



Forblad

Varmeoverføring gennem bygningskonstruktioner

Axel Keller

Tidsskrifter

Arkitekten 1927, Ugehæfte

1927

MATERIALER OG METODER

VARMEOVERFØRING

GENNEM BYGNINGSKONSTRUKTIONER

Opvarmes Luften i et Rum til en Temperatur, der ligger højere end Omgivelsernes, opstaar en „Varmestrøm“ gennem den adskillende Begrænsning. Den følger visse fysiske Grundlove analogt med andre Strømninger f. Eks. Elektricitet. Saaledes betinges Styrken af en Varmestrøm gennem en Bygningsdel af Temperaturforskellen og „Varmemodstanden“, som fremkommer ved simpel Addition af Materialets Varmeledningsmodstand og visse Overgangsmo­dstande. Den reciproke Værdi af Varmemodstanden betegnes almindeligt med „Transmissionskoefficient“, og det er denne, der ved praktiske Beregninger alene benyttes til Bestemmelse af Varmeoverføringen gennem Bygningsdele.

Summanderne i den totale Varmemodstand er: Overflademodstanden ved Varmestrømmens Indtræden i Materialet, almindeligvis Indersiden, Overflademodstanden ved Udtrædelse, almindeligvis Ydersiden, og de enkelte Materialers Varmeledningsmodstand, samt event. Overgangsmo­dstandene ved Overgang fra det ene Materiale, hvoraf en Bygningsdel bestaar, til det andet. Medens den førstnævnte Modstand kun varierer lidt, naar Varmestrømmen gaar indefra og ud er den anden meget skiftende med Vejrliget (max. 0,13, normalt 0,07, min. 0,018). Overgangsmo­dstandene fra et Materiale til et andet varierer naturligt med den mere eller mindre intime Kontakt, i hvilken de to Materialer befinder sig, max. svarer til Overgangsmo­dstanden i et Luftmelle­rum (0,25).

Materialets *Varmeledningsmodstand* (reciprok Værdi: Varmeledningsevne) bestemmes udelukkende af Materialets Porevolumen, for samme Vægtfylde er den praktisk talt ens for alle Bygningsmaterialer undtagen Jærn, Staal og Metaller overhovedet. Det er saaledes eftervist, at alle Bygningsmaterialer, det være sig Granit eller Kieselguhr har en Vægt af omtrent 2700 kg pr. m³ i fuldstændig tør Tilstand, naar Porevolumnet er lig 0 pCt. (pulviseret og kompakt sammenpakket) og at Varmeledningsmodstanden forandrer sig med Porevolumnet som følger:

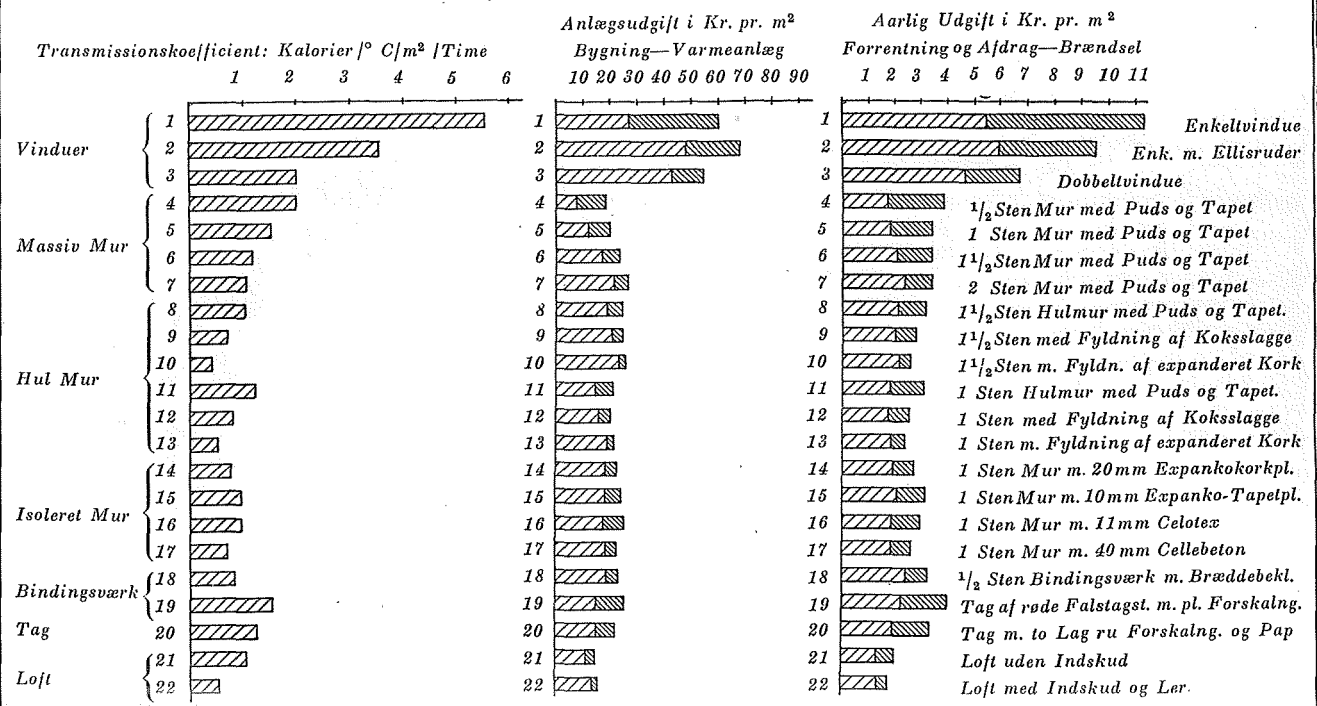
Porevolumen, pCt.	0	40	60	80	100
Varmeledningsmodstand	2,2	2,85	5,15	12,5	50

Den sidste Værdi (100 pCt.) gælder for fuldstændig stillestaaende Luft, som den forekommer i expanderede Materialer med ganske smaa Luftblærer, Expanderet Kork har saaledes i *fuldstændig tør* Tilstand Varmemodstanden 33,3 (Varmeledningsevne 0,03), Cellebeton med Vægtfylde 0,3 har Varmemodstand 20,5 (Varmeledningsevne 0,048).

Da hygroskopisk Vand har en forholdsvis ringe Varmeledningsmodstand paavirkes Materialets Varmemodstand stærkt af Fugtighed f. Eks. for en Teglstensmur med Puds paa begge Sider:

	Alder, Maaneder					gammel tør
	helt ny	4 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	9	12 ¹ / ₂	
Vægt pr. m ³	1860	1763	1748	1737	1775	1850
Volumen pCt. Fugtighed	25	3,4	1,9	1,0	0,5	—
Varmeledningsmodstand pr. m	0,84	1,19	1,35	1,54	1,67	2,85

Her i Landet maa der regnes med en Fugtighedsprocent af ca. 2, idet Fugtigheden i Almindelighed vil trænge et Stykke ind i Murværket og holde sig der. Ugunstigere Forhold forekommer dog desværre ogsaa. Den høje Varmeledningsmodstand af 2,85 opnaas kun under særlig gunstige Forhold f. Eks.



Til Grund for Beregningerne ligger Materialpriser og Arbejdsløn, som de betales her i København f. T., naar et Arbejde udbydes i Entreprise, i Prisen for Varme anlægget er regnet Bygningsomkostninger til Kedelrum, Skorsten etc. Til Forrentning, Vedligeholdelse og Afdrag er sat 8 pCt. for Byggeudgifterne, 10 pCt. for Varme anlægget af Hensyn til Kedlernes forholdsvis korte Levetid. Ved Beregning af Brændselsforbruget er Benyttelsestiden for Varme anlæggets Maximum efter rigelige praktiske Erfaringer sat til 2000 Timer aarlig og Koksprisen er antaget til 50 Kr. pr. Ton (Kr. 2 pr. hl).

Diagrammet viser først Transmissionskoefficienten for en Række forskellige Bygningskonstruktioner Nr. 1 til 22, dernæst Anlægsomkostningerne adskilt i Byggeomkostninger og Anlægsudgifter for Centralvarme anlægget. Ved Beregning af m²-Prisen for Bygningskonstruktioner er der ikke taget Hensyn til Fundamenter, Grundgravning etc., som jo nok kan falde noget forskellig ud for de forskellige Konstruktioner og Byggemaader, hvilket bl. a. medfører, at Diagrammet kun kan tjene til Orientering. Endelig er sidst vist de aarlige Driftsomkostninger delt i Forrentning, Vedligeholdelse og Afdrag og i Brændselsomkostninger. De enkelte Konstruktioner er følgende:

- Nr. 1. Enkeltvindue, for Beregning af Prisen er antaget et 4-rammet Vindue med Karmmaal 1,2 x 1,8 m, men m²-Prisen vil næppe variere meget for Vinduer af anden Konstruktion.
- Nr. 2. Samme Ramme men med „Ellisruder“.
- Nr. 3. Samme Ramme med enkelte Rudeglas og Forsatsrammer i 10 cm Afstand.
- Nr. 4. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten alm. Mur.
- Nr. 5. Tapet — 10 mm Puds — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 6. Tapet — 10 mm Puds — 1 1/2-Sten alm. Mur.
- Nr. 7. Tapet — 10 mm Puds — 2-Sten alm. Mur.
- Nr. 8. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten — 60 mm Luft — 1-Sten alm. Mur.

- Nr. 9. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten — 60 mm Koks slagge — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 10. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten — 60 mm expanderet Korksmuld imprægneret med Asfaltbeg — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 11. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten — 60 mm Luft — 1/2-Sten alm. Mur.
- Nr. 12. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten — 60 mm Koks slagge — 1/2-Sten alm. Mur.
- Nr. 13. Tapet — 10 mm Puds — 1/2-Sten — 60 mm expanderet Korksmuld som før — 1/2-Sten.
- Nr. 14. Tapet — 10 mm Rørpuds — 20 mm Expantokorkplader — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 15. Tapet — Rørpuds — 10 mm Expantokorkplader — 10 mm Puds — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 16. Tapet — 10 mm Rørpuds — 11 mm Celotex-Plader — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 17. Tapet — 10 mm Rørpuds — 40 mm Cellebeton (Vf. 0,3) — 1-Sten alm. Mur.
- Nr. 18. Tapet — 10 mm Rørpuds — 2 Lag ru Forskalningsbrædder med 2 mm ru Pap imellem — 1/2-Sten — 10 mm Luft — 5/4" pl. Brædder. 5 x 5" Stolper i ca. 1 m's Afstand.
- Nr. 19. Tapet — 10 mm Rørpuds — 1 Lag pl. Brædder — røde Falstagsten paa 5 x 5" Spær og Lægter.
- Nr. 20. Tapet — 10 mm Rørpuds — 2 Lag ru Forskalningsbrædder med 2 mm Pap imellem — røde Falstagsten paa 5 x 5" Spær og Lægter.
- Nr. 21. Etageskillelse mod uopvarmet Loftsrums: 10 mm Rørpuds — 3/4" Forskalningsbrædder — 150 mm Luft — pl. Gulvbrædder, 8 x 8" Bjælker i 1 Alens Afstand.
- Nr. 22. Samme Konstruktion som Nr. 21. men med Indskud og Ler.

Marts 1927.

Skema, der angiver Isolationsevne og Omkostninger ved en Del Byggematerialer, udarbejdet af Ingeniør A. Keller.

ved oliemalede Façader. Almindeligvis maa for Ydermure regnes med en Modstand af 1,4 pr. m Tykkelse, for indvendig Murpuds kan dog regnes med 3,0.

For en 1 1/2 Stens Mur med Puds paa indvendig Side beregnes den totale Varmemodstand eksempelvis: for 0,5 m Vind til 0,72 og for 16 m Vind til 0,67. Den væsentligste Modstand præsteres af Muren og Forsøgelsen af Vindhastigheden, der jo medfører en væsentlig Forringelse af Overgangsmodstanden paa Murens udvendige Side, formindsker kun den totale Varmemodstand med 6 pCt.

Helt anderledes stiller Forholdet sig ved Bygningsdele med

ringe Varmeledningsmodstand som f. Eks. et Enkeltvindue: Vinduet er overhovedet varmeteknisk set Bygningens ømm Punkt, Varmemodstanden udgøres saa godt som udelukkend af Overgangsmodstandene ude og inde og paavirkes derfor meget stærkt af Vind og Regn (Slagregn). Den stærke Afkøling af Luften langs med Vinduets Inderside fremkalder let Ubehag hos Beboerne og gør Vinduspladserne uegnet som Opholds sted, om ikke umulige. Mest generende virker dog de fine kolde Luftstråler, som af Vindtrykket paa Ydersiden af Ruden presses ind gennem Fugerne mellem Ramme og Karm For et Enkeltvindue er Varmemodstanden ved 0,5 m Vin

kun 0,183 og formindskes ved 16 m Vind til 0,125 altsaa med 31 pCt. Noget gunstigere stiller enkeltrammede Vinduer med dobbelt Glas („Ellisruder“) sig og næsten tilfredsstillende er Vinduer med Forsatsrammer som det fremgaar af nedenstaaende Sammenstilling af *Transmissionskoefficienter for Vinduer*:

Vindhastighed m/Sek.	0,5	1	2	4	6	10	14	16	Regn.
									max.
Enkeltvindue	5,5	5,9	6,6	7,2	7,5	7,7	8,0	8,1	9,4
Do. m. „Ellisruder“	3,5	3,8	4,2	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	5,0
Dobbeltvinduer (10 cm Afstand)	2,0	2,2	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6

Til Varmetabet ved Transmission kommer et i Reglen meget betydeligt Varmetab ved Luftlækager og „naturlig Ventilation“. For Murværks Vedkommende foreligger der amerikanske Undersøgelser, som viser, at det kun er meget ringe Luftmængder, der passerer selve Muren selv i stærk Blæst. Tapet gør Muren omtrent, Oliemaling helt tæt. Varmetabet ved indtrængende kold Luft er derfor i det væsentlige bundet til Vinduets og Yderdøres Utætheder (samt til Mansardetagens Vægge).

I Følge nogle Undersøgelser jeg har foretaget paa Prøvestand maa der regnes med følgende Luftmængder i m³ pr. Time og m Vinduesfals:

Vindhastighed m/Sek.	4	8	12	16	20
Ud ad aabnende Enkeltvindue	2,4	4,8	7,2	9,6	12
Alm. Dobbeltvindue	1,1	2,2	4,3	6,3	8,4
Jærnvindue med Dobbeltfals, <i>indad</i> aabnende, System „Braat“, Delft ca.	0,9	1,8	3,1	5,8	9,5

Nedenstaaende Eksempel illustrerer bedst Betydningen af Varmetabet ved Lækage i Forhold til Transmissionen, idet det bemærkes, at der er valgt en ugunstig Beliggenhed: Enkeltvindue 1,2 × 1,8 m, 10 m Fals, Beliggenhed S.Ø., max. Vindhastighed 16 m/Sek., samtidig Minimumstemperatur ÷3° C.:

Varmetab ved Transmission Kal./Time	Enkelt Vindue udad alm.Ruder	„Ellis“	Dobbelt- Vindue
	400	240	130
Varmetab ved Lækage Kal./Time	600	660	435
I alt . . .	1060	900	565

En Forringelse af Varmetabet ved Lækage (f. Eks. ved tætte False) vilde paavirke Anlægs- og i nogen Grad ogsaa Driftsomkostningerne ved Centralvarmeanlæg gunstigt. Der kræves dog hertil en forbedret Vindueskonstruktion. Derimod kan Lækagen mellem Vinduets Karm og Murhullet, der meget hyppigt giver Foranledning til et betydeligt Varmetab lettere undgaas ved Kalfatring og omhyggelig Fugning.

Til Formindskelse af Varmetabet gennem de i Reglen meget tynde Vindusbrystninger er en Isolering af Indersiden med expanderet Kork e. l. fordelagtig, navnlig hvis Varmeapparatet er anbragt under Vinduet. Men ogsaa andre Bygningsdele kan der blive Tale om at isolere mod Varmetab, dog er det jo ikke paa Forhaand givet, at enhver Foranstaltning til dette Formaal ogsaa betyder en Formindskelse af Driftsudgifterne, og jeg har derfor forsøgt at fremstille de almindeligste Bygningskonstruktioner, betragtet under en varmeteknisk Synsvinkel, saaledes at man hurtigt kan skaffe sig et Overblik over en Bygningskonstruktions Værdi m. H. t. Driftsomkostningerne. Dog bemærkes det, at Beregningerne og Diagrammet Side 42 maa betragtes som en Orientering, og at der derfor i hvert enkelt Tilfælde maa foretages en Efter-

regning, ligesom der ikke er taget Standpunkt til de Fordele den ene eller anden Konstruktion maatte have i andre Henseender, end netop den varmetekniske.

Kommentarer til Diagrammet turde iøvrigt være overflødige, for Læsere, der kunde ønske at fordybe sig nærmere i Enkeltheder, anføres nedenstaaende Literaturfortegnelse.

AXEL KELLER