

KAB - årbog 1931

VARMEGENNEMGANG GENNEM BYGNINGSKONSTRUKTIONER

Af Professor J. T. Lundbye.

Hensigten med en Bygning, der skal tjene til Bolig og Ophold, er den, at den skal yde Beskyttelse mod Vejr og Vind; men da Klimaet ikke er det samme i de forskellige Egne paa Jorden, bliver Kravene, der stilles til Boligerne og de dertil anvendte Bygningskonstruktioner, meget forskellige. I Troperne kan man nøjes med en Hytte af Palmeblade, medens man i Lapmarken maa bygge Jordhytter med meget tykke Vægge. I vort Klima har man i Aarhundreder anvendt brændte Teglsten som det almindeligste Bygningsmateriale, og man har af Erfaringens Vej fundet de Tykkelser, som omtrent giver en passende Mur, naar den baade skal have den fornødne Styrke og tillade en passende Opvarmning af Rummene. I disse hævdvundne Forhold har den moderne Teknik medført en stor Forandring. Først fremkom Betonen som Konkurrent til Murstenene, og senere opstod Jernbetonen, der tillod at efterligne det gamle Træbindingsværk, idet man støbte bærende Søjler, mellem hvilke der saa blot skulde anbringes Flager, som kunde begrænse Rummene, og man kom da hurtigt ind paa saa smaa Dimensioner, at Luftens Fugtighed i koldt Vejr fortættede sig paa Indersiden af dem, ganske som man kender det fra Vinduer, og en saadan Bolig maatte naturligvis blive fugtig og usund. Løsningen af den Opgave at bygge et billigere Hus havde ganske selvfølgelig ført til en ny Opgave: at forsyne de nye Huse med en passende Isolering.

Opgaven var ganske vist ikke ny, den havde ogsaa eksisteret i gamle Dage. Naar man i et gammelt Slot skulde opvarme en stor Festsal med de meget svære Mure, var det umuligt at faa disse gennemvarmede, og man kendte ogsaa Genen ved Vandet, der drev ned ad Muren og eventuelt løb hen ad Gulvet; men det undgik man ved at hænge Tæpper paa Væggen og saaledes hindre den varme fugtige Luft i direkte at møde den kolde Mur. Herfra stammer de gamle Gobeliner, som Væggene beklædtes med, eller de Lærredstapeter, som man hjalp sig med, naar man ikke havde Raad til Gobeliner. I vore Dage kastede Tekniken og Industrien sig over dette Spørgsmaal, og der er fremstillet en Mængde forskellige Stoffer til Isolering; men saa kom Spørgsmaalet: hvor tyk skulde Isoleringen være? og dernæst: kunde det ikke betale sig at indskrænke

mange andre Paavirkninger af Murens Varmeforhold gjorde sig gældende.

Har man derfor med ganske tynde Bygningskonstruktioner at gøre, hvor selve Varmekapaciteten ikke spiller nævneværdig Rolle; kan man nok regne med de stationære Forhold; men ved Mure af nogenlunde Tykkelse gælder det ikke. Man maa derfor efter min Mening lægge en Hovedvægt paa Overfladetemperaturen. Vi kender alle, hvorledes der dannes Isblomster paa Overfladen af en enkelt Rude i et behoet Rum, som Tegn paa, at Overfladetemperaturen synker ned under Frysepunktet; men ved dobbelte Ruder ser man aldrig dette — altsaa er Overfladetemperaturen her altid over Frysepunktet. Paa samme Maade vil Overfladetemperaturen af Væggene ogsaa svinge; men da Temperaturen her ligger meget højere, ser vi ikke disse Svingninger, og Maalingen er meget vanskelig. Til Gengæld er det sikkert af stor Vigtighed at have en passende høj Overfladetemperatur. Det er en kendt Sag, at man befinder sig godt ved en lavere Lufttemperatur i et Lokale med Centralvarme, og hvor Væggene derfor er mere opvarmede, end i et Lokale med intermitterende Opvarmning ved Hjælp af en Kakkellovn; og vi kender alle, hvor ubehageligt det er, naar man om Vinteren kommer ind i en Stue, der i lange Tider ikke har været opvarmet, selv om Lufttemperaturen her bringes langt højere, end man plejer at have den. Ogsaa Fodkulden over opvarmede Kælderrum eller aabne Portrum er jo kendt nok. Derfor er Maalingen af Overfladetemperaturen og Bestemmelsen af Midlerne til at bringe denne op en Sag af meget stor Betydning; men Maalingen er ret vanskelig, naar den skal være nøjagtig.

Lægerne maaler Hudtemperaturen ved Hjælp af Kvægsølvtermometre, hvis Beholder er spiralsnoet og lagt i en Plan vinkelret paa Maalesøjlen, og lignende Termometre med en Skala fra 0° til 20° C lod jeg fremstille. En eksakt Maaling faar man ikke ad denne Vej, selv om Termometerholderen beskyttes mod Lufttemperaturen; men til sammenlignende Forsøg kan Metoden godt benyttes. Professor Carl Jacobsen og jeg har arbejdet meget med at udfinde en Metode til at foretage Maalingen mere eksakt ad termoelektrisk Vej; men denne Maaling frembyder store Vanskeligheder, fordi det er saa smaa Varmemængder, der er Tale om, og Justeringen af Apparaterne derfor maa være meget nøjagtig, og den maa stadig gentages, da Termoelementerne ikke holder sig konstant. Jeg vilde dog være tilbøjelig til at tro, at man i Praksis kan faa fuldt tilfredsstillende Resultater med Kvægsølvtermometrene, i hvert Tilfælde er de Fejl, man endnu begaar ved Valget af Byggematerialer saa store, at de tydelig kan paavises ad denne Vej.

Da „Studiebyen“ ved Lundeussøen nord for København skulde bygges, ønskede Direktør F. C. Boldsen at faa foretaget nogle Forsøg med forskellige Byggematerialer, og der blev da i denne By opført 8 ganske ens og i Forhold til Verdenshjørnerne ensbeliggende Huse efter samme

mange andre Paavirkninger af Murens Varmeforhold gjorde sig gældende.

Har man derfor med ganske tynde Bygningskonstruktioner at gøre, hvor selve Varmekapaciteten ikke spiller nævneværdig Rolle; kan man nok regne med de stationære Forhold; men ved Mure af nogenlunde Tykkelse gælder det ikke. Man maa derfor efter min Mening lægge en Hovedvægt paa Overfladetemperaturen. Vi kender alle, hvorledes der dannes Isblomster paa Overfladen af en enkelt Rude i et behoet Rum, som Tegn paa, at Overfladetemperaturen synker ned under Frysepunktet; men ved dobbelte Ruder ser man aldrig dette — altsaa er Overfladetemperaturen her altid over Frysepunktet. Paa samme Maade vil Overfladetemperaturen af Væggene ogsaa svinge; men da Temperaturen her ligger meget højere, ser vi ikke disse Svingninger, og Maalingen er meget vanskelig. Til Gengæld er det sikkert af stor Vigtighed at have en passende høj Overfladetemperatur. Det er en kendt Sag, at man befinder sig godt ved en lavere Lufttemperatur i et Lokale med Centralvarme, og hvor Væggene derfor er mere opvarmede, end i et Lokale med intermitterende Opvarmning ved Hjælp af en Kakkellovn; og vi kender alle, hvor ubehageligt det er, naar man om Vinteren kommer ind i en Stue, der i lange Tider ikke har været opvarmet, selv om Lufttemperaturen her bringes langt højere, end man plejer at have den. Ogsaa Fodkulden over opvarmede Kælderrum eller aabne Portrum er jo kendt nok. Derfor er Maalingen af Overfladetemperaturen og Bestemmelsen af Midlerne til at bringe denne op en Sag af meget stor Betydning; men Maalingen er ret vanskelig, naar den skal være nøjagtig.

Lægerne maaler Hudtemperaturen ved Hjælp af Kvægsølvtermometre, hvis Beholder er spiralsnoet og lagt i en Plan vinkelret paa Maalesøjlen, og lignende Termometre med en Skala fra 0° til 20° C lod jeg fremstille. En eksakt Maaling faar man ikke ad denne Vej, selv om Termometerholderen beskyttes mod Lufttemperaturen; men til sammenlignende Forsøg kan Metoden godt benyttes. Professor Carl Jacobsen og jeg har arbejdet meget med at udfinde en Metode til at foretage Maalingen mere eksakt ad termoelektrisk Vej; men denne Maaling frembyder store Vanskeligheder, fordi det er saa smaa Varmemængder, der er Tale om, og Justeringen af Apparaterne derfor maa være meget nøjagtig, og den maa stadig gentages, da Termoelementerne ikke holder sig konstant. Jeg vilde dog være tilbøjelig til at tro, at man i Praksis kan faa fuldt tilfredsstillende Resultater med Kvægsølvtermometrene, i hvert Tilfælde er de Fejl, man endnu begaar ved Valget af Byggematerialer saa store, at de tydelig kan paavises ad denne Vej.

Da „Studiebyen“ ved Lundeussøen nord for København skulde bygges, ønskede Direktør F. C. Boldsen at faa foretaget nogle Forsøg med forskellige Byggematerialer, og der blev da i denne By opført 8 ganske ens og i Forhold til Verdenshjørnerne ensbeliggende Huse efter samme

$$k \text{ er } \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots}$$

idet $\delta_1, \delta_2 \dots$ er Tykkelsen af Væggens forskellige Lag
og $\lambda_1, \lambda_2 \dots$ Varmeledningskoefficienten for disse Lag.

Af Ligningen $h_1 (t_i \div t') = k (t_i \div t_u)$

$$\text{findes } t' = t_i \div \frac{k}{h_1} (t_i \div t_u)$$

og af Ligningen $h_2 (t'' \div t_u) = k (t_i \div t_u)$

$$\text{findes } t'' = t_u + \frac{k}{h_2} (t_i \div t_u)$$

h_1 kan for rolig Luft i et Værelse sættes til 6,

og h_2 kan for Luft med en Hastighed af 5,5 m/sek. sættes til 36,

λ er for de almindeligste Byggematerialer:

Murværk	0,35	Glas	0,35—0,85	Slaggebeton	0,2
Beton	0,65	Granit	0,60	Tørrepræparat	0,045
Ekspanko-Kork	0,035	Træ	0,1 —0,2	Puds	0,7

Paa denne Maade har han udregnet nogle Eksempler paa de Overfladetemperaturer, der fremkommer, naar der inde i et Lokale er $+20^\circ \text{C}$ og udenfor $\div 20^\circ \text{C}$ og stærk Vind — altsaa ganske vist de aller ugunstigste Forhold:

paa en Enkeltrude	$\div 13,3^\circ \text{C}$
„ „ Dobbeltrude	$+ 4,7$ „
„ „ 25 cm tyk Teglstensmur	$+ 8,7$ „
„ „ 38 „ „ „	$+ 11,3$ „
„ „ 51 „ „ „	$+ 12,7$ „
„ „ 64 „ „ „	$+ 14,0$ „

Heraf kan man let se, hvad det vil sige at sidde op ad et Vindue Vinteren igennem; hvor megen Gigt vilde Folk ikke kunne undgaa, hvis de flyttede deres Arbejdsplads ind i passende Afstand fra Vinduet? Mange klager over Træk ved Vinduerne; men hvad der mærkes som Træk er kun den Afkøling, der fremkommer ved Udstråling fra Legemet til den kolde Overflade paa Vinduet eller Væggen. Mod Fodkulden beskytter vi os ved Sivsko; men mod de kolde Vægge kan vi kun beskytte os ved at tage varmt Tøj paa eller ved at hæve Væggens Temperatur. I mangt et Kontor, hvor der kun varmes i nogle Timer, sidder Personalet tæt ved et stort Jernpengeskab, som sluger saa megen Varme, at det aldrig naar at følge med, og et saadant kan da kun være en kold Nabo.

I mange gamle Huse ser man endnu Træpaneler paa Indersiden af Ydermuren; dette er en ganske fortrinlig Foranstaltning; men Nutiden raader over mange andre Isoleringsstoffer. Vi maa være Direktør Boldsen

$$k \text{ er } \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots}$$

idet $\delta_1, \delta_2 \dots$ er Tykkelsen af Væggens forskellige Lag
og $\lambda_1, \lambda_2 \dots$ Varmeledningskoefficienten for disse Lag.

Af Ligningen $h_1 (t_i \div t') = k (t_i \div t_u)$

$$\text{findes } t' = t_i \div \frac{k}{h_1} (t_i \div t_u)$$

og af Ligningen $h_2 (t'' \div t_u) = k (t_i \div t_u)$

$$\text{findes } t'' = t_u + \frac{k}{h_2} (t_i \div t_u)$$

h_1 kan for rolig Luft i et Værelse sættes til 6,

og h_2 kan for Luft med en Hastighed af 5,5 m/sek. sættes til 36,

λ er for de almindeligste Byggematerialer:

Murværk	0,35	Glas	0,35—0,85	Slaggebeton	0,2
Beton	0,65	Granit	0,60	Tørrepræparat	0,045
Ekspanko-Kork	0,035	Træ	0,1 —0,2	Puds	0,7

Paa denne Maade har han udregnet nogle Eksempler paa de Overfladetemperaturer, der fremkommer, naar der inde i et Lokale er $+20^\circ \text{C}$ og udenfor $\div 20^\circ \text{C}$ og stærk Vind — altsaa ganske vist de aller ugunstigste Forhold:

paa en Enkeltrude	$\div 13,3^\circ \text{C}$
„ „ Dobbeltrude	+ 4,7 „
„ „ 25 cm tyk Teglstensmur	+ 8,7 „
„ „ 38 „ „ „	+ 11,3 „
„ „ 51 „ „ „	+ 12,7 „
„ „ 64 „ „ „	+ 14,0 „

Heraf kan man let se, hvad det vil sige at sidde op ad et Vindue Vinteren igennem; hvor megen Gigt vilde Folk ikke kunne undgaa, hvis de flyttede deres Arbejdsplads ind i passende Afstand fra Vinduet? Mange klager over Træk ved Vinduerne; men hvad der mærkes som Træk er kun den Afkøling, der fremkommer ved Udstråling fra Legemet til den kolde Overflade paa Vinduet eller Væggen. Mod Fodkulden beskytter vi os ved Sivsko; men mod de kolde Vægge kan vi kun beskytte os ved at tage varmt Tøj paa eller ved at hæve Væggens Temperatur. I mangt et Kontor, hvor der kun varmes i nogle Timer, sidder Personalet tæt ved et stort Jernpengeskab, som sluger saa megen Varme, at det aldrig naar at følge med, og et saadant kan da kun være en kold Nabo.

I mange gamle Huse ser man endnu Træpaneler paa Indersiden af Ydermuren; dette er en ganske fortrinlig Foranstaltning; men Nutiden raader over mange andre Isoleringsstoffer. Vi maa være Direktør Boldsen

