



LUND UNIVERSITY

Byggnadsteknisk brandforskning i Norden

Pettersson, Ove

1970

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Pettersson, O. (1970). *Byggnadsteknisk brandforskning i Norden*. (Bulletin of Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Bulletin 14; Vol. Bulletin 14). Lund Institute of Technology.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY · LUND · SWEDEN · 1970

DIVISION OF STRUCTURAL MECHANICS AND CONCRETE CONSTRUCTION · BULLETIN 14

BYGGNADSSTATIK
REFERENS

OVE PETTERSSON

BYGGNADSTEKNISK BRANDFORSKNING I NORDEN

Byggnadsteknisk brandforskning i Norden

Scandinavian Structural Fire Engineering Research

Professor OVE PETTERSSON · Institutionen för byggnadsstatik, Tekniska högskolan i Lund

Under den senaste 50-årsperioden har den årliga kostnadsomfattningen av de *direkta* brandskadorna i Sverige utvecklats enligt en tidskurva, som för 1920 ger 45 miljoner, 1930 30 miljoner, 1940 40 miljoner, 1950 80 miljoner, 1960 145 miljoner och 1968 270 miljoner kronor (fig. 1) Till dessa direkta kostnader kommer de *indirekta* brandskadekostnaderna från driftsstörningar, driftsstopp, missade konjunkturer, förlust av människoliv, arbete och bostäder, vilka är svåra att noggrant beräkna men som grovt kan uppskattas till att vara av samma storleksordning som de direkta brandskadekostnaderna. Den årliga kostnaden för *förebyggande brandskydd* uppgår till cirka 2 % av investeringsvolymen för byggnader eller till cirka 200 miljoner kronor. För *släckande*, statligt och kommunalt *brandskydd* investeras i Sverige årligen 150—200 miljoner kronor, vartill kommer kostnaderna för industriellt, släckande brandskydd, sprinkelanläggningar m. m. Läggts härtil kostnaderna för den till brandförsäkringsväsendet hörande *administrationen*, erhålls för de årliga, totala brandskydds- och brandskadekostnaderna i Sverige det starkt ungefärliga värdet 1 1/2 miljard kronor.

Övriga nordiska länder karakteriseras i stort av samma relativbild för de årliga brandskydds- och brandskadekostnaderna. I förhållande till Sverige gäller därvid för det samlade Norden en kostnadsmultiplikator av storleksordningen 3, d. v. s. de årliga, totala brandskydds- och brandskadekostnaderna i Norden kan grovt bedömas till att uppgå till värdet 4—5 miljarder svenska kronor.

Mot bakgrunden av en sådan kostnad är det i hög grad otillfredsställande att nödgas konstatera, att det nuvarande kunskapsunderlaget inom området tyvärr ej är sådant, att en kvalificerad dimensionering och utformning av det förebyggande och släckande brandskyddet i normalfallet är möjlig.

Karakteristiskt för brandforskningen har sedan

lång tid tillbaka varit en extrem knapphet på teoretiska arbeten och på den experimentella sidan en stark dominans av från målsynpunkt kraftigt begränsade provningar, varur betydelsefulla uppgifter kan hämtas för testad material eller testad konstruktion, men varur däremot ordinarie inga allmängiltiga slutsatser kan dragas. Systematiska, långsiktiga forskningsarbeten har hittills varit förhållandevis tunn-sådda i litteraturen inom området.

Som följd härav är vårt kvalificerade vetande inom brandområdet för närvarande starkt otillräckligt, vilket skapar stora svårigheter för en konstruktivt-funktionellt väl genomarbetad utformning av det förebyggande och släckande brandskyddet. Förhållandet har framtvingat ett på ofta schablonmässiga föreskrifter och rekommendationer baserat dimensioneringsförfarande, som i flertalet fall resulterar i kostnadskrävande överdimensioneringar och kostnadsfördelningar inom det totala brandskyddsområdet, som kan ligga långt från de optimala. Det kan bedömas som sannolikt, att nuvarande onyanserade dimensioneringsförfarande i förhållande till ett funktionellt mera korrekt förfarande innebär årliga kostnadstillskott, som för Norden kan uppskattas inte understiga 1/2 miljard kronor.

De konstaterade förhållandena ger hög prioritet för ett intensifierat brandtekniskt forsknings- och utvecklingsarbete, som genom en stark systematisering och långsiktig planläggning inom rimlig tid kan föra fram till ett mera kvalificerat dimensioneringsförfarande med som resultat såväl en reduktion av de totala årliga brandskydds- och brandskadekostnaderna som en mera optimal fördelning av investeringarna inom detta reducerade belopp.

Genom i väsentlig omfattning nordiska insatser har under de senaste åren angivits nya principer för ett kvalificerat dimensioneringsförfarande inom delområdet förebyggande brandskydd, vilket förfarande

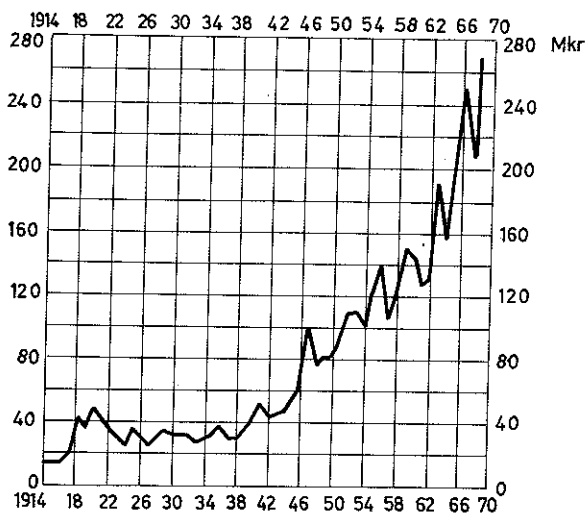


Fig. 1. Den årliga kostnadsomfattningen av de direkta brandskadorna i Sverige för perioden 1914—1968.

Volume of annual direct costs incurred in Sweden by fire damage during the period 1914—1968.

kan bedömas som uppnåeligt genom ett rimligt omfattande forsknings- och utvecklingsarbete. För att underlätta ett med hänsyn härtill målmedvetet val av forskningsuppgifter och för att samtidigt också stimulera till en rationell forskningssamverkan över nationsgränser har inom de Nordiska Brandlaboratoriernas Samarbetskommitté (NBS) och inom Samarbetsgruppen för Nordiska Byggforskningsmöten (NBM) utarbetats ett långsiktigt program för nordisk brandteknisk forskning, vilket kraftigt uppmärksammas i den internationella fackpressen.

Inom ramen för detta program har inom Norden en förhållandevis omfattande teoretisk och experimentell brandteknisk forskningsverksamhet börjat byggas upp med kraftsamling inom det underområde av det förebyggande brandskyddet, som omfattar brandteknisk dimensionering av bärande och brandavskiljande byggnadskonstruktioner. Till behandling har därvid primärt upptagits sådana uppgifter, som genom sina resultat snarast skall ge det kompletterande kunskapsunderlag, som fordras för en övergång från det internationella nulägetes schablonmässiga dimensioneringsförfarande till en kvalificerad, funktionellt underbyggd brandteknisk dimensionering.

Till behandling upptagna uppgifter kan i stort uppdelas i följande huvudgrupper, vilka samtidigt utgör väsentliga etapper i en kvalificerad brandteknisk dimensionering av bärande och brandavskiljande konstruktioner:

1. Brandbelastning
2. Brandförlopp
3. Konstruktionsmaterialens egenskaper inom för brandpåverkan aktuellt temperaturområde
4. Temperatur-tid-fält för brandpåverkade konstruktioner
5. Brandpåverkade konstruktioners verknings sätt och bärformåga.

I anslutning till en sådan huvudgruppering ges i det följande en summarisk redogörelse för några väsentliga frågeställningar med punktvis exemplifiering av resultat från några pågående eller nyligen avslutade svenska eller nordiska brandforskningsuppgifter.

Brandbelastning

Brandbelastningen utgör en karakterisering av i en brandcell förekommande brännbart material, inklusive byggnadsstomme, inredning, beklädnad och golveläggning. Med brandcell avses därvid sådan del av byggnad, inom vilken en brand fritt kan utvecklas utan att under för lokaltypen förutsatt tid spridas till annan del av byggnaden. Exempel på brandcell utgör bostadslägenhet, kontorslägenhet, trapphus och pannrum.

Som primärt krav för en brandbelastningskarakterisering bör gälla att den så fullständigt beskriver de förbränningstekniska förutsättningarna för en brand, att dennas temperatur-tid-förlopp med för praktiska förhållanden tillfredsställande noggrannhet skall kunna förutberäknas. Den brandbelastningskarakterisering, som för närvarande tillämpas i olika länders föreskrifter, vilken anger brandbelastningen som den mot förekommande mängd brännbart material svarande, värmevärdemässigt ekvivalenta mängden trä i kg per m² golvyta av brandcellen, uppfyller icke detta primärkrav. Redovisningssättet är dels alltför onyanserat och dels förbränningstek-

niskt oegentligt, därigenom att storheten bränslemängd per golvytenhet saknar fysikalisk innebörd som en för ett brandförlopp karakteristisk parameter.

En utveckling i riktning mot en förbränningstekniskt bättre underbyggd brandbelastningskarakterisering har därför hög prioritet. Ett steg i denna riktning har som följd av svenska forskningsinsatser tagits genom Svensk Byggnorm 67 och försöksnormen »Aluminiumkonstruktioner», i vilka handlingar Sverige som första land i världen övergått till att ange brandbelastningen som den sammanlagda värmemängd q (Mcal/m²), som, refererad till ytenhet av brandcellens totala omslutningsyta A_t (m²), frigörs vid en fullständig förbränning av allt brännbart material i brandcellen, d. v. s. brandbelastningen bestäms genom sambandet

$$q = \frac{1}{A_t} \sum m_v H_v \dots \dots \dots (1)$$

med m_v = totala vikten i kg och H_v = effektiva värmevärdet i Mcal/kg för varje enskilt brännbart material v i brandcellen. Med referens till en sådan brandbelastningskarakterisering pågår för närvarande i Sverige ett statistiskt fältinventeringsarbete, omfattande brandceller i bostäder, kontor, skolor och sjukhus. Ett fragmentariskt exempel på framtaget material ger figur 2, i vilken redovisas ett fördelningsdiagram med representativitet för brandbelastningen i moderna svenska storsjukhus.

Hög angelägenhetsgrad har forskningsinsatser som kan leda till en möjligast snar övergång till en i förhållande till ekv. (1) vidareutvecklad brandbelastningsberäkning över samband av typen

$$q = \frac{1}{A_t} \sum \mu_v m_v H_v \dots \dots \dots (2)$$

varvid μ_v utgör en dimensionslös koefficient med sifvervärden mellan 0 och 1, vilken för varje enskild brandbelastningskomponent v anger graden av reell förbränning. Koefficienten μ_v är därvid en funktion av bl. a. bränsletyp, bränslets geometriska karakteristika och bränslets placering i brandcellen. På längre sikt är vidare en utveckling mot en förbränningstekniskt mer nyanserad karakterisering av brandbelastningen ofrånkomlig. En framkomlig väg synes därvid

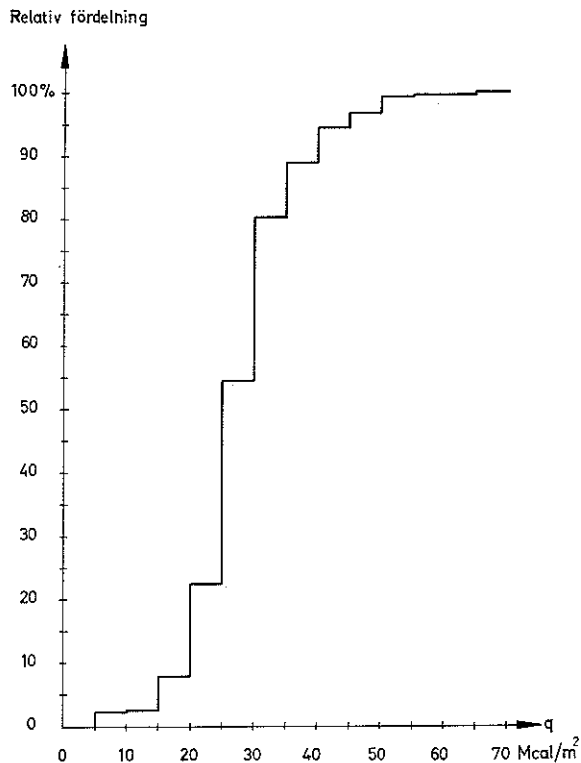


Fig. 2. Fördelningsdiagram för brandbelastningen q , definierad enligt ekvation (1), med representativitet för modernt svenskt storsjukhus. Värdena inkluderar i beklädnader och golvbeläggning ingående brännbart material. Antal objekt = 268, medelvärde = 27,6 och standardavvikelse = 8,6 Mcal/m² omslutningsyta.

Distribution curve of fire load q , defined by Eq. (1) and representative to great modern Swedish hospitals. The values include combustible materials in wall and floor coverings. Number of objects = 268, average value = 27.6 and standard deviation = 8.6 Mcal per square metre of the total area of the surfaces bounding the room.

vara en redovisning av såväl brandbelastningens värmevärde q enligt ekv. (2) som tidsvariationen för förbränningshastighet samt för flammors, glödande partiklars och rökgasers strålningstal. Därigenom introduceras som ytterligare väsentliga influenser utöver de ovan för brandbelastningen q nämnda materialens antändningstemperatur — eller för vissa materialtyper för antändning och underhållen förbränning erforderlig värmeflödestillförsel — brandbelastningskomponenternas finfördelningsgrad eller porositetsfaktor samt brandcellens ventilationskarakteristika. Förbränningsstudier — i dominerande omfattning

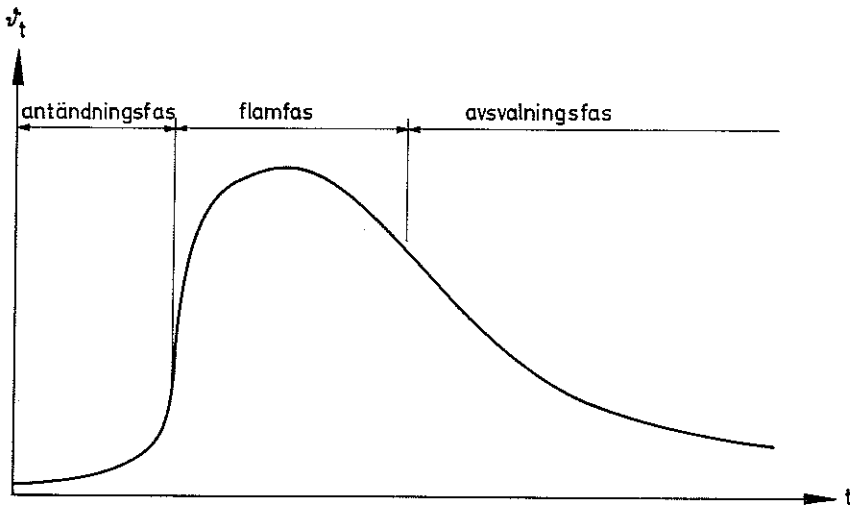


Fig. 3. Gastemperatur-tid-kurva för fullständigt brandförlopp, omfattande antändningsfas, flam- eller uppvärmningsfas samt avsvlningsfas.

Gastemperature-time curve of the complete process of fire development, comprising the phases of ignition, flaming or heating and cooling.

genomförda i modellskala — för en mera ingående kartläggning av dessa influenser pågår i bl. a. Sverige.

Brandförlopp

Allmänt omfattar en brandteknisk dimensionering ett teoretiskt eller experimentellt påvisande av att brandpåverkad konstruktion med hänsyn till gällande karakteristika för brandbelastning, brandförlopp och brandvaraktighet uppfyller ställda funktionskrav. För en bärande konstruktion innebär detta ett påvisande av att konstruktionen ej kollapsar under aktuellt brandförlopp omfattande antändningsfas, flam- eller uppvärmningsfas samt avsvlningsfas (fig. 3). För en brandavskiljande konstruktion innebär normenligt ställda dimensioneringsfordringar dels ett krav på täthet mot genomsläpp av flammor och dels ett krav för hela brandförloppet beträffande maximal temperaturökning på den från branden vända sidan av den avskiljande konstruktionen.

Mot bakgrund härav framträder som angelägna sådana forskningsinsatser som kan leda till ett möjligast nyanserat kunskapsunderlag och ett möjligast förenklat beräkningsförfarande för en bestämning i varje enskilt fall av det fullständiga brandförloppets gastemperatur-tid-kurva. Alternativa angreppsvägar utgör därvid fullskaleförsök, modellförsök samt teoretiska beräkningar över värme- och massbalanskvationer.

Brandförloppsstudier genom fullskaleförsök

Under de senaste åren har i Norden genomförts ett flertal omfattande experimentella undersökningar i fullskala av brandförloppet i för ändamålet särskilt uppförda försöksbyggnader. Undersökningarna har primärt omfattat dels en kartläggning av förbränningstekniska karakteristika för brandförloppet vid brand i slutet rum och dels en systematisk bestämning av de termiska påverkningar som vid en brand i ett enstaka rum uppkommer mot ytskikten i en korridor som genom en dörröppning står i förbindelse med brandrummet eller mot en fasadväggs ut-sida eller vertikal ventilationskanals insida, då dessa komponenter ingår i en flervåningsbyggnad.

Studier av brandförloppet vid brand i slutet rum har därvid genomförts dels i en vid Tekniska högskolan i Stockholm uppförd betongelementtunnel av halvcylindrisk form med 75 m² total omslutningsyta och 46 m³ innesluten volym (fig. 4) och dels i ett i Rosersberg uppfört försökshus, som med bjälklag av betong och väggar av betong eller lättbetong givits en starkt flexibel utformning med möjlighet för varierande rums- och lägenhetsbildning i skalorna 1:1, 1:2 och 1:4. I den förstnämnda försöksanläggningen har för dels träbränsle och dels flytande bränsle (fotogen) systematiskt bestämts de till brandförloppets olika faser hörande gastemperatur-tid-kurvorna vid bränder med renodlade och noggrant kontrollerade förutsättningar. Utöver bränsletyp har vid för-

söksserien varierats bränslemängd, bränslets finfördelning eller porositet samt per tidsenhet tillförd volym förbränningsluft, vilken reglerats och uppmäts genom vid tunnelns båda ändar placerade förkalibrerade fläktsystem. I försöks huset i Rosersberg genomförda försöksserier har omfattat ett detaljerat studium av brandspridning och brandförlopp i rum och rumskombinationer med utformning och möblering som är för bostadslägenheter representativa. Rumsgeometri och möblering här därvid valts på grundval av ett genom fältstudier framtaget statistiskt underlag för möblering och inredning av förorts- och innerstadslägenheter i Stockholm. Primärt har försöksserien syftat till en möjligast noggrann kartläggning av brandförloppets olika faser med viss prioritering för antändningsfasen. Sekundärt har försöksserien som mera begränsade målsättningar haft en bestämning av största brandspridningsavstånd mellan möbler av olika typer och av erforderlig mängd brännbart material för övertändning av ett rum vid varierande rumsstorlek, rumsgeometri och ventilation. Vid undersökningen har registrerats tidsvariationen av temperatur och gashastighet i karakteristiska punkter, strålning, gassammansättning samt förbränningshastighet genom kontinuerlig vägning av bränslemängden i brandrummet.

Som illustration av resultatredovisning från de båda undersökningarna återges i figur 5 genom heldragna kurvor vid den förstnämnda undersökningen bestämda gastemperatur-tid-samband för en brandbelastning av 675 kg furuvirke med hydraulisk radie 1 cm och vid en lufttillförsel av 0,7 m³/s och i figur 6 vid den senare undersökningen uppmätt tidsvariation av i olika punkter av brandrummet uppträdande rök-gastemperatur för enpersons- och tvåpersonssovrum med för bostadslägenheter statistiskt representativa rumsgeometri- och inredningsdata. Av den senare figuren framgår att medan för tvåpersonssovrummet en övertändning leder till en flamfas med maximala gastemperaturer av storleksordningen 600–700° C karakteriseras enpersonssovrummets gastemperatur-tid-kurvor i stället av ett tvåpuckligt förlopp med väsentligt lägre maximala gastemperaturvärden, vilket indikerar en gruppvis successiv förbränning av brandrummets möblering och inredning utan någon övertändning.

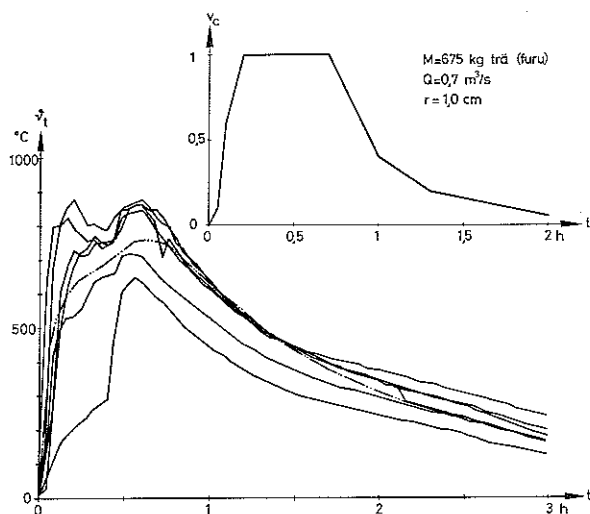


Fig. 5. Gastemperatur-tid-kurvor, upptagna i några olika punkter av det i figur 4 visade brandrummet för ostörd brand med träbränsle vid lufttillförselmängden $Q = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, bränslemängden $M = 675 \text{ kg}$ och bränslets hydrauliska radie $r = 1,0 \text{ cm}$ (heldragna kurvor) [Ödeen 1968]. För jämförelse har inlagts som streckmarkerad kurva ur brandrummets värme- och massbalanskvationer teoretiskt beräknat brandförlopp samt genom delfigur vid denna beräkning förutsatt tidsvariation för per tidsenhet frigjord värmemängd v_c [Magnusson—Thelandersson 1969].

Gastemperature-time curves determined at different points in the test tunnel shown in Figure 4 (full-line curves). Fuel: wood. Rates of combustion air supply $Q = 0.7 \text{ m}^3 \text{ per sec}$, amount of fuel $M = 675 \text{ kg}$ and hydraulic radius of the fuel $r = 1.0 \text{ cm}$ (heldragna kurvor) [Ödeen 1968]. For comparison is shown by the dash-line curve the temperature-time variation, theoretically calculated from the heat and mass balance equations of the fire room and in a separate figure the time curve of heat release per unit of time v_c , assumed for the theoretical calculation [Magnusson—Thelandersson 1969].

En systematisk bestämning av de termiska påverkningar, som vid brand i ett enstaka rum uppträder mot ytskikten i en korridor, som genom en dörröppning står i förbindelse med brandrummet, har som en nordisk samarbetsuppgift genomförts vid Statsprøveanstalten i Köpenhamn i en för ändamålet uppförd försöksbyggnad med utformning enligt figur 7. Försöksbyggnaden innehåller ett brandrum med planmått $2 \times 2,8 \text{ m}^2$ och höjden 2,5 m, vilket genom en dörröppning står i förbindelse med en 12 m lång korridor med fri bredd 1 m och fri höjd 2,55 m. Korridoren är i sin ena ände sluten och i sin andra ände helt öppen. Korridorrens tak och väggar har lätt utbytbar invändig beklädnad, vilket möjliggjort ett systematiskt studium av från en brand i

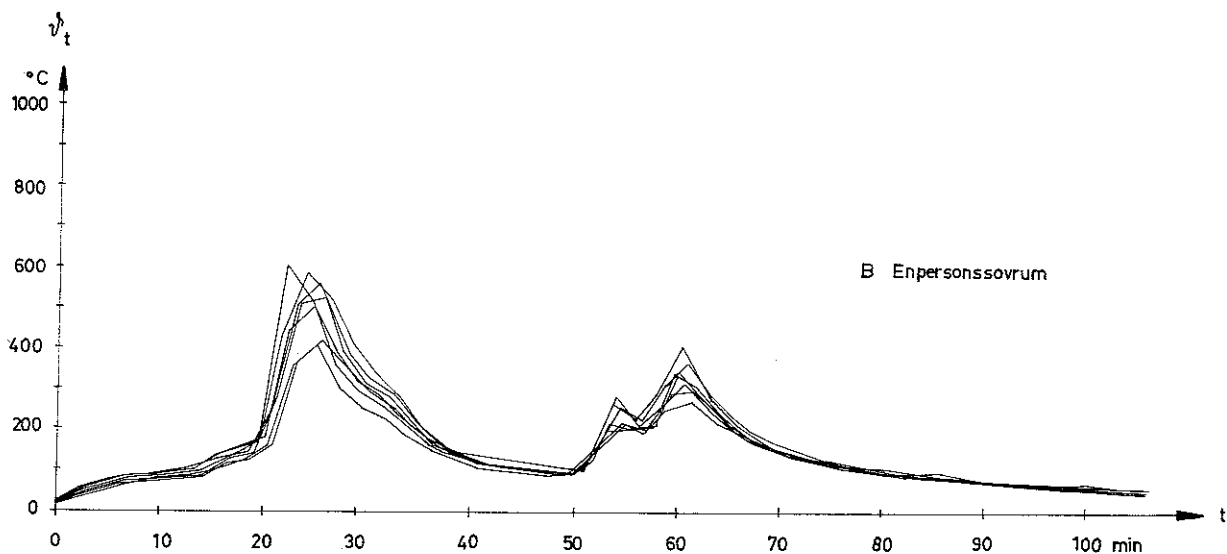
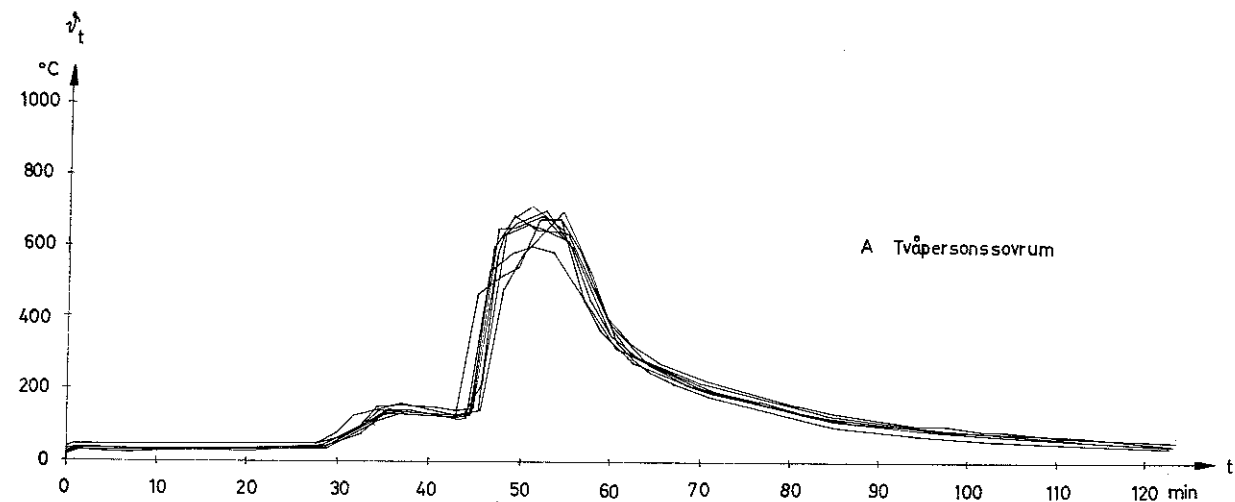


Fig. 6. I olika punkter av två- respektive enpersonssovrum med karakteristika enligt nedan bestämd tidsvariation av brandgastemperaturen. A. Tvåpersonssovrum: golvyta = 10,4 m², omslutningsyta = 51,3 m², fönsteryta = 1,16 m², brandbelastning = 16,7 Mcal/m² omslutningsyta. B. Enpersonssovrum: golvyta = 10,4 m², omslutningsyta = 51,3 m², fönsteryta = 1,16 m², brandbelastning = 11,4 Mcal/m² omslutningsyta [Sjölén 1969].

Gas temperature-time curves determined at different points in two-persons and one-person bedrooms respectively having characteristics as below. A. Two-persons bedroom: floor area = 10.4 m², total area of surfaces bounding the room = 51.3 m², window area = 1.16 m², fire load = 16.7 Mcal/m² total area. B. One-person bedroom: floor area = 10.4 m², total area of surfaces bounding the room = 51.3 m², window area = 1.16 m², fire load = 11.4 Mcal/m² total area [Sjölén 1969].

brandrummet härrörande termisk påverkan mot korridorrens innerytor vid varierande karakteristika för dessa. Problematiken har aktualitet för t. ex. hotell, kontor och passagerarfartyg.

Vid undersökningen har kontinuerligt registrerats tidsvariationen av förbränningshastigheten i brandrummet samt brandgastemperatur, gashastighet, gasammansättning, gasernas statiska tryck, väggtempe-

Fig. 7. Plan och tvärsnitt av försöksbyggnad, uppförd vid Statspröveanstalten i Köbenhavn för studium av brandspridning från brandrum till utanförliggande korridor [Malmstedt—Christensen—Lohse 1967].

Ground plan and cross section of fire test house, erected at the Danish State Testing Laboratory, Copenhagen, for studies of the spread of fire from a chamber to a corridor [Malmstedt—Christensen—Lohse 1967].

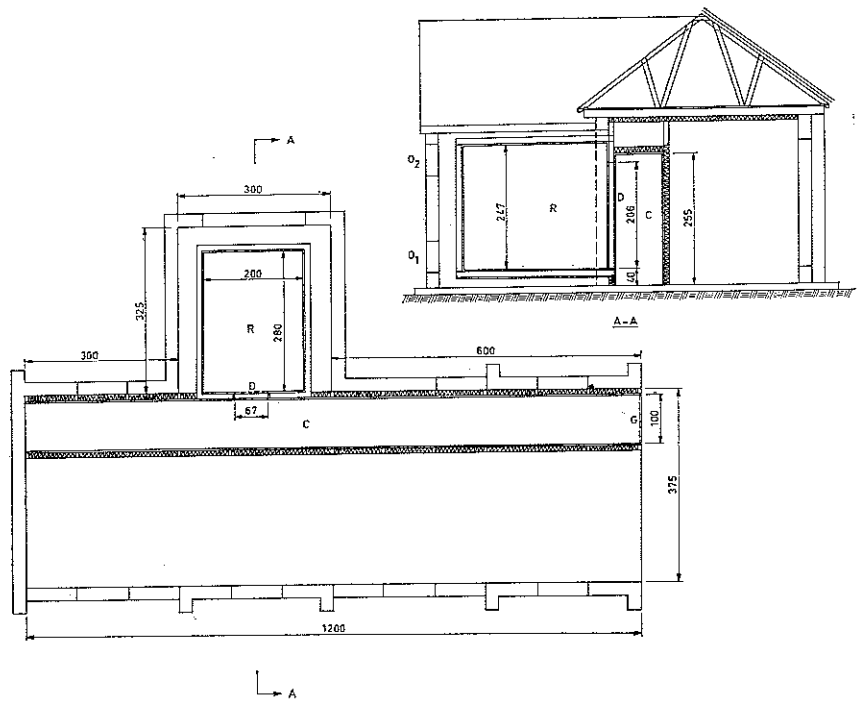
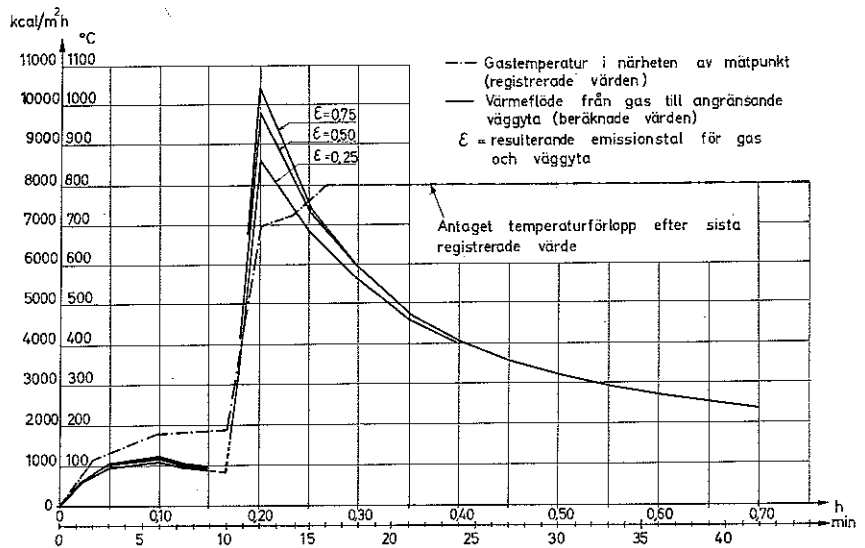


Fig. 8. För varierande resulterande emissionstal ϵ beräknad tidsvariation av värmeflödet mot korridorväggyta, bestämd med utgångspunkt från vid brandförsök i den i figur 7 visade försöksbyggnaden registrerade temperaturer [Ödeen].

Time curve of heat flow against a wall surface of the corridor, theoretically calculated on the basis of temperatures recorded at a fire test in the test house shown in Figure 7 [Ödeen]



ratur och värmeflöde genom konvektion och strålning i olika punkter av korridor och brandrum. Exemplifierande belysning av vid undersökningen erhållna resultat ger figur 8, som för ett brandförsök med

obrännbart material i korridorbeklädnaden genom de heldragna kurvorna redovisar ur registrerade temperaturer teoretiskt beräknad tidsvariation av värmeflödet mot korridorväggyta för tre olika värden av

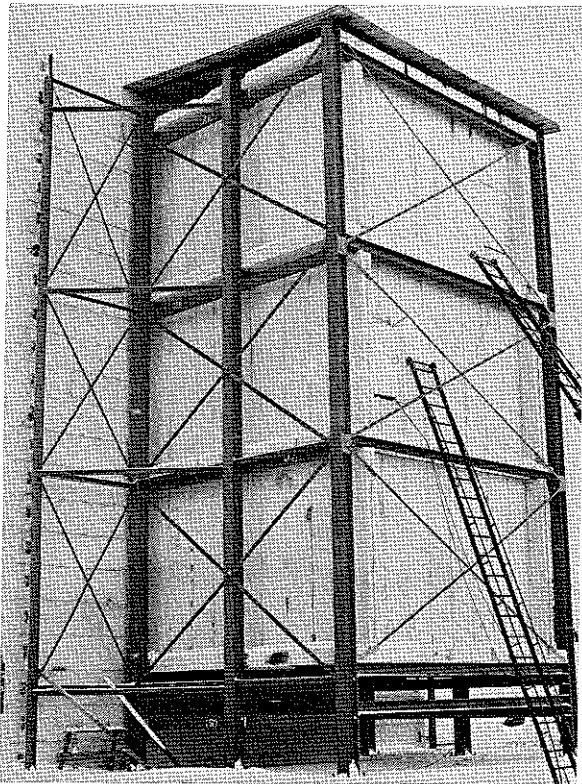
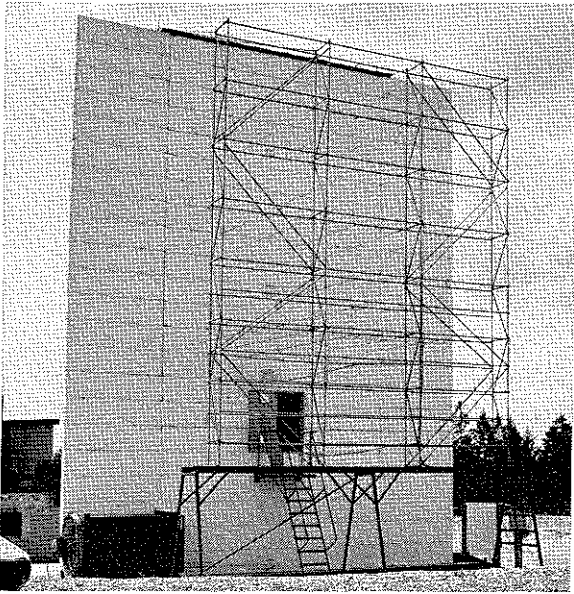


Fig. 10. Försökshus för studium av brand- och rökspridning längs fasad och vertikal ventilationskanal vid brand i en enstaka våning av ett flervåningshus.

Test building for the study of fire and smoke spread along the outer wall and along a vertical ventilation duct during a fire in one distinct storey of a multistorey house.

det resulterande emissionstalet ε . Det exemplifierade förloppet karakteriseras av en förvärmningsperiod, som efter cirka 10 minuter snabbt övergår i en intensiv termisk påverkan mot korridorrens inre begränsningsytor genom att i korridoren kraftig flambildning utträder från brandrummet (fig. 9). Med approximativt oförändrad brandgastemperatur i korridoren inträder därpå en successiv minskning av värmeflödet mot korridorväggytan.

Funktionell släktskap med det skildrade problemet har problemet brand- och rökspridning längs en fasad i en flervåningsbyggnad vid brand i en enstaka våning av byggnaden. För en vidgning av föreliggande fragmentariska kunskapsunderlag från engelska och japanska undersökningar inom detta delområde har Statens Provvningsanstalt i Stockholm inlett en förhållandevis omfattande försöksserie i ett för ändamålet uppfört försökshus inom AB Atomenergis område i Studsvik. Försökshuset, vars utformning belyses av figur 10, har en totalhöjd av cirka 10,5 m och är utfört med en bärande stomme av stål, vilken uppbär tre på varandra ställda rum med väggar och bjälklag av lättbetong. Huset har en i sidled kraftigt utkragande fasad med konstruktiv utformning som lätt kan förändras från försök till försök. Den flexibla utformningen av försökshuset möjliggör en förändring av rumsgeometrin och rums-skalan och i försöksserien ingår en undersökning av möjligheterna för ett studium i modellskala av aktuell termisk påverkan mot fasad med jämförande försök i skalorna 1:1, 1:2 och 1:4.

Vid försöken arrangeras noggrant karakteriserade bränder i försökshusets nedre fönsterförsedda rum. Härvid alstrade lågor och varma rökgaser ger mot fasadens utsida en termisk påverkan som noggrant kartläggs genom temperatur- och strålningsmätningar. Därutöver registreras hastigheten för rökgasströmningen utanför fasaden. För brandrummet bestäms fortlöpande förbränningshastighet, vägg- och bjälklagstemperaturer, rökgastemperaturer, rökgashastigheter samt rökgassammansättning med avseende på väsentligare komponenter. I sin första del koncentreras undersökningen till alternativet obrännbart material i fasaden för att i en senare del behandla också det fall att brännbart material ingår i denna.

Exemplifiering av erhållna resultat ger figur 11,

som för ett brandförsök med karakteristika enligt figurtexten redovisar det till tidpunkten för maximal temperatur i brandrummet hörande temperaturfältet framför fasaden i vertikalt symmetriskt vinkelrätt mot denna.

Brandförloppsstudier genom modellförsök

För att resultaten från ett modellförsök direkt skall kunna översättas till den praktiska tillämpningens fullskaleförhållanden fordras att modellförsöket genomförts med modellagarna satisfierade. För en fullständig karakterisering av ett brandförlopp är dessa modellagar starkt komplicerade och för närvarande ej i fullständig omfattning klarlagda. Som en illustration av problemets höga svårighetsgrad kan t. ex. nämnas, att Faure för de modellagar, som bestämmer konvektionsförhållandena kring en brandkälla, anger inte mindre än 9 parametrar, som måste vara lika i modell- och fullskala för överensstämmelse i termiskt, dynamiskt och kemiskt avseende.

Vid brandförloppsstudier med begränsad målsättning bortfaller vid modellagarnas tillämpning normalt ett flertal av det allmänna fallets parametrar. Som exemplifiering kan anföras, att de flammor och heta gaser, som vid frånvaro av påtvingat yttre tryck alstras vid en brand, ordinarnt påverkas av endast tre typer av krafter, nämligen viskösa friktionskrafter, turbulenta friktionskrafter samt konvektionskrafter, vilka entydigt kan karakteriseras genom de tre parametrarna Reynolds, Grashofs och Froudes tal. Vid dominerande turbulens, vilket kännetecknar en brands flamstadium, är de viskösa friktionskrafterna oväsentliga, vilket som konsekvens för detta fall ger extremt enkla modellagar med som ensamt krav, att Froudes tal skall vara lika för modellförsök och reell fullskaleprototyp.

Med begränsad tillämpning på brandförloppets flamstadium redovisar den internationella litteraturen ett relativt stort antal modellskalestudier för en analys av karakteristika för t. ex. temperatur, strålning, flamhöjd och förbränningshastighet, redovisad som bränslets viktminskning per tidsenhet. För brandförloppets övriga faser — antändnings- och avsvalningsfas — saknas för närvarande nästan helt litteratur-

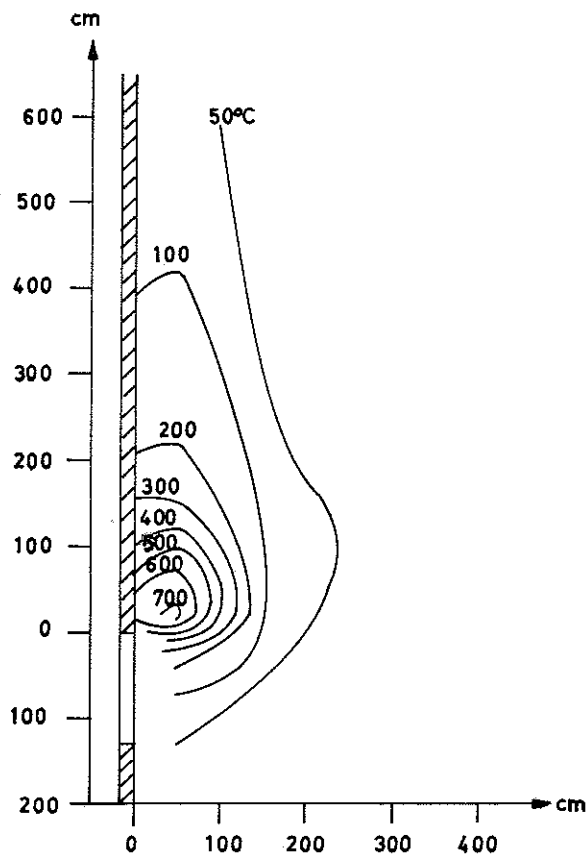


Fig. 11. Vid brandförsök i försökshus enligt figur 10 bestämt temperaturfält utanför fasad i vertikalt symmetriskt vinkelrätt mot fasaden. Temperaturfältet svarar mot tidpunkten för maximal temperatur i brandrummet. Brandbelastning = $19,6 \text{ Mcal/m}^2$ omslutningsyta, öppningsfaktor = $0,026 \text{ m}^{1/2}$.

Temperature field outside of the outer wall of the test building shown in Figure 10, determined in a vertical symmetrical section at right angles to the wall and corresponding to the time for maximum temperature in the fire room. Fire load = 19.6 Mcal/m^2 total area of surfaces bounding the room, opening factor = $0.026 \text{ m}^{1/2}$.

uppgifter som underlag för en bedömning av framkomligheten genom modellskalestudier.

Inom den i Norden genomförda eller pågående brandtekniska forskningen har experimentella brandförloppsstudier i modellskala hittills inkluderats i endast liten utsträckning.

Brandförloppsstudier genom teoretiska beräkningar

En teoretisk beräkning över värme- och massbalans-ekvationer för en brandcell av brandförloppets gas-

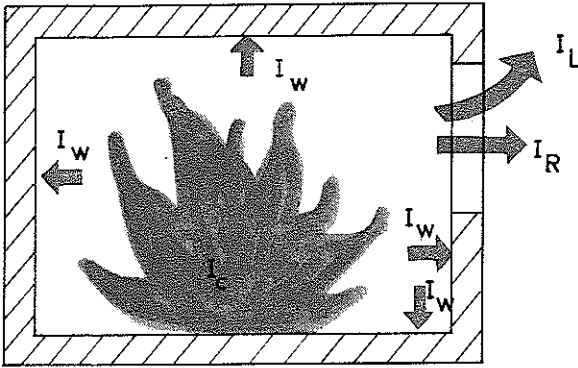


Fig. 12. Brandrummets värme- och massbalans. I_C = genom bränslets förbränning per tidsenhet frigjord värmemängd, I_L = genom utbyte av varma gaser mot kall luft per tidsenhet bortförd värmemängd, I_W = till omslutande vägg-, golv- och takkonstruktioner per tidsenhet förd värmemängd och I_R = genom brandcellens öppningar per tidsenhet utstrålad värmemängd.

The heat and mass balance of the fire room. I_C = quantity of heat released per unit of time from the combustion of the fuel, I_L = quantity of heat removed from the fire room per unit of time by change of hot gases against cold air, I_W = quantity of heat transferred to the surrounding wall, floor and roof structures of the fire room per unit of time and I_R = quantity of heat radiated through the openings of the fire room per unit of time.

temperatur-tid-kurva bygger på identitet mellan per tidsenhet tillförd och bortförd värmemängd, dvs. (fig. 12 och 13)

$$I_C = I_L + I_W + I_R + I_B \dots \dots \dots (3)$$

med

I_C = genom bränslets förbränning per tidsenhet frigjord värmemängd,

I_L = genom utbyte av varma gaser mot kall luft per tidsenhet bortförd värmemängd,

I_W = till omslutande vägg-, golv- och takkonstruktioner och till eventuella inneslutna konstruktioner per tidsenhet förd värmemängd,

I_R = genom brandcellens öppningar per tidsenhet utstrålad värmemängd och

I_B = i brandcellens gasvolym per tidsenhet lagrad värmemängd.

I normalfallet är därvid termen I_B med god approximation praktiskt försumbar.

En från ekvation (3) utgående, systematiserad beräkningsmetodik har utvecklats och publicerats nära nog samtidigt av Kawagoe—Sekine och Ödeen.

Förfarandet bygger på de förenklade, för ordinära praktiska fall tillräckligt noggranna förutsättningarna, att temperaturen inom hela brandcellen vid varje tidpunkt är densamma, att värmeövergångstalet för brandcellens inre begränsningsytor i varje punkt är lika samt att värmeflödet genom brandcellens omslutande konstruktioner är endimensionellt och — bortsett från fönster- och dörröppningar — likformigt fördelat. I förhållande till Kawagoe—Sekines metodik är Ödeens i sin uppläggning något mera generell därigenom att grundsambanden ges med beaktande av förbränningsgasernas dissociation och av effekten av att rökgasernas och de i brandcellens omslutande konstruktioner ingående materialens termiska egenskaper är temperaturberoende.

Kawagoe—Sekines och Ödeens beräkningsmetodik är genom angivna samband för de i ekvation (3) ingående deltermerna I_C och I_L begränsat tillämpbar för endast brandförloppets flamfas. En utvidgning av förfarandet till en teoretisk bestämning av också avsvältningsfasens gastemperatur-tid-kurva kräver primärt en kartläggning av två grundläggande delproblem, som tills helt nyligen varit föga studerade. Dels fordrar den utvidgade tillämpningen en bestämning av per tidsenhet frigjord värmemängd, då denna, som fallet är under avsvältningsfasen, ej längre bestäms av tillgången till luft, och dels en bestämning av de termodynamiska förhållanden, som råder, när förbränningshastigheten ej längre begränsas av storleken och formen av brandcellens öppningar. Ett utvidgat beräkningsförfarande, som med beaktande av de anförda förhållandena möjliggör en teoretisk beräkning av det fullständiga brandförloppets gastemperatur-tid-karakteristika har nyligen framlagts i en publikation av Magnusson—Thelander-son. Förfarandet inkluderar ett datamaskinprogram med hög grad av generalitet, som möjliggör ett hänsynstagande till bl.a. temperaturberoende termiska egenskaper och eventuell kritisk sönderfallstemperatur för i omslutande konstruktioner ingående material, fuktinnehåll i omslutande konstruktioner, effekt av i brandcellen innesluten värmeupptagande konstruktion samt förändringar i fönster- och dörröppningars storlek och form under brandförloppet. Programmet är tillämpbart för brandcell, som innehåller upp till tre olika typer av omslutande konstruk-

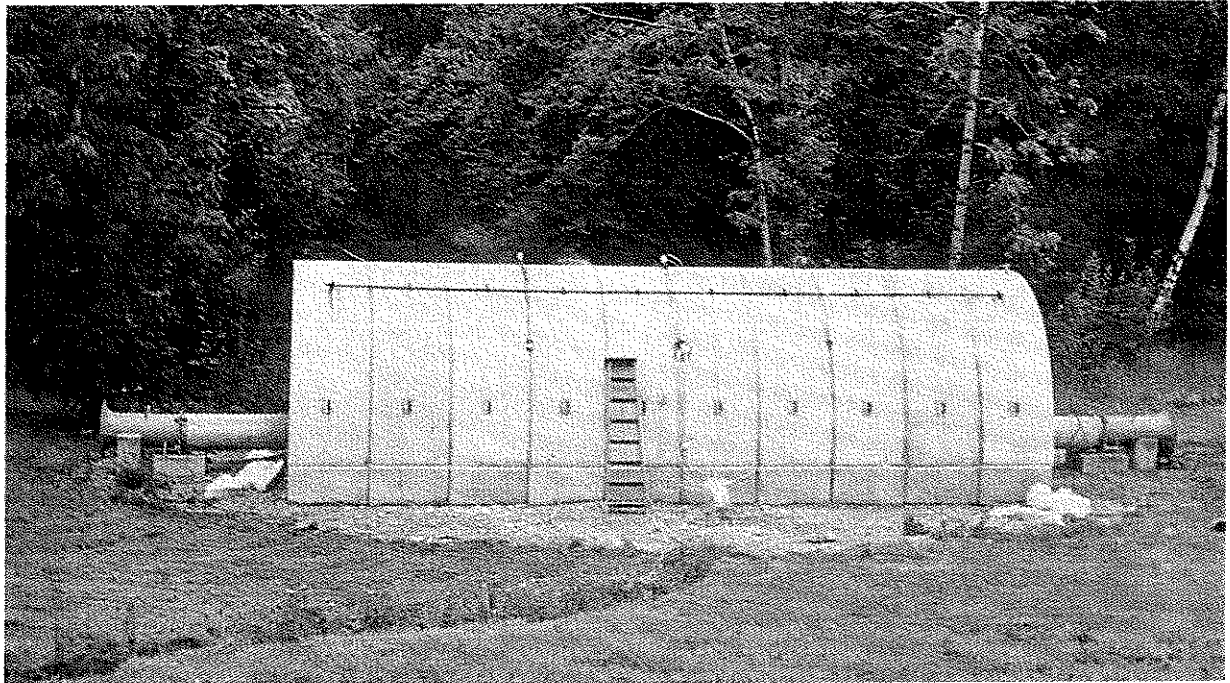


Fig. 4. För brandförloppsstudier vid KTH-s institution för konstruktionslära uppfört brandrum.

Test tunnel constructed for fire development studies at the Division of Building Construction, Royal Institute of Technology, Stockholm.

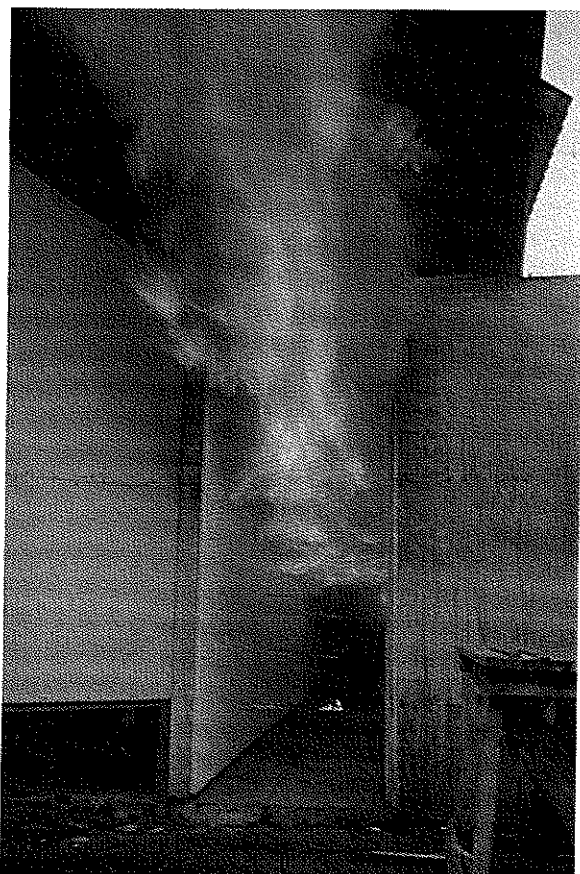


Fig. 9. Från brandrummet i korridor utträngande flammor vid ett försök i den i figur 7 visade försöksbyggnaden.

Flames issuing out from the fire room to the corridor at a fire test in the test house shown in Figure 7.

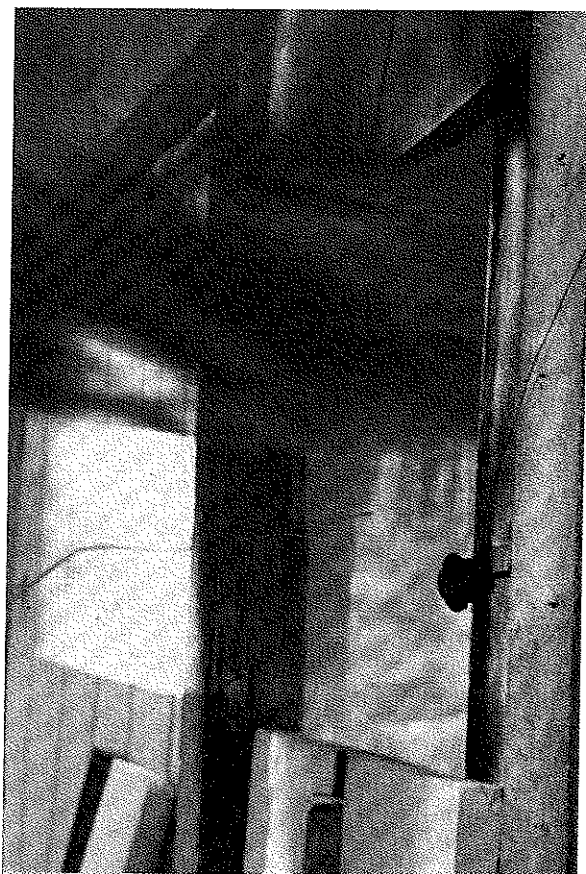


Fig. 13. Värme- och massbalansekvationens term I_L , illustrerad för brandförloppets flamfas. Neutrallagret är väl markerat som gräns mellan utströmmande lysande brandgas och inströmmande luft.

The term I_L of the heat and mass balance equation, illustrated for the flaming phase of the process of fire development. The neutral axis is sharply marked as the limit between the exhausting luminous combustion gases and the air stream into the fire room.

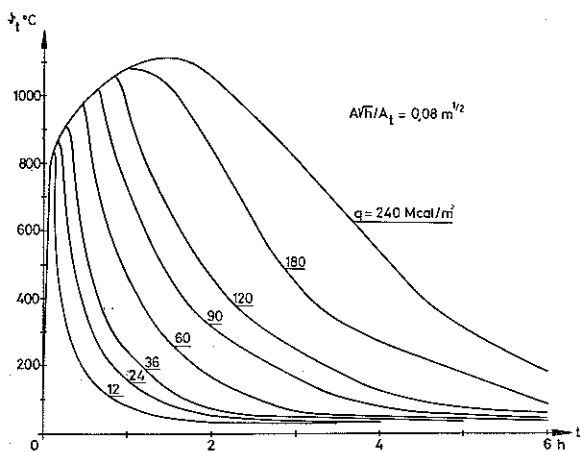
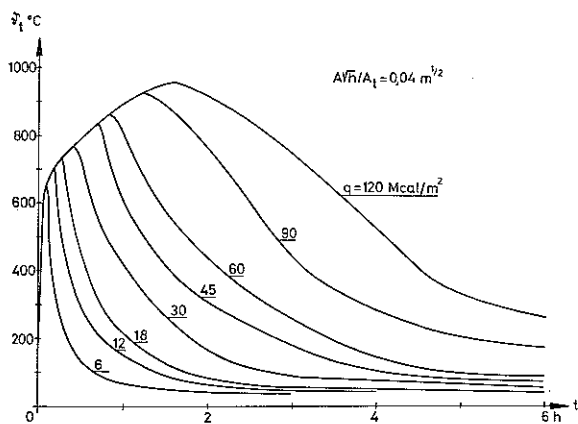
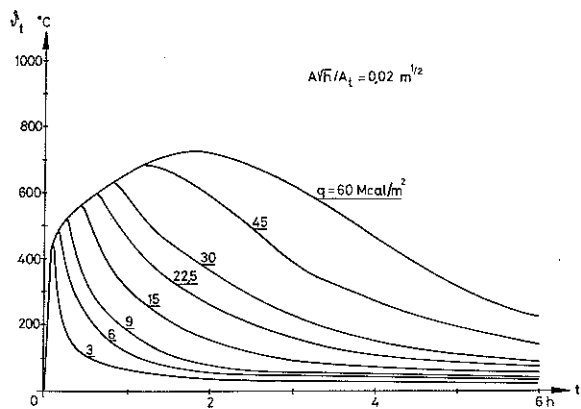


Fig. 14. Av Magnusson och Thelandersson beräknade gastemperatur-tid-kurvor för fullständigt brandförlopp vid varierande brandbelastning q och öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_t$ för fallat träbrand i rum med omslutande konstruktioner av 20 cm betong.

tioner, varav en kan vara sammansatt av upp till tre olika material. I publikationen redovisas ett mycket omfattande, över det framlagda beräkningsförfarandet bestämt material med bl. a. gastemperatur-tid-kurvor för till träbrand hörande fullständigt brandförlopp vid varierande brandbelastning q , öppningsfaktor $A\sqrt{h}/A_t$ och termiska karakteristika för brandcellen omslutande konstruktioner. Därvid betecknar A sammanlagd öppningsyta i m^2 , h ett med hänsyn till respektive delyta vägt medelvärde av öppningshöjd i m samt A_t brandcellens totala omslutningsyta i m^2 . Resultatexemplifiering ges dels genom figur 5, i vilken för träbrand med karakteristika enligt figuren jämförs experimentellt bestämt (heldragna kurvor) och teoretiskt beräknat (streckad kurva) gastemperatur-tid-samband jämte för beräkningen förutsatt tidsvariation av per tidsenhet frigjord värmemängd, och dels genom figur 14, i vilken redovisas för brandcell med omslutande konstruktioner av 20 cm betong beräknade gastemperatur-tid-kurvor vid varierande brandbelastning q för öppningsfaktorvärdena 0,02, 0,04 och 0,08 $m^{1/2}$. Av de redovisade kurvorna framgår bl. a., hur en ökad öppningsfaktor och därmed förbränningshastighet vid en given brandbelastning förändrar brandförloppet till en mera kortvarig brand med högre maximal rökgastemperatur.

Genom i den nämnda publikationen för olika typer av brandceller vid varierande brandbelastning och öppningsfaktor redovisade gastemperatur-tid-kurvor för det fullständiga brandförloppet öppnas nu vägen för en funktionellt underbyggd nyanserad brandteknisk dimensionering av bärande och avskiljande konstruktioner. Genom på ett utvecklingsbefrämjande sätt uppbyggda brandskyddsavsnitt i nyare svenska byggnadsnormer kan en sådan dimensionering också omgående bli en normmässigt förankrad realitet.

Gastemperature-time curves of the complete process of fire development calculated by Magnusson and Thelandersson for different values of the fire load q and the opening factor $A\sqrt{h}/A_t$. The curves correspond to a wood fire burning in a room enclosed by concrete structures, 20 cm in thickness. A = the total area of the window and door openings (m^2), h = an average value of the heights of window and door openings (m), weighed with respect to each individual opening, and A_t = the total area of the surfaces bounding the room (m^2).

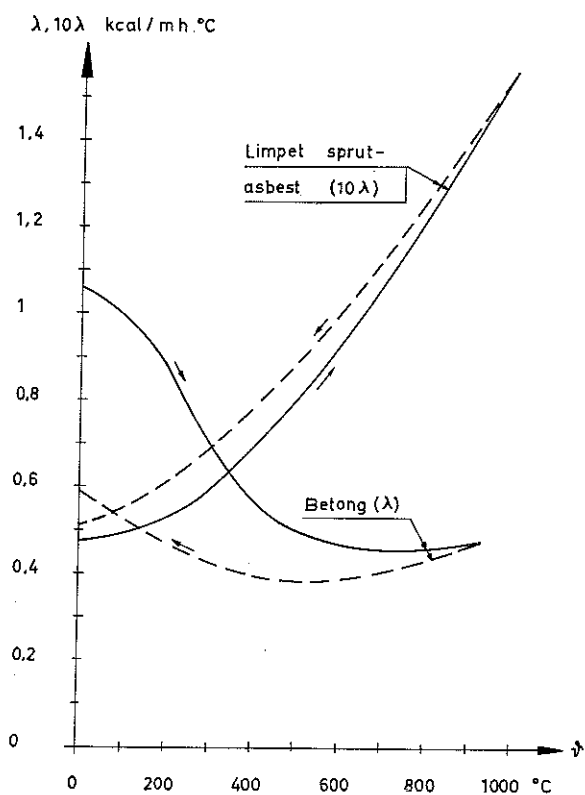


Fig. 15. Värmeledningstalets λ temperaturberoende för betong och »Limpet» sprutasbest (densitet 0,2 kg/dm³).

Variation in the thermal conductivity λ with the temperature. Concrete, and "Limpet" spray asbestos (density 0.2 kg/dm³).

Konstruktionsmaterialens egenskaper vid för brand aktuella temperaturer

En översättning via teoretiska beräkningar från en brandcells gastemperatur-tid-kurva till temperatur-tid-fält och bärförmåga för brandpåverkad konstruktion förutsätter kännedom om för konstruktionen aktuella materials termiska karakteristika samt hållfasthets- och deformationsegenskaper inom till brandpåverkan hörande temperaturområde. Då en bärande eller avskiljande konstruktion skall kunna fullgöra sin funktion under såväl brandförloppet som dess avsvinningsfas, måste de nämnda egenskaperna vara kartlagda för varje i sammanhanget aktuell temperaturnivå med koppling till både temperaturökning och temperaturminskning. För vissa metalliska material är nuläget kunskapsunder-

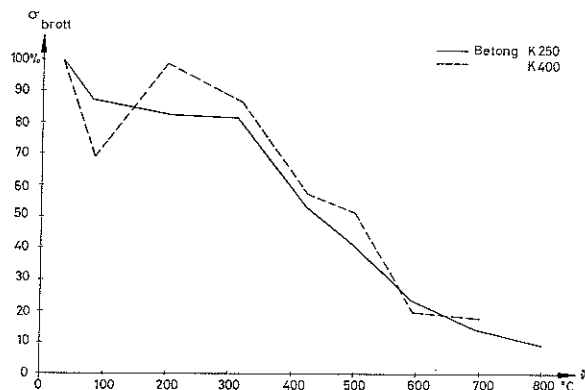


Fig. 16. På cylindrar med diametern 5 cm och längden 10 cm genom spräckprov bestämd variation av restdraghållfastheten σ_{brott} med temperaturen θ för betong med standard-portlandcement och granitisk ballast. Kurvorna gäller för under uppvärmningen till temperaturen θ obelastade och efter avsvinnning till 20°C till brott provade cylindrar [Jönsson—Lassen 1968].

Variation in the residual tensile strength σ_{brott} with the temperature θ determined by split test on concrete cylinders, 5 cm in diameter and 10 cm in length. The concrete was made with standard Portland cement and granite aggregate. The curves relate to cylinders which were not subjected to any load during the heating period, and were tested to failure after cooling down to 20°C [Jönsson—Lassen 1968].

lag förhållandevis omfattande vad gäller temperaturberoendet för såväl termiska egenskaper som karakteristika med avseende på hållfasthet och deformation. För andra i byggnadstillämpningar högfrekventa material av t. ex. typen betong, lättbetong, tegel och olika isoleringsmaterial är kunskaperna om för brandpåverkan betydelsefulla materialegenskaper i dag däremot i normalfallet tyvärr starkt fragmentariska.

Inom området pågående och planerad nordisk brandteknisk forskning är av blygsam omfattning. Exempel på pågående verksamhet utgör ett systematiskt, experimentellt studium av temperaturberoendet för värmeledningstal, specifikt värme samt tryck- och draghållfasthet för betong med varierande sammansättning och punktvisa experimentella undersökningar av termiska karakteristika för isoleringsmaterial. Fragmentarisk belysning av framkomna resultat ger figurerna 15 och 16, i vilka redovisas experimentellt funnet temperaturberoende för värmeledningstalet λ för betong och för brandskyddsputsen »Limpet» sprutasbest respektive genom spräckprov bestämd variation med temperaturen av restdraghållfastheten för betong.

Temperatur-tid-fält, verkningssätt och bärförmåga för brandpåverkade konstruktioner

Teoretiska beräkningar av till brandpåverkan hörande temperatur-tid-fält för bärande och avskiljande konstruktioner har intagit en förhållandevis framskjuten plats i de senaste årens brandtekniska forsknings- och utvecklingsarbete i Norden. Bortsett från enkla fall, som oisolerat metallbärverk, karakteriseras sådana beräkningar ordinärt av en lösning över programmering och datamaskinbehandling för konstruktionen indelad i element. För varje element tecknas därvid en värmebalans ekvation, dvs. uttryck uppställs för de värmemängder, som under ett kort tidssteg går in i, respektive passerar ut ur elementet, samt för till därvid funnen värmemängdsdifferens hörande uppvärmning eller avsvälning av elementet. På detta sätt för den samlade konstruktionen erhållna värmebalanssamband ger ett system av första ordningens differentialekvationer med temperaturerna i elementens mittpunkter som obekanta. Integration av det härigenom erhållna systemet genom t.ex. ett Runge-Kutta-förfarande ger därpå problemets lösning. För brandpåverkade konstruktioner, som karakteriseras av en- eller tvådimensionell, icke-stationär värmetransport, har i anslutning till genomförd forskningsverksamhet framtagits en serie beräkningsprogram, som med hög grad av generalitet möjliggör ett hänsynstagande till temperaturberoende värmeövergångsförhållanden, temperaturberoende termiska materialdata, initial fuktkvot samt

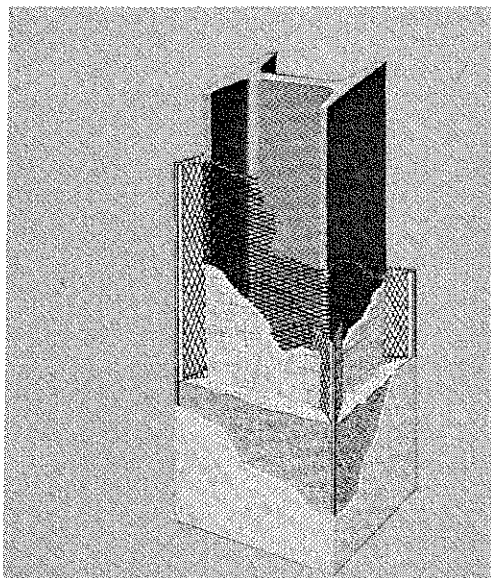
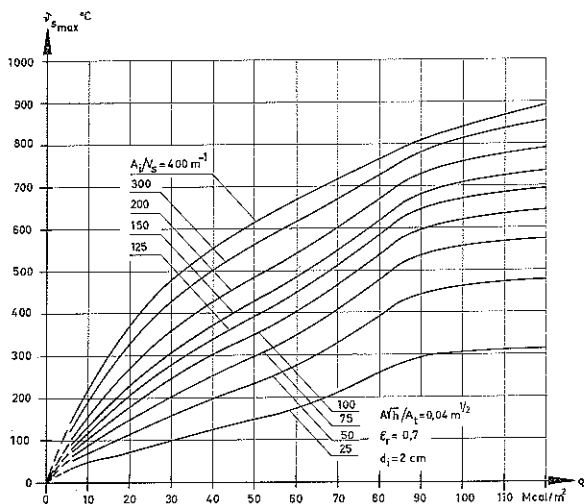
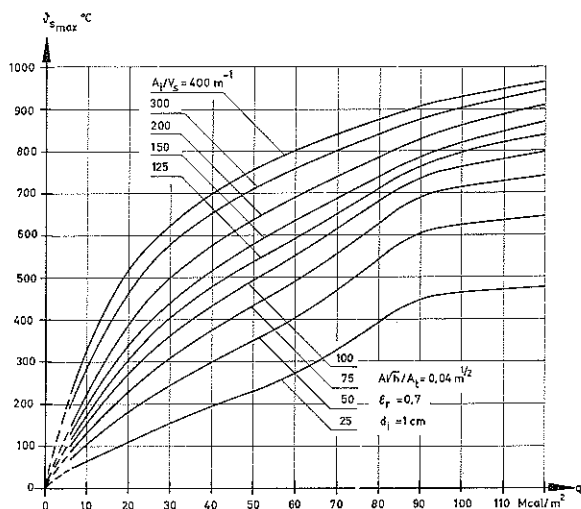


Fig. 17. Beräknad maximal ståltemperatur $\theta_{s,max}$ för brandpåverkad med Vermiculiteputsen »Pyrodu» (densitet 0,315 kg/dm³) isolerad stålprofil för varierande brandbelastning q , förhållande A_i/V_s och isoleringstjocklek d_i vid brandcell med öppningsfaktor $A_i\sqrt{h_i}/A_t = 0,04 \text{ m}^{1/2}$ och 20 cm tjocka omslutande konstruktioner av material med värmeledningsstalet $\lambda = 0,7 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$ och värmekapaciteten $c_f = 400 \text{ kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Theoretically calculated curves representing the variation in maximum steel temperature $\theta_{s,max}$ with the fire load q , the quotient A_i/V_s and the insulation thickness d_i in a steel column, insulated with the vermiculite plaster "Pyrodu" (density 0.315 kg/dm³) and located in a fire room with an opening factor $A_i\sqrt{h_i}/A_t = 0.04 \text{ m}^{1/2}$ and with surrounding structures, 20 cm in thickness, made of a material with a thermal conductivity $\lambda = 0.7 \text{ kcal/m h}^\circ\text{C}$ and a heat capacity $c_f = 400 \text{ kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$. A_i = the fire exposed envelope surface of the insulation per unit length of the column, V_s = the volume of the steel structure per unit length of the column.

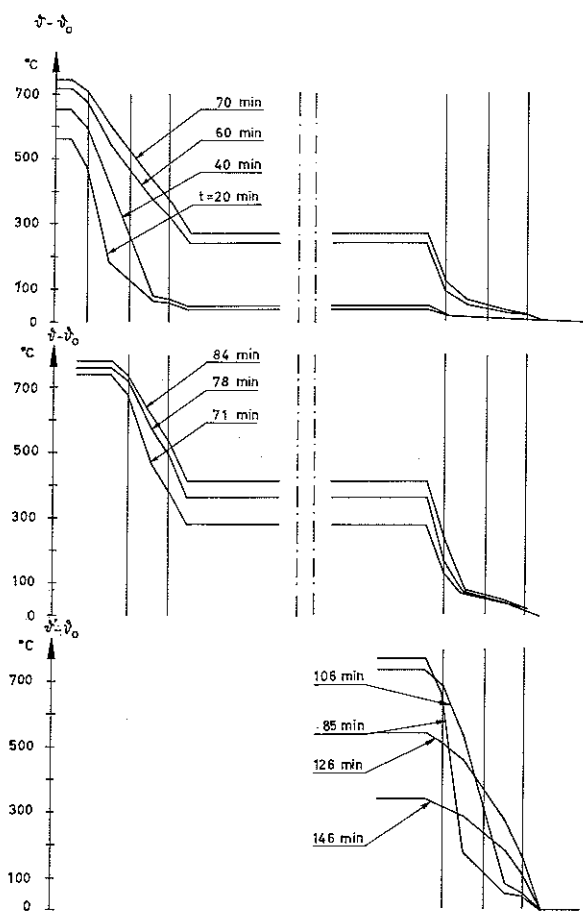


Fig. 18. Beräknat temperatur-tid-fält för ensidigt brandpåverkad innervägg, utformad med en lätt stålprofilstomme med på varje sida 2 st 13 mm icke fiberarmerade gipsplattor. Brandpåverkans karakteristika svarande mot brandvaraktighet = 100 min, öppningsfaktor = 0,02 $m^{1/2}$ och omslutande brandrumskonstruktioner enligt figur 17.

Theoretically calculated temperature-time fields in a partition wall, exposed to a fire on one side and made of a light steel structure, insulated on both sides with two layers of gypsum, 13 mm in thickness per layer. The fire exposure is characterized by a fire duration = 100 min, an opening factor = 0.02 $m^{1/2}$ and a fire room with surrounding structures according to Figure 17. ϑ_0 = the temperature at the time $t = 0$.

strukturomvandlingar och kritisk sönderfallstemperatur för i konstruktionerna ingående material.

Resultatexemplifieringar, som belyser beräkningsprogrammets tillämpningsmöjligheter, ges genom figurerna 17 och 18. I figur 17 redovisas därvid den beräknade maximala ståltemperatur $\vartheta_{s_{max}}$, som vid brandpåverkan uppkommer i en med Vermiculiteputsen »Pyrodur» isolerad stålprofil vid varierande

brandbelastning q , förhållande A_1/V_s mellan isoleringens medelmantelyta A_1 och stålprofilens volym V_s per längdenhet av bärverket samt isoleringstjocklek d_i , om bärverket är inneslutet i en brandcell med karakteristiska enligt figurtexten. I figur 18 redovisas teoretiskt beräknade temperatur-tid-fält för en ensidigt brandpåverkad, brandavskiljande vägg, utformad med en lätt stålprofilstomme med på varje sida 2 st 13 mm icke fiberarmerade gipsplattor vid en brandvaraktighet av 100 min, om väggen begränsar en brandcell med öppningsfaktorn 0,02 $m^{1/2}$ och med karakteristika i övrigt enligt figurtexten. Av de redovisade temperaturgradienterna framgår att beräkningsmässigt sönderfaller den yttre gipsplattan på väggens brandpåverkade sida vid en brandtid, som ligger mellan 70 och 71 min. Från den tidpunkten övergår den brandavskiljande väggen till en konstruktion med endast en gipsplatta på den brandpåverkade sidan. Vid en brandtid mellan 84 och 85 min sönderfaller beräkningsmässigt också denna gipsplatta, varigenom den icke bärande stålprofilstommen blir direkt exponerad mot branden. Efter 100 min upphör brandförloppets uppvärmningsfas. Vid denna tidpunkt uppgår temperaturökningen $\vartheta - \vartheta_0$ på den från branden vända sidan av väggen till 45°C. Under den efterföljande avsvlningsfasen sker en omlagring i temperaturfördelning inom väggens kvarvarande båda gipsplattor, vilket för den från branden vända sidan av väggen medför till en början en tillväxt och därefter en reduktion i temperaturökning. Maximivärdet uppnås cirka 20 min efter uppvärmningsfasens slut och uppgår beräkningsmässigt till 185°C. De beräknade temperatur-tid-gradienterna överensstämmer väl med vid brandteknisk provning experimentellt funna temperaturfält.

En beräkningsteknisk översättning för en brandpåverkad konstruktion från temperatur-tid-fält till för olika tidpunkter av branden gällande bärförmåga är i dag möjlig för vissa typer av bärverk, t.ex. statiskt bestämda metallkonstruktioner och sådana statiskt bestämda, armerade betongkonstruktioner, vid vilka brottet inleds genom flytning i armeringen (fig. 19). Däremot saknas för närvarande mera generellt tillämpbara metoder för en teoretisk beräkning av till brandpåverkan hörande bärförmåga t.ex. för sådana armerade betongkonstruktioner, vars brott

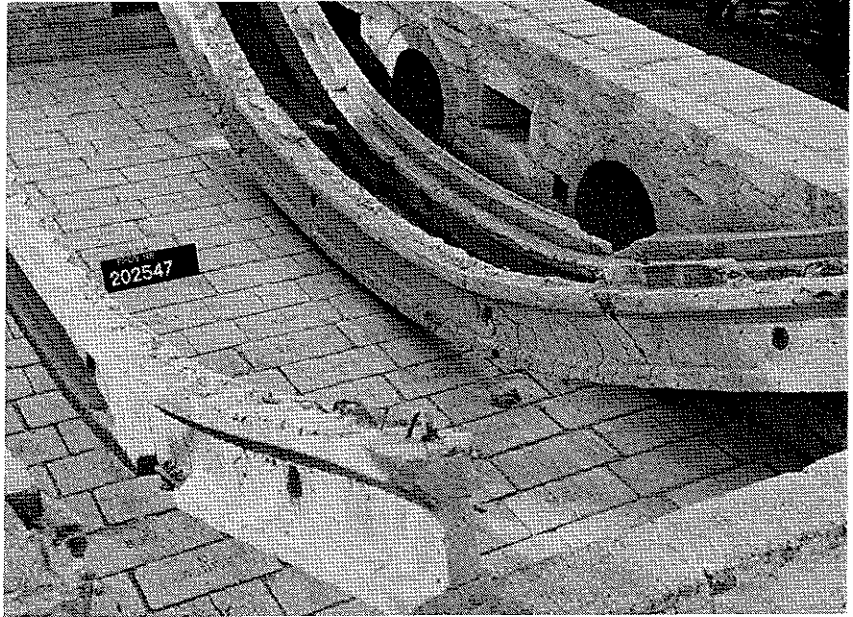


Fig. 19. Armerad betongbalk, provad till brott under brandpåverkan.

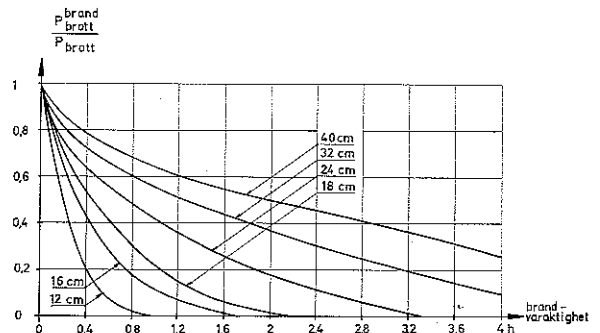
Reinforced concrete beam tested to failure during a fire exposure.

primärt bestäms av betongens hållfasthets- och deformationsegenskaper, samt för statistiskt obestämda bärverk, vid vilka förhållandena starkt kompliceras genom de temperaturkrafter och temperaturmoment, som till följd av partiellt eller helt förhindrade deformationer påtvingas bärverket genom uppvärmningen och som under brandförloppet förändras genom materialens uppsprickning, plasticering och strukturomvandling. Forskningsverksamhet, som kan leda till praktiskt tillrättalagda, möjligast generellt tillämpbara, brandtekniska dimensioneringsmetoder

för dessa typer av bärverk, vilka har hög frekvens i förekomst, är starkt angelägen och har också inlett, i ännu så länge förhållandevis begränsad omfattning, vid ett flertal institutioner och laboratorier. Belysning av i nordiskt sammanhang framkomna delresultat ger figur 20, vilken redovisar teoretiskt beräknat förhållande $P_{\text{brand}}^{\text{brand}} / P_{\text{brott}}$ mellan fyrsidigt brandpåverkad och icke brandpåverkad, centriskt tryckbelastad, kvadratisk betongpelares bärförmåga som funktion av brandvaraktigheten vid en brandpåverkan enligt normerat provningsförfarande.

Fig. 20. Beräknat förhållande $P_{\text{brand}}^{\text{brand}} / P_{\text{brott}}$ mellan fyrsidigt brandpåverkad och icke brandpåverkad centriskt tryckt, kvadratisk betongpelares bärförmåga. Diagrammet förutsätter brandpåverkan enligt normerat provningsförfarande. d = tvärsnittssida i cm.

Theoretically calculated quotient $P_{\text{brand}}^{\text{brand}} / P_{\text{brott}}$ between the loadbearing capacity of fire exposed and not fire exposed, centrally compressed, square concrete columns. Fire exposure according to standardized test method. d = the width of the column in cm.



Slutord

Genom resultatexemplifieringar från i Norden pågående eller nyligen avslutade forsknings- och utvecklingsarbeten har ovan belysts några för en nyanserad, brandteknisk dimensionering av bärande och avskiljande byggnadskonstruktioner väsentliga etapper. Till behandling upptagna uppgifter har valts inom ramen för ett år 1964 framlagt långsiktigt program för nordisk brandteknisk forskning. Detta program tjänar primärt två syften, nämligen dels att stimulera till nordisk forskningssamverkan inom berört område och dels att styra ett val av forskningsuppgifter i sådan riktning, att framkomna resultat i direkt praktisk tillämpning blir väsentliga steg på vägen mot det framtida kvalificerade brandtekniska dimensioneringsförfarande, som utgör en nödvändig förutsättning för ekonomiskt optimala lösningar inom ett område av utomordentligt stor samhällsekonomisk betydelse.

För svenskt vidkommande försvåras i hög grad ett aktivt deltagande i en brandteknisk forsknings- och utvecklingsverksamhet med denna målsättning genom landets synnerligen undermåliga laboratorieresurser för brandteknisk provning och experimentell forskning — ett förhållande, som inte minst i internationella samarbetssammanhang under de senaste åren vid ett flertal tillfällen väckt berättigad förvåning. Om ett sådant förhållande blir bestående, uppstår för Sverige mycket snart stora svårigheter att i framtiden på ett fruktbart sätt delta i nordiskt och internationellt brandtekniskt forsknings-samarbete. Därigenom kommer också det gynnsamma utgångsläge för påverkan av den internationella brandtekniska forskningen, som Sverige och Norden tillskapat sig genom att ange nya principer för en mera funktionellt betingad brandteknisk dimensionering, att starkt försämras.

Summary

In the survey are stated the principles of a functionally well-defined fire engineering design of load-bearing or separating structures or structural elements. Such a design contains as essential components

the fire load,

the process of fire development,

the thermal, strength and deformation properties of structural materials in temperature range associated with fires,

the temperature-time fields in structures exposed to fire and the corresponding static behaviour and load-bearing capacity of the structures.

The different components are discussed and analysed summarily in connection with an exemplifying review of Scandinavian fire engineering research in progress or recently completed. The research projects have been chosen with regard to a long-term programme for Scandinavian fire engineering research drawn up by the author on the initiative of the Liaison Committee of Scandinavian Fire Engineering Laboratories (NBS) and the Inter-Scandinavian Liaison Group for Inter-Scandinavian Building Research Conferences (NBM). The object of this programme is twofold, viz., first, to stimulate Scandinavian co-operation research in structural fire engineering, and second, to guide the choice of research projects in such a direction that the results obtained in practical application are important steps on the road to the future qualified fire engineering design which is a necessary condition for a good economic solution in each individual case.