

Meddelelse nr. 1.

Laboratoriet for Varmeisolering

Danmarks tekniske højskole

SÆRTRYK ✕ INGENIØRENS UGEBLAD ✕ 24. JUNI 1960

FREDERIKSBORG AMTS AVIS' BOGTRYKKERI - HILLERØD

Varmeisolering

Danmarks tekniske Højskole har oprettet
nyt laboratorium, hvor byggematerialer ud-
sættes for klimapåvirkninger

*Af docent, civilingeniør Vagn Korsgaard,
Laboratoriet for Varmeisolering,
Danmarks tekniske Højskole*

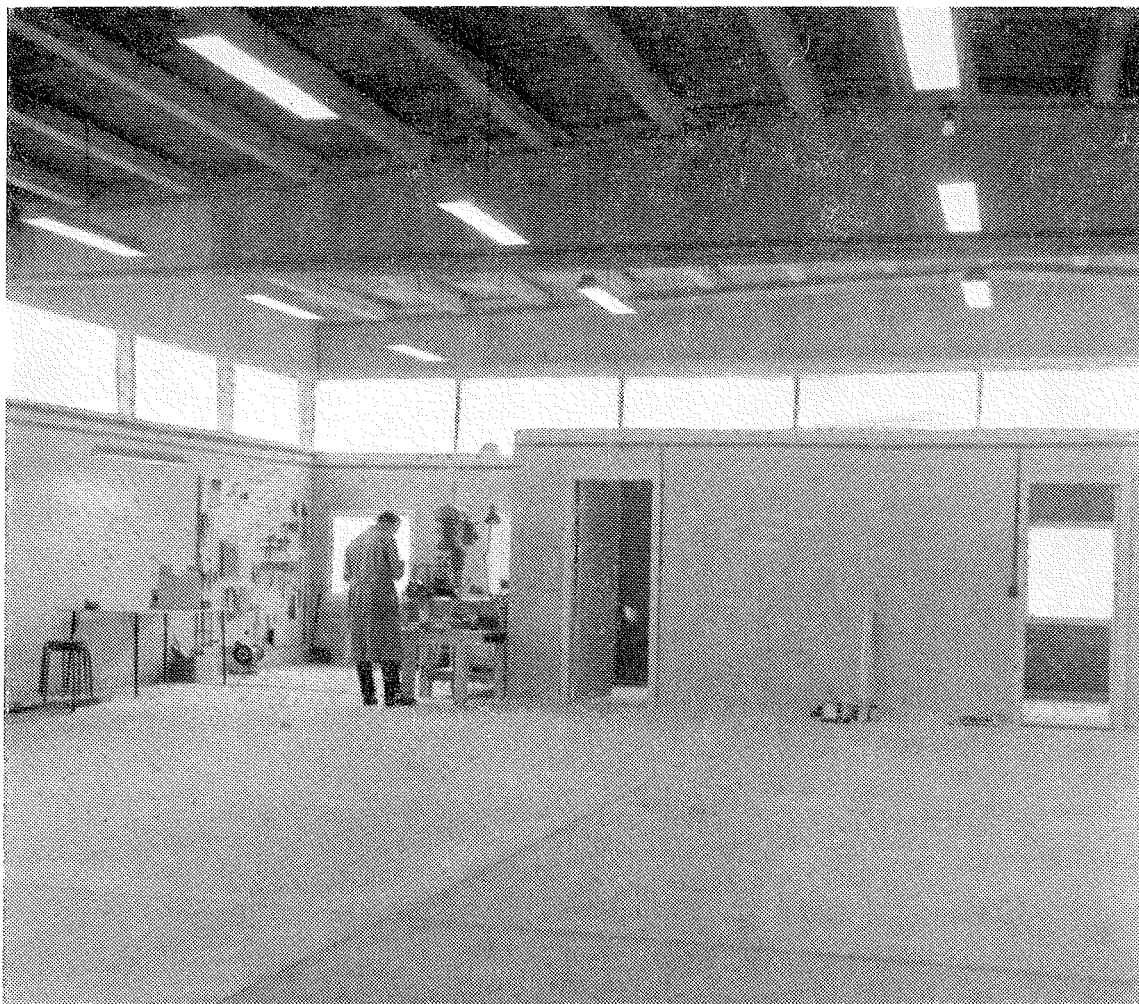
I de senere år er der udfoldet store bestræbelser inden for byggeindustrien på at finde frem til rationelle udformninger af bygningers skal, klimaskærmen, både med hensyn til fremstillingsmetoder og til klimaskærmens opbygning.

Klimaskærmen, der i hovedsagen udgøres af tag, ydervægge og vinduer, skal yde effektiv beskyttelse mod vind, regn og termiske

påvirkninger uden at give anledning til ulemper.

Det er imidlertid vanskeligt med sikkerhed på forhånd at afgøre, om en ny konstruktion vil opfylde de stillede krav, d. v. s. være brugbar i praksis. Det er indlysende, at det kan få store økonomiske konsekvenser, såfremt f. eks. et ydervægselement præfabrikeres i meget store serier og så, når husene er færdige og taget

i brug, viser sig ikke at opfylde de stillede krav. Alle hjælpemidler til på forhånd at sikre et godt resultat bør derfor tages i brug. Til disse hjælpemidler burde som en naturlig ting høre prøvning af prototyper i et laboratorium udstyret med det nødvendige apparatur, hvor de dels udsættes for det naturlige klima, dels for ekstreme, kunstigt frembragte klimapåvirkninger. Hidtil har en så-



Et hjørne af forsøgshallen med værksted og ingeniørkontorer.



Prøvehus til langtidsprøvning af bygningselementers isoleringsevne m. v.

den prøvning ikke været mulig her i landet, da vi ikke har haft et laboratorium udrustet til dette formål.

Prøvehus og forsøgshal

Dette forhold er der nu ved at blive rådet bod på, idet der ved Danmarks tekniske Højskole er oprettet et laboratorium for varmeisolering, hvor det bliver muligt at foretage sådanne prøvninger. Forholdet er jo det, at såfremt husets klimaskærm opfylder de krav, der må stilles til det ud fra varmetekniske betragtninger, så vil stort set alle andre krav på nær de rent styrkemæssige automatisk også være opfyldt.

Laboratoriet råder dels over et prøvehus, hvor vægelementer m. v. prøves, når de er udsat for det naturlige klima, dels over en forsøgshal, hvor der vil blive opstillet apparatur til prøvning af vægelementer m. v., når de udsættes for ekstreme klimaer. Begge bygninger er opført på den af Hydro- og Aerodynamisk Laboratorium ejede grund i Lundtofte. Forsøgshallen er opført som en forlæn-

gelse af dette laboratoriums vind-tunnelhal, så at hallen uden videre kan inddrages i dette laboratorium, når Laboratoriet for Varmeisolering ad åre flytter til den nye højskole.

18 forskellige ydervægs-konstruktioner

Facaderne i forsøgshuset, som er orienteret mod vest og mod øst, er inddelt i 20 lige store felter à $2,5 \times 1,2$ m. I felterne er indsat de ydervægs-konstruktioner, som skal prøves, ialt 18 forskellige, idet yderfelterne ikke benyttes. Hver type prøvevæg er bygget i to eksemplarer, en i vest- og en i øst-facaden, for om muligt at konstatere orienteringens indflydelse, idet vest er den mest fremherskende slagregnsretning. Vestfacaden er frit beliggende mod åben mark, østfacaden ligger beskyttet af andre bygninger.

Forsøgshuset holdes opvarmet til 20°C og en relativ luftfugtighed på 50%.

Primært bestemmes ugegen-nemsnit af vægelementernes var-

memodstand, sekundært fugtindhold og eventuelle synlige ændringer som fugtpletter og revnedannelser.

De anvendte målemetoder

Prøvevæggenes varmemodstand fra den indvendige til den udvendige overflade beregnes ved at dividere middeltemperaturforskellen mellem den indvendige og udvendige overflade pr. døgn med middelvarmestrømmen i samme døgn (analogi til Ohms lov).

Såfremt temperaturforløbet i prøvevæggen ikke er den samme ved døgnets slutning som ved dets begyndelse, indføres herved en fejl på grund af væggenes varmekapacitet. Det er dog muligt at korrigere delvis herfor. Ved at benytte perioder af flere døgnns længde afhængig af væggenes konstruktion, kan man i øvrigt med tilnærmelse se bort fra varmekapacitetens indflydelse.

Temperaturforskellen mellem en prøvevægs to overflader måles ved hjælp af kobber-konstantan termoelementer.

Varmestrømmen fra rummet og ind i prøvevæggen måles ved hjælp af termoelektriske varmestrømsmålere nedfældet i prøvevæggenes indvendige pudslag. På hver prøvevæg er monteret tre varmestrømsmålere forbundet i serie og tre overfladetermoelementer, ligeledes forbundet i serie.

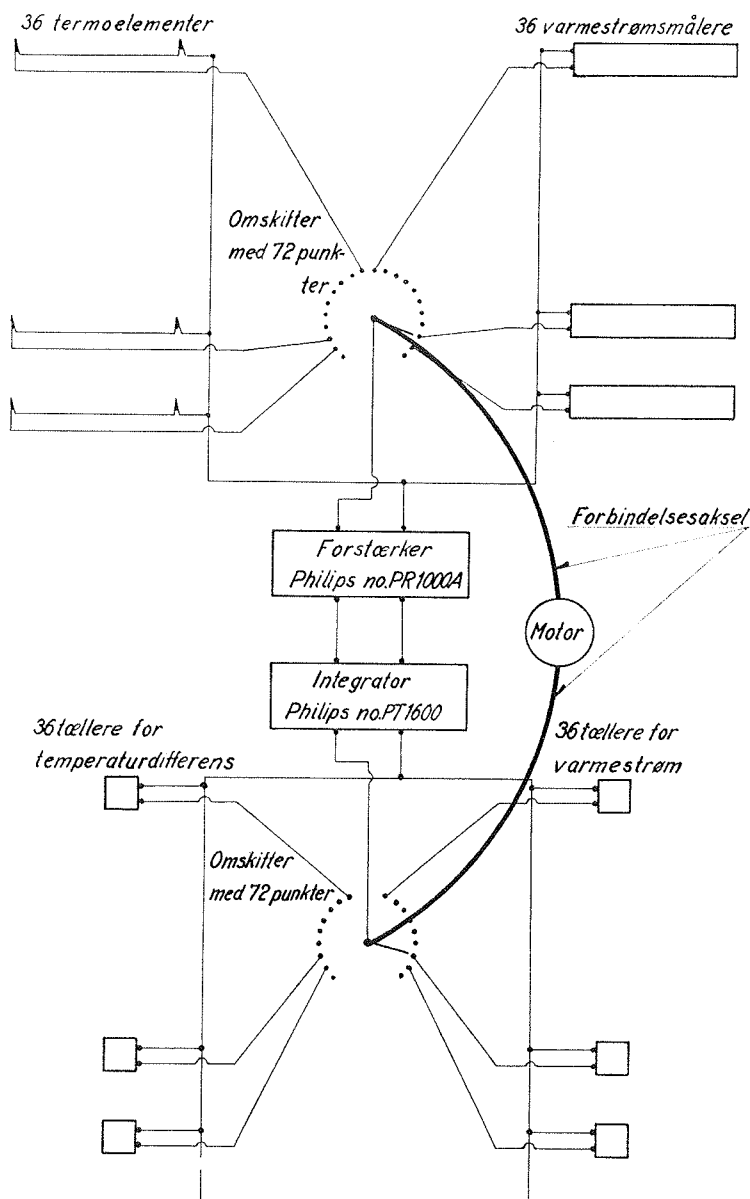
Varmestrømsmålere af en egnet konstruktion kan købes i udlandet men er ret kostbare, ca. 400 kr. pr. stk. Da der til de 2×18 prøvevægge skal benyttes ialt 108 stk. foruden et lignende antal til nogle planlagte gulv- og loftfelter, ville udgiften alene til varmestrømsmålere beløbe sig til ca. 80.000 kr., hvilket langt overstiger det beløb, der var til rådighed til forsøgshusets bygning og indretning. Laboratoriet besluttede derfor at fremstille sin egen termoelektriske varmestrømsmåler. Den består af en 4 mm tyk plexiglasplade 200 mm lang og 30 mm bred, over hvilken der er viklet 82 kobber-konstantan termoelementer i serie. Varmestrømsmålerens føl-

somhed er ca. $20 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h MV}}$ med en standardafvigelse på $0,5 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h MV}}$ på justeringen.

Varmestrømsmåleren kan i justeret udgave købes hos laboratoriet for 100 kr. pr. stk., og et mindre antal er allerede solgt til nogle kølehuse til indbygning i isoleringen for langtidskontrol med dennes godhed.

Temperaturforskel og varmestrøm

Ingeniører, som har prøvet at foretage målinger af en eller flere egenskaber ved et materiale eller en maskine i praksis, vil være be-



Principdiagram af det automatiske måle- og registreringsudstyr.

kendt med, at forsøgsmaterialet let svulmer op, så at det bliver næsten uoverkommeligt at bearbejde det, med mindre man råder over en større beregningsafdeling. Når der som her er tale om at følge i første omgang 2×18 vægelementers og senere et lignende antal gulv- og loftelementers varmeisoleringssevne døgnet for døgnet en vinter igennem under skiftende vejrforhold, er det absolut nødvendigt, at måle- og beregningsarbejdet rationaliseres. Eksempelvis ville det være helt uoverkommeligt at bestemme døgnmiddelværdier af temperaturforskelle og varmestrømme for de enkelte forsøgselementer, såfremt dette skulle gøres ved planimetrering af kurver.

For at begrænse det manuelle arbejde ved aflæsning og bearbejdning af målingerne mest muligt har laboratoriet derfor bygget den viste enhed til registre-

ring af målestørrelser.

Princippet i registreringen er valgt således, at tidsintegralet af temperaturforskellen henholdsvis varmestrømmen over en måleperiode fremkommer som en differens mellem to tal aflæst på en tæller ved henholdsvis måleperiodens begyndelse og slutning.

En prøvevægs middelvarmemodstand i en måleperiode uden korrektion for varmekapacitetens indflydelse fremkommer da ved at dividere differencen på tælleren for temperaturforskellen over væggen med differencen på tælleren for varmestrømmen og multiplicere med en justeringskonstant.

Et principdiagram for måleudrustningen er vist. De to tællere henholdsvis for temperaturforskelle og varmestrøm, som hører til hver af de 2×18 prøvevægge, tilsluttes de respektive målere i 12 sek. en gang hver halve time igennem to synkroniserede omskiftere. I en

måleperiode af et døgn varighed foretages der således måling af temperaturforskelle og varmestrøm ialt 48 gange. Tællerne affotograferes en gang hvert døgn. Filmen fremkaldes en gang om ugen, og middelvarmemodstandene beregnes.

Måle- og registreringsenheden er konstrueret og bygget på laboratoriets værksted af standardkomponenter af universitetsadjunkt, civilingeniør Th. Lund Madsen og laboratoriemester E. Strandberg Rasmussen.

Måleapparatet har været i drift siden november 1959 og har fuldt ud svaret til forventningerne.

Vejrets komponenter

Vindretning, vindhastighed, nedbør, slagregn, indstråling (sol), udstråling og lufttemperatur registreres ligeledes på tællere, som dog fotograferes en gang i timen, hvorved det er muligt at optegne de nævnte komponenters variation over døgnet.

En del af måleapparatet til registrering af vejrets komponenter er først blevet færdigt for nylig, således at der endnu ikke foreligger erfaring for dets godhed.

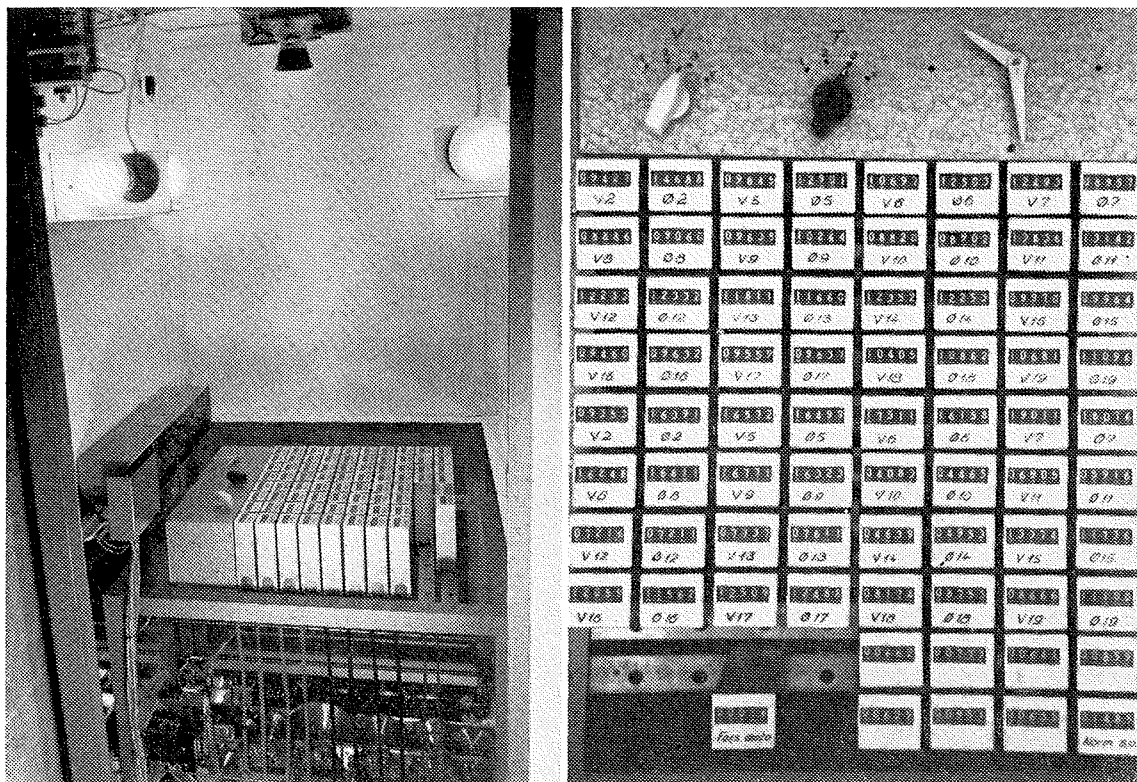
Forsøgshallens apparatur

I forsøgshallen vil der i løbet af de kommende år blive bygget og installeret følgende apparatur i det tempo, hvori de nødvendige pengemidler kan skaffes.

1. Klimaapparat til måling af bygningsdeles varmeisoleringssevne m. v., når de er udsat for ekstreme, kunstige klimapåvirkninger.
2. Slagregnsapparat til bestemmelse af bygningsdeles modstandsevne over for slagregn.
3. Vindtæthedsapparat til bestemmelse af bygningsdeles og fugers vindtæthed.
4. Varmestrømsapparat til måling af etageadskillelsers varmeisoleringssevne.

Slagregnsapparatet vil blive magen til det, som nu i nogle år har været benyttet af Norges Byggeforskningsinstituts laboratorium i Trondheim. Det vil blive bygget her i landet efter tegninger, som er stillet til rådighed af Norges Byggeforskningsinstitut.

Såfremt de nødvendige midler kan skaffes, er det laboratoriets hensigt at bygge en elektrisk analogregnemaskine til løsning af ikke-stationære og flerdimensionale varmetekniske problemer. På grund af den fuldstændige analogi imellem en varmestrøm og en elektrisk strøm i en homogen induktionsfri leder kan de analoge strømkredse opbygges alene af modstande og kondensatorer, hvorved analogen bliver forholdsvis billig, idet man undgår de mange og kostbare forstærkere.

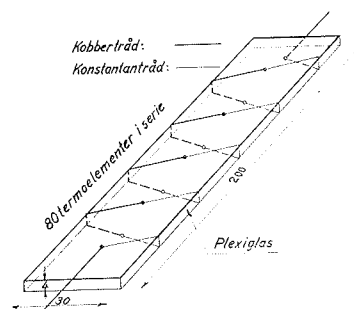


Til venstre apparatur til fotografisk registrering af termoelektriske målestørrelser. Til højre foto af tællere med måledata for 2×18 vægelementer.

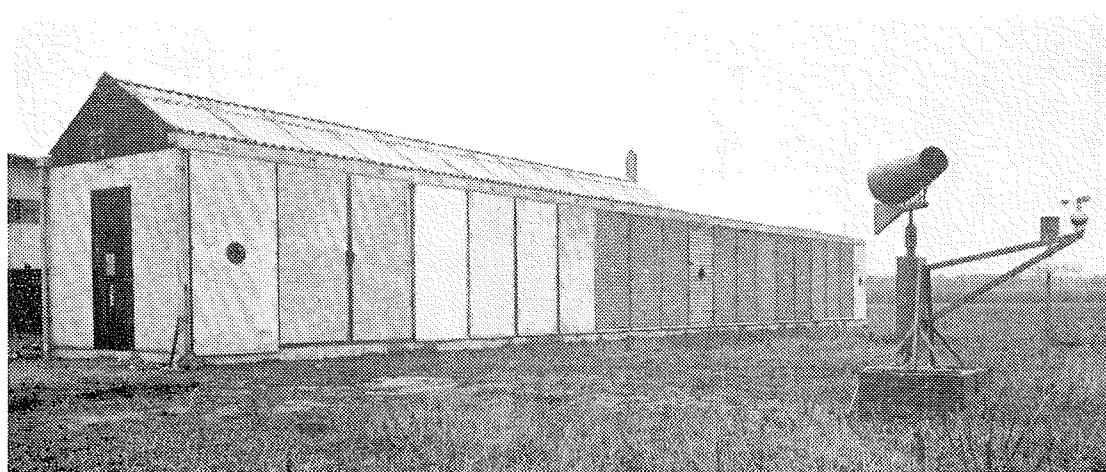
Selv om varmetekniske problemer af nævnt art principielt også kan løses af en cifferregnemaskine, f. eks. DASK, er der til laboratoriebrug så mange fordele af forskellig art ved at bruge en analogregnemaskine, at det vil være økonomisk forsvarligt at bygge en sådan.

Laboratoriet vil udover at foretage teknisk forskning og undervisning inden for sit specielle område i et vist omfang kunne påtage sig undersøgelser rekvirerede udefra. Eksempelvis kan

nævnes, at laboratoriet er i gang med en undersøgelsesrække over forskellige isoleringsmaterialers egnethed som hulmursfyld. Denne opgave gennemføres i samarbejde med Kalk- og Teglværkslaboratoriet og Statens Byggeforskningsinstitut og betales af Marshallmidler, stillet til rådighed af Boligministeriets Produktivitetsfundsudvalg. For Dansk Ingeniørforenings Rationaliseringsudvalg foretages prøvning af nogle sammensatte facadeelementer.



Principskitse af termoelektrisk varmestrømsmåler



Prøvehuset til langtidsprøvning af bygningselementers isoleringsevne m. v.