.

Ved Nybygninger er Isoleringens økonomien endnu gunstigere, dels fordi Isoleringen er billigere her end i gamle Bygninger, og dels fordi man ved omhyggelig Isolering kan opnaa en Besparelse i Anlægsomkostningerne ved Centralvarmeanlægget, der med Krigspriser paa Kedler, Rør, Isoleringsmaterialer m. m. kan betale 50—70 % af Isoleringens udgiften.

For Samfundet som Helhed er Beskæftigelsesforøgelsen og Valutabesparelsen ved Isolering af saa stor Betydning, at Staten under alle Forhold vil se sin Fordel i at animere til forøget Isolation.

En Forudsætning for Økonomien er dog, at Isolationen virkelig er holdbar, og et virksomt Middel hertil er at forhindre Dannelse af Kondensvand i Isolationen.

### Fugtighedens Transmission gennem Vægge.

Mennesker og Planter afgiver Fugtighed, hvilket bevirker, at Vanddampenes partielle Tryk<sup>1)</sup> i et opvarmet Rum normalt er større end udenfor. Der vil derfor opstaa en udadgaende Strøm af Vanddamp gennem Væggen. Hvis der i Væg-

<sup>1)</sup> Luften udover til enhver Tid et bestemt Tryk, der maales ved Barometerstanden. For en Luftblanding sammensættes dette Tryk af de enkelte Bestanddeles *partielle Tryk*, saaledes at Summen af alle de *partielle Tryk* udgør det samlede Lufttryk. Jo større Andel hver Bestanddel har i Blandingen, des større er dens *partielle Tryk*. De *partielle Tryk* har Tendens til at udligne sig, ved at den paagældende Luftart strømmer fra Steder med højt *partielt Tryk* til Steder med lavere *partielt Tryk*.

gen findes en Zone, hvor Temperaturen er lavere end Luftens Dugpunkt<sup>1)</sup> paa det paagældende Sted, vil der her dannes Kondensvand. Hvis dette Kondensvand ikke kan forsvinde igen ved at trænge ud gennem Væggen og fordampe eller ved f. Eks. paa Grund af Solbestraaling paa Væggen at fordampe ind i Rummet, vil Isolationen efterhaanden blive gennemvaad.

Et Middel til at undgaa Kondensvand er at gøre Væggens Inderside tættere end Ydersiden, hvorved Vanddampens Indtrængen i Væggen vanskeliggøres.

### Udvendig eller indvendig Isolation.

Om man skal anbringe Isolationen indvendig eller udvendig paa Ydervægge er afhængig af flere forskellige Forhold.

### Udvendig Isolation.

Man undgaar her den Varmebro, der ved indvendig Isolation ofte findes ved Etageadskillelser. Risikoen for kolde Zoner i Væggen formindskes, og Væggens Tæthed vil som Regel aftage udefter, saa Kondensvand undgaas. Væggen faar en stor Varmeakkumulation, der udjævner pludselige Temperatursvingninger.

Til Gengæld sluger Væggen megen Varme, hvis man vil have et Rum hurtigt opvarmet. Man kan kun anvende vejrbestandige Isolationsmaterialer, og Isolationen maa beskyttes mod Slagregn. Til udvendig Isolation vil man som Regel vælge isolerende Sten eller Beton.

### Indvendig Isolation.

Med indvendig Isolation kan man opnaa hurtig Opvarmning af Rum, da den bærende Konstruktion ikke sluger Varme. Derfor skal man anvende indvendig Isolation i Forsamlingsstale og lignende Rum, hvor man har afbrudt Opvarmning. Til indvendig Isolering kan anvendes Isoleringsmaatter med Pudsbærer eller Isoleringsplader med eller uden Puds.

Ved Efterisolation af gamle Bygninger anbringes Isolationen lettest indvendig. Tilbageholdigheden til Dannelse af Kondensvand mellem Isolation og Mur er stor ved indvendig Isolation, især hvis Isolationen opsættes i Asfalt eller et andet tæt Stof, der hindrer Vanddampens Gen-

<sup>1)</sup> Ved Dugpunktet for en bestemt Luftblanding forstaas den Temperatur, hvor Luftblandingen (under de paagældende Forhold) er mættet med Vanddamp. Bringes Temperaturen under Dugpunktet, udskilles (kondenseres) den overskydende Vandmængde.

nemgang. Kondensvandsdannelsen kan undgaaes, hvis man tætter den Side af Isolationen, der vender mod Stuen, eller hvis man opsætter Isolationen saaledes, at der mellem Isolation og Mur bliver et Luftmelletrum, der ved mindre Aabninger foroven sættes i Forbindelse med den frie Luft.

Isolationen kan opsættes i Mørtel eller paa-sømmes med galvaniserede Kramper, der helst skal have fat i den eventuelle Pudsbærer. Isoleringplader kan ogsaa sømmes paa Lægter, der er fastgjort til Muren. Disse bør helst være vandrette for at hindre vertikal Luftbevægelse foraarsaget af Temperaturforskel i Luftmelletrummet. De to sidste Maader anvendes lettest i gamle Huse.

Ventilationsaabninger i Rum under Stue, hvor der ikke er udgravet Kælder, giver om Vinteren let Aarsag til Fodkulde. Om Sommeren skal der være Adgang for Luften; men om Vinteren kan Aabningerne godt lukkes til; dog maa der af Hensyn til Kondensvand ikke lukkes saa tæt, at der bliver større Tæthed her end mellem Stue og det lave Rum.

### Dobbelte Vinduer.

Da enkelte Vinduer har 3—4 Gange saa stor Varmegennemgang pr. m<sup>2</sup> som en 1½ Stens Mur, er Opsætning af dobbelte Vinduer en af de første Isolationsforanstaltninger, man skal gribe til.

Kan det betale sig? Opsætning af dobbelte Vinduer vil med Førkrigsbrændselspriser være tjent ind i Løbet af 14 Aar, hvilket ikke er

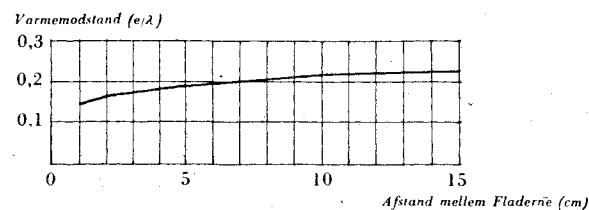
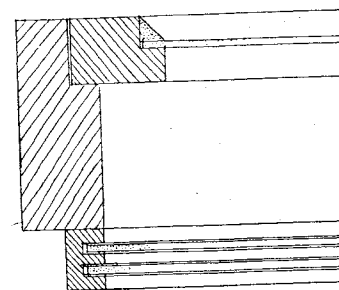


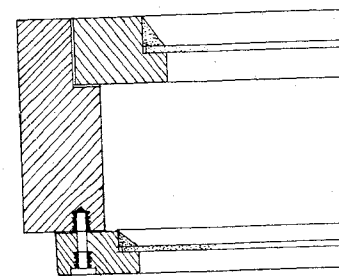
Fig. 8. Varmemodstanden af et lodret Luftmelletrum f. Eks. mellem Glassene i dobbelte Vinduer.

daarlig Økonomi. Med 1941-Priser sker Indtjeningen i Løbet af højst 3½ Aar.

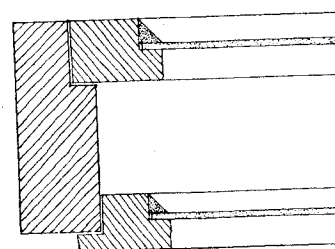
Den gunstige Afstand mellem Vinduesglassene fremgaar af Fig. 8, der viser Varmemodstandens Afhængighed af Afstanden mellem Glassene. Det ses, at Luftmelletrummet helst skal være større end 2 cm, men at en Forøgelse over 5 cm kun vil bevirke en ubetydelig Stigning i Varmemodstanden. Da Vinduesglassets Varmemod-



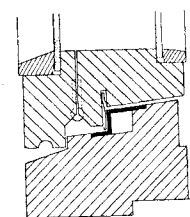
Forsatsskydevindue i selvstændig Karm.



Forsatsrude i løs Ramme, fastgjort til Karmen ved Koblingsbeslag.



Indadgaaende Forsatsramme.



Koblet Vippevindue (nederste Karm). Det yderste Vindue kan oplukkes til Pudsning.

Fig. 9. Eksempler paa dobbelte Vinduer.

stand er ringe i Forhold til Luftmelletrummet, er Isoleringsevnen ikke afhængig af Glassets Tykkelse eller afhængig af, om man anvender transparent Folie i Stedet for Glas.

Transparent Folie, der er en udmærket interimistisk Hjælp, er ofte let antændelig, taaler ikke stærk mekanisk Paavirkning og paavirkes af Fugtighed. Acetatfolie er den Folie, der bedst taaler Fugt.

Det vigtigste ved et dobbelt Vindue er, at Luftmelletrummet ikke kan komme i Forbindelse med Yderluften eller med Luften i Stuen.

Der findes flere Konstruktioner af dobbelte

Vinduer. Den almindeligste er en indadgaaende Forsatsramme paa samme Karm som Ydervinduet, som Regel overfalset og af Træ eller Staal. Dette Vindue isolerer godt, naar det er tætslutende. Forsatsskydevinduer i selvstændig Karm er kun helt gode, saafremt de kan lukkes tæt, hvilket det ofte kniber med, da Glassene skal kunne skydes forbi hinanden.

Forsatsruder i løse Rammer, der ved Forvidere eller Koblingsbeslag fastgøres til Karmen, er billige og giver god Tæthed, og denne Konstruktion bør derfor anvendes paa Steder, hvor man kun har Brug for at lukke Vinduet op, naar det skal pudses.

Ved sammenkoblede dobbelte Vinduer faar man ikke den ekstra Tæthed i Falsen, som en Forsatsrude medfører, og man bør derfor ved disse Vinduer gøre sig ekstra Anstrengelse for at skabe Tæthed mellem Karm og Ramme. Koblede Vinduer udføres som udadgaaende eller indadgaaende, og som Skydevinduer eller Vippevinduer.

Der findes en Del færdige Anordninger med transparent Folie som Forsatsrude eller frit-hængende som Rullegardin. Fælles for dem alle er, at de isolerer godt, saafremt de sammen med Vinduet skaber et tæt Luftrum uden Forbindelse med Stueluften. I modsat Fald kan de kun give en Nedsættelse af Varmetabet paa ca. 10 %.

Fig. 9 viser nogle Konstruktioner af dobbelte Vinduer.

### Det dugfrie, dobbelte Vindue.

Ved enkelte Vinduer og ved de almindeligst anvendte dobbelte Vinduer plages man af Dug- og Isdannelse, der gør Vinduet uigennemsigtigt og virker generende ved, at Vandet løber ned paa Vinduespladen. Ved dobbelte Vinduer dannes Duggen oftest paa Indersiden af det yderste Glas.

Det dobbelte Vindue kan ved et simpelt Middel gøres dugfrit; man skal blot sørge for, at det inderste Vindue er tættere end det yderste Vindue.

Saafremt dette er Tilfældet, vil Vanddampene (der kommer indefra) have mindre Tilbageholdighed til at trænge ind i Luftmelletrummet end til at trænge fra Luftmelletrummet ud i det fri. Der vil derfor ikke blive tilført saa meget Vanddamp, at Luften vil blive mættet, og Vanddampene kondensere.

Det skal tilføjes, at de Utætheder, der her er Tale om, er saa smaa, at de kun tillader betydelig

ningsløse Luftstrømninger og heraf følgende Varmetab.

Det er *Forskellen* i Tæthed, der er afgørende, saa hvis det inderste Vindue er *meget* tæt, kan det yderste Vindue udføres med en saadan Tæthed, at Støv er udelukket fra at trænge ind. Da Dug i dette Tilfælde ikke kan dannes i Mellemrummet, har man saaledes Mulighed for at konstruere et dobbelt Vindue med faste Glas anbragte i en fælles Ramme, som er den billigste Konstruktion af et dobbelt Vindue.

Ved en Vinduesramme med to Lag Glas kan *Forskellen* i Tæthed udføres ved, at det inderste Glas lægges i Kit, og det yderste fastgøres ved Glaslister. Man kan ogsaa sætte det yderste Glas paa flere Sprosser end det inderste.

Ved koblede Vinduer kan den nævnte Forskel i Tæthed opnaas ved at lade det yderste Vindue være det, der kan lukkes op til Pudsning.

Ved Forsatsruder i løse Rammer, der fastgøres til Karmen, har man god Mulighed for at opnaa den nævnte Forskel i Tæthed.

### Den ideale Ydervæg.

I de senere Aar har man tilstræbt at gøre Ydervæggen saa tæt som muligt, især Ydersiden, fordi man kun regnede med den Fugtighed, der kommer udefra. I den allersidste Tid har man lært, at en for tæt Yderside kan medføre Dannelse af Kondensvand i Væggen, og at man, hvis man vil være sikret mod Kondensvand, skal gøre Indersiden tæt.

Hvis der er mange Mennesker i en Stue, hvis Ydervægge er tætte, vil Vandet drive ned ad Vinduerne, og Luften vil føles varm og trykkende, selvom Termometret ikke udviser en særlig høj Varmegrad. Alle Vinduer smækkes op, man nyder den friske Luft og fryser gerne lidt til Gengæld.

Aarsagen er, at den frembragte Vanddamp ikke kan komme tilstrækkelig hurtigt ud, og eventuelt ogsaa, at den fornødne Ilt ikke kan komme tilstrækkelig hurtigt ind. Derfor tvinges man til at lukke en Mængde kold Luft ind, for at den ved Opvarmning kan optage den overflødige Vanddamp, og for at man kan faa erstattet den iltfattige Luft.

*Den ideale Ydervæg* vilde tillade Vanddampene at passere udefter og Ilten at gaa indefter, uden at man var nødt til at slippe 79 % varm Kvælstof ud og tage 79 % kold Kvælstof ind og opvarme den.

Den ideale Ydervæg er varmeisolerende og saa tæt, at Luftstrømninger ikke kan gaa igennem den, men den tillader Luftarter, hvis partielle Tryk er forskellig paa de to Sider, at passere ved Diffusion.

En saadan Væg kan tænkes bestaaende af yderst et skælet Lag af et vandtæt Materiale, der hindrer Regnen i at gøre Væggen vaad, indenfor et varmeisolerende Lag, og inderst et Lag, der danner Vægbeklædning, og som derfor skal være stærkt nok til at modstaa nogen mekanisk Paa-virkning.

Alle 3 Lag er gennemtrængelige for Luftdiffusion, mest Yderbeklædningen, det varmeisolerende Lag noget mindre og mindst Vægbeklædningen, men Varmeisoleringen og Vægbeklædningen er tætte nok til at hindre Luftstrømninger. Disse Beklædninger bæres af en eller anden aaben bærende Konstruktion, saaledes at Væggen bestaar af 4 Elementer, der hver kun har 1 Hovedopgave og derfor kan udformes saa nær Idealet som muligt.

Maaske vilde man nøjes med at fremstille særlige „Vinduer“ med et Stof, der er særligt gennemtrængeligt for Vanddamp, men som ikke behøver at varmeisolere. Disse „Vinduer“ skulde man saa kunne lukke op til, naar man ønskede Luften regenereret.

### Det ideale Vindue.

Vinduernes Størrelse er Genstand for megen Uenighed. Arkitekterne kan ikke faa dem store nok, og Varmeingeniørerne kan ikke faa dem smaa nok.

Vinduerne bør være store, men de bør ogsaa være varmeisolerende.

Det store Vindue tillader en god Udnyttelse af Solvarmen, saaledes at det i visse Perioder af Aaret ligefrem kan spare paa Brændslet.

Vinduet bør ihvertfald have 2 Lag Glas.

Hvis det forsynes med tætte Skodder eller 1 Lag Glas til, kan det varmeisolere lige saa godt som en  $1\frac{1}{2}$  Stens Mur.

Glassene bør være saa tynde som muligt.

Store Vinduer maa kunne afblændes efter Behov. Saafremt Afblændingen anbringes i Luftmellemrummet mellem 2 Lag Glas, opnaar man 2 Fordele: 1) Solvarmen kan fuldstændigt udelukkes fra Opholdsrummet, og 2) Afblændingen formindsker Luftstrømninger i Mellemrummet og nedsætter derved Vinduets Varmetransmission.

*Per Brask.*