

Utformning och byggnation av modellbrandrum

Roger Bergqvist
Fredric Hermansson

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet**

Report 5107, Lund 2002

**Utformning och byggnation
av modellbrandrum**

Roger Bergqvist & Fredric Hermansson

Lund 2002

Utformning och byggnation av modellbrandrum

Roger Bergqvist & Fredric Hermansson

Report 5107

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5107--SE

Number of pages: 108

Illustrations: Roger Bergqvist, Fredric Hermansson.

Keywords

Model fire room, initial fire, pyrolysis, surface spread of flame, flashover.

Sökord:

Modellbrandrum, initialbrand, pyrolys, ytflamspridning, övertändning.

Abstract

This report describes the theoretical and practical work producing a Model Fire Room. The project resulted in a Model Fire Room which, in a standardized and clear way, shows the entire fire scenario from ignition to fully developed room fire. The most important stage of the fire scenario shown is the flashover.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2002.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Fax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Förord

Sommaren 2002 var den varmaste sommaren någonsin i Sverige och vad kunde passa bättre än tillbringa den inomhus i ett ännu varmare brandlaboratorium. Anledningen till att den tillbringades på detta sätt är att Räddningsverkets skola i Skövde under våren undrade om vi var intresserade av att projektera och bygga ett modellbrandrum. I modellen skulle hela kedjan i ett brandförlopp visas, allt från antändning fram till övertändning, på ett visuellt och tydligt sätt. De enda direktiv vi i princip hade när vi startade var att modellen skulle vara praktiskt användbar och inte någon teoretisk skapelse. Naturligtvis blev det en hel del teoretiskt arbete i början av projektet men allteftersom gled det över till att bli mer praktiskt inriktat. När projektet avslutades i slutet av augusti tog arbetet fart med att snickra ihop en rapport och resultatet håller du nu i din hand. Härmed tas tillfället i akt att tacka de många inblandade i projektet, varav några tackas extra mycket:

Daniel Gojkovic, Brandteknik LTH, vår handledare som svarat på frågor om både det ena och det andra.

Lars Hillerström och **Sverker Blom**, SRV Skövde, som gav oss förtroendet att inneha ett eget konto knutet till projektet. Tyvärr, för alla kommande projektarbetare, kommer detta enligt mycket säkra uppgifter aldrig att upprepas.

Lars Engström, SRV Skövde, för ditt förtroende att låta oss använda våra teoretiska kunskaper som vi behagade och att du vågade ta ut en lång skön semester.

Folke Gradh, SRV Skövde, för att du sågade något helt annat än oss.

Tony Engdal, SRV Skövde, för att du hann före oss till samtliga svetsar och att du visade hur man inte använder en svets.

Kött och Svets AB, Tibro, för att ni rätade ut en hel del frågetecken som vi haft.

Robert Zeidlitz, Henrik Jönsson och Thomas Karlsson, outtröttliga laboratorieassistenter.

Haukur Ingason, Anders Bergqvist och Joel Blom, SP Borås, besitter värdefulla expertkunskaper som vi sedermera fått del av.

Sven-Ingvar Granemark, Brandteknik LTH, ägnade en del av sin tid åt oss. Det skall vi komma ihåg.

Tack till er alla!

Lund, november 2002

Roger Bergqvist

Fredric Hermansson

Sammanfattning

Den här rapporten beskriver det teoretiska och praktiska förfarandet vid framtagandet av ett modellbrandrum. Projektet har resulterat i ett modellbrandrum som på ett standardiserat och tydligt sätt åskådliggör hela brandförloppet.

Vid Räddningsverkets skola i Skövde hålls utbildningar för olika kategorier av räddningstjänstpersonal. Vid skolan finns ett brandlaboratorium som är under utbyggnad. För att kunna nyttja laboratoriet effektivare i undervisningen fanns det från Räddningsverkets sida önskemål om ett användarvänligt modellbrandrum. Denna modell skall användas vid undervisning i brandförlopp för alltifrån räddningsmän till brandmästare. Den nya brandmannautbildningen kommer att ställa högre krav på vetenskapliga resonemang och möjligheter till fördjupning. Modellen är ett hjälpmedel till att fördjupa undervisningen inom ämnesområdena brandförlopp samt förebyggande brandskydd. Eftersom modellen skall användas som ett pedagogiskt hjälpmedel är det viktigt att brandförloppet ser realistiskt ut. Det är möjligt att förevisa ett brandförlopp från antändning upp till övertändning och fullt utvecklad rumsbrand.

Redan i projektets inledningsfas var det önskvärt att modellen skulle kunna användas tillsammans med boken *Inomhusbrand /1/*. I denna skrift används i flertalet exempel ett rum med samma mått som används vid ISO-standarden Room/Corner Test. Det är därför pedagogiskt riktigt att göra en nedskalning av detta rum. Brandrummet byggdes som en modell av ISO-standarden i skala 1:4. Måtten blev därmed (0,9 · 0,6 · 0,6)m.

Resultatet av projektet är, förutom själva modellen, ett standardutförande för brandförlopp i det framtagna modellbrandrummet. Med information om laddningsmängd, placering av initialbrand och beskrivning av andra väsentliga parametrar såsom ventilation av laboratoriet kan läraren upprepa ett brandförlopp med god precision. Brandförloppet beskådas på ett enkelt sätt från antändning via övertändning till fullt utvecklad rumsbrand. Eleven kan studera brandförloppet under lektionen eller göra egna laborationer. Under förloppet kan tydligt urskiljas påverkan av initialbrandens placering, bränslets pyrolys, ytflamspridning, tillväxt av brandgaslagret, återstrålning från brandgaslagret mot golvet samt hur förbränningshastigheten ökar och allt brännbart material till slut involveras i branden.

Att konstruera ett modellbrandrum för förevisning av brandförlopp i allmänhet, och övertändning i synnerhet, är förhoppningsvis ett steg i rätt riktning vid både praktiska och teoretiska övningar inom området i framtiden.

Summary

This report describes the theoretical and practical work producing a Model Fire Room. The project resulted in a Model Fire Room which, in a standardized and clear way, shows the entire fire scenario.

Educations for personnel in all kinds of rescue services are held at the Swedish Rescue Services Agency college in Skövde. At the college there is a fire laboratory which is under construction. The Swedish Rescue Services Agency wanted to be able to use the laboratory in a more efficient way in the education by introducing a Model Fire Room. The model will be used in fire scenario-courses for different kinds of students. The new education for fire-fighters demands scientific studies at a higher level. The model is a tool to increase the scientific level in the courses fire scenario and fire safety. It's important that the fire scenario is realistic since the model will be used as a pedagogic tool. In the model it's possible to show a complete fire scenario from ignition to fully developed room fire including flashover.

From the start of the project it was desirable that the model could be used mutually with the book *Inomhusbrand* /1/. The dimensions of the ISO-standard Room/Corner Test are frequently used in the book. To make a model of the ISO-standard are therefore pedagogical. The Model Fire Room where built as a 1:4 model with the dimensions (0,9 · 0,6 · 0,6)m.

The result of the project is, except the model itself, a fire scenario shown in a standardized manner in the model. With information of the fire load, position of the initial fire, and knowledge of other important concerns such as ventilation of the laboratory the teacher is able to reproduce the fire scenario. It's easy to follow the fire scenario from ignition to fully developed room fire. The most important stage of the fire scenario shown is the flashover. The students are able to study the fire scenario during the lessons or make their own experiments. During the fire scenario it's possible to notice the affect of the position of the initial fire, the pyrolysis of the fuel, the surface flame spread, the upper layer growth, radiation to floor level and the increase of burning rate which ends with every combustible material taking part in the fire.

Constructing a Model Fire Room for expulsion of fire scenarios in general and flashovers in particular is hopefully a step in the right direction when it comes to future practises in the field, practical as well as theoretical.

Nomenklatur

A_T - inre omslutningsarean i rummet [m^2]

A_0 - area av ventilationsöppning [m^2]

c_p - specifik värmekapacitet [$J/kg\ K$]

C_d - kontraktionsfaktor [dimensionslöst]

g - gravitationskonstanten [m/s^2]

h_k - värmeövergångstal [$kW/m^2\ K$]

H_0 - höjd på ventilationsöppning [m]

k - värmeledningsförmåga [$W/m\ K$]

L_M - längd modell [m]

L_F - längd originalrum [m]

\dot{m}_{luft} - massflöde inströmmande luft [kg/s]

Q_M - effektutveckling i modellen [kW]

Q_F - effektutveckling i originalrum [kW]

\dot{Q}_{fo} - den värmeeffekt som behövs för att initiera övertändning [kW]

T_M - temperatur på brandgaser i modell [K]

T_F - temperatur på brandgaser i originalrum [K]

t - tid [s]

t_p - tid för temperaturen att tränga genom en vägg [s]

α - betecknar materialets värmeegenskaper [m^2/s]

δ - väggjocklek [m]

ρ - densitet [kg/m^3]

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	15
1.1. SYFTE	15
1.2. METOD	15
1.3. AVGRÄNSNING	17
2. PROBLEMBESKRIVNING	19
2.1. PLACERING	20
2.2. UTRUSTNING	24
3. TEORETISK BAKGRUND	27
3.1. SKALFAKTORER	27
3.2. ÖVERTÄNDNING	28
3.3. ROOM/CORNER TEST	29
4. GENOMFÖRANDE	33
4.1. BERÄKNING OCH DIMENSIONERING	33
4.1.1. BERÄKNAD EFFEKTUTVECKLING ROOM/CORNER TEST	33
4.1.2. BERÄKNAD EFFEKTUTVECKLING MODELLEN.	35
4.2. BYGGNATION	37
4.2.1. GRUNDTANKE – MODULSYSTEM.	37
4.2.2. KONSTRUKTION - FRAMTAGANDE AV RITNING	38
4.2.3. ANSKAFFANDE AV MATERIAL.	39
4.2.4. SVETSA STÅLRAM	40
4.2.5. MONTERING OCH TÄTNING AV OBRÄNNBARA SKIVOR.	41
4.2.6. MONTERING OCH TÄTNING AV SIKTSKIVA.	42
4.3. PRAKTISKA TESTER	43
4.3.1. TESTER UTAN SIKTSKIVA.	45
4.3.2. TESTER MED LITEN SIKTSKIVA.	53
4.3.3. TESTER MED STOR SIKTSKIVA.	56
4.3.4. MÄTNING AV EFFEKTUTVECKLING VID ÖVERTÄNDNING	67
4.4. UTVÄRDERING	67
5. RESULTAT	71
6. DISKUSSION	77
7. LITTERATURFÖRTECKNING	81
BILAGOR	83
Bilaga A.1 - Konstruktion	85
Bilaga A.2 - Material	87
Bilaga B - Simuleringar	91
Bilaga C - Strålningsmätare	93
Bilaga D – Lektionsmaterial (för läraren)	95

1. Inledning

Detta projektarbete är en del i kursen Problembaserad brandteknisk riskvärdering som är den avslutande kursen på brandingenjörsutbildningen vid Lunds Tekniska Högskola. Uppdragsgivare för projektet är Statens Räddningsverk (SRV).

Vid Räddningsverkets skola i Skövde hålls utbildningar för olika kategorier av räddningstjänstpersonal. Vid skolan finns ett brandlaboratorium som är under utbyggnad. För att kunna nyttja laboratoriet effektivare i undervisningen vill man från Räddningsverkets sida ha ett modellbrandrum som skall kunna användas i undervisningen. Denna modell skall användas vid undervisning i brandförlopp för alltifrån räddningsmän till brandmästare.

Den nya brandmannautbildningen kommer att ställa högre krav på vetenskapliga resonemang och möjligheter till fördjupning. Modellen kommer att vara ett hjälpmedel till att fördjupa undervisningen inom ämnesområdena brandförlopp samt förebyggande brandskydd. Eftersom modellen skall användas som ett pedagogiskt hjälpmedel är det viktigt att brandförloppet ser realistiskt ut. Det är även viktigt att det är praktiskt genomförbart att använda modellen i det befintliga brandlaboratoriet.

1.1. Syfte

Syftet med projektet är att utforma och bygga ett modellbrandrum som skall kunna användas i brandlaboratoriet. Det skall vara möjligt att förevisa ett brandförlopp från antändning upp till övertändning och fullt utvecklad rumsbrand. Modellen skall, som tidigare nämnts, användas som ett pedagogiskt hjälpmedel i undervisningen. Syftet är att den skall kunna användas parallellt med den nya läroboken *Inomhusbrand /1/* som används vid brandförloppslektionerna. Modellen skall vara en naturlig länk för att knyta ihop teori och praktik. Till detta skall hänsyn tas vid genomförandet av projektet.

Det ingår också i projektet att bygga modellen vilket medför att en hel del arbete blir av det praktiska slaget. Det ingår också för konstruktörerna att provelda den färdiga modellen för att se att den lever upp till de ställda kraven. Syftet med de efterföljande testerna är också att de skall ligga till grund för att lämpligt lektionsmaterial kan tas fram. Det är en viktig del angående modellens framtida nyttjande vid Räddningsverket.

1.2. Metod

Metoderna som använts vid framtagandet av modellen är av både teoretisk och praktisk karaktär. I inledningsskedet utfördes handberäkningar för att få en uppfattning om vilken storleksordning som var lämplig att dimensionera modellen i. Som komplement till handberäkningarna gjordes datorsimuleringar i två olika program. Mjukvaran som valdes var tvåzonsmodellerna *Branzfire /8/* och *CFAST*.

Utöver detta utfördes praktiska försök i provisoriska modellbrandrum för att kontrollera hur mätutrustningen fungerar och hur denna lämpligen bör placeras i den slutliga modellen. Kontakt togs med SP, Statens Provnings- och Forskningsinstitut, för att ta del av deras kunskaper vid konstruktion av modellbrandrum. Här nåddes klarhet i vilka material som var

möjliga att använda samt hur mätutrustningen kan användas. Därefter följde det praktiska arbetet som ej var av ringa art. Material till byggnationen anskaffades efter konsultation med branschfolk. Störst vikt lades vid val av vägg- och takmaterial samt vid val av den sammanhållande ramens utformning.

Hjälp

Tips och hjälp har erhållits från olika håll. I inledningsskedet var SP, som tidigare nämnts, ett stort stöd då de kunde leda projektörerna på rätt väg när det gäller materialval samt för att hitta rätt skalfaktorer. Därefter har Räddningsverkets personal bistått med hjälp då det har behövts. Det har rört sig om materialtransporter och upplåtande av maskiner och lokaler. Dessutom har riktlinjerna stämts av efterhand med personalen. Det var av stor vikt att produkten skulle falla beställaren i smaken. Dessutom behövdes introduktion i hur brandlaboratoriet fungerar. Släcksystem och ventilation styrs från en dator i lektionssalen och det var en förutsättning att behärska dessa system för att kunna gå vidare och göra praktiska tester av modellen.

Tester

Då beslut hade fattats angående mått och materialval byggdes en första variant av modellbrandrummet. Därefter vidtogs tester för att utröna vilken miljö som erhålls i modellen vid brand. I första hand ses till temperatur och brandgaslagrets höjd. Även strålning mot golvnivå var intressant eftersom detta kan ge en fingervisning om hur nära eller långt ifrån en fullt utvecklad rumsbrand man befinner sig. Dessa tre parametrar utvaldes därför att temperatur och strålning registreras på mätare vid försöken och brandgaslagrets höjd visuellt observeras vid varje försök.

Vid de inledande testerna mättes enbart temperatur i brandgaslagret. Vid denna tidpunkt var intresset fokuserat kring hur stor brandbelastning modellen skulle kläs med, laddningsmängd för initialbranden och placering av initialbrand. När svaren började ramla på plats utvidgades mätningarna till att mäta temperaturerna i både övre och undre brandgaslagret. Efter ytterligare utveckling mättes även strålning mot golvet.

I denna fas av projektet gjordes ett 20-tal stora tester för att nå den slutgiltiga lösningen. Inledningsvis gjordes tester för att vi skulle lära oss att hantera utrustning och lokaler. Dessa första tester redovisas inte i rapporten. Mellan varje test gjordes modifieringar eller helt nya lösningar av konstruktionen för att kunna variera ovan angivna parametrar. Eftersom en parameter ändrades åt gången tjänstgjorde detta som en form av känslighetsanalys. Genom att jämföra resultaten från försök till försök gavs svar på vilka parametrar som var viktiga och vilka som ej påverkade resultatet så mycket.

Utvärdering

Efter att en fullgod lösning arbetats fram slutfördes det praktiska arbetet vad avser byggnationen. Små justeringar av det estetiska slaget gjordes under utvärderingsfasen. Små läckor i konstruktionen letades upp och tätades. Läckage av brandgaser etc. påverkar helhetsintrycket varför allt läckage måste undvikas, även om det är så ringa att det ej påverkar brandförloppet. Efterföljande tester gjordes för att samla in data som senare skulle ligga till grund för ett lektions-PM.

Framtagande av lektionsmaterial

Mätningar gjordes nu på temperatur i övre och nedre brandgaslagret samt strålning mot golvnivå. Utöver detta fotograferades förloppet varje minut för att kunna presentera samtliga data tillsammans med bilder över hur det ser ut i praktiken. Till bilderna tillförs även text över de teoretiska resonemang som kan knytas an till händelseförloppet. Det rör sig om allt ifrån pyrolys och brandens tillväxt med ytflamspridning till flöde av brandgaser i de olika tryckzonerna och antändning av brandgaslagret. I och med att lektionsmaterialet var framtaget kunde den färdiga produkten överlämnas till Räddningsverkets skola enligt projektets syfte.

1.3. Avgränsning

I de situationer teoretiska resonemang och praktiska konstateranden kan komma i konflikt med varandra väljs att utforma modellen så att det mest tillfredsställande brandförloppet erhålles i praktiken. Modellen är inte tänkt att i första hand vara någon akademisk skapelse utan snarare ett pedagogiskt hjälpmedel för att lättare förstå teoretiska resonemang.

Avgränsningar i utvärderingen av modellen har tvingats göras på grund av lokala förhållanden. Det skulle vara önskvärt att mäta andelen syre i brandgaserna vid testerna i modellen. Det finns dock för närvarande ingen mätutrustning för att analysera brandgaser i frånluften från brandlaboratoriet. Rena effektmätningar har därför inte kunnat göras. Detta gör att alla teoretiskt framräknade effektutvecklingar som legat till grund för hur modellen ser ut inte har kunnat verifieras i praktiska tester. Detta ger dock inga negativa konsekvenser för den färdiga produktens möjligheter att leva upp till syftet. Beräkningarna gjordes för att uppskatta och få en fingervisning om hur modellen skulle konstrueras. Svaret kommer sedan i de praktiska testerna där justeringar måste göras om modellen inte klarar att leva upp till det angivna syftet.

2. Problembeskrivning

Vid arbetets start erhöles inga hårda förmaningsorder. Kraven kan i stort sammanfattas i tre punkter:

- Modellen skall gå att använda i det befintliga brandlaboratoriet.
- Det skall gå att visa ett brandförlopp från antändning via övertändning till fullt utvecklad rumsbrand.
- Det skall gå att använda den nyinköpta strålningsmätaren.

Ovannämnda krav avser dock endast att använda modellen som ett hjälpmedel i brandförloppsundervisningen. Vid samtal med förebyggandeavdelningen framkom att de skulle vara intresserade av att använda modellen om det fanns förutsättningar för att göra det. Eftersom det är betydligt lättare att baka in lösningar för specifika ändamål i projekteringsstadiet än senare under arbetet så togs dessa önskemål i åtanke. Några av önskemålen var att kunna påvisa antändning av golvmaterial och väggmaterial, ett annat önskemål var att ha möjlighet till att visa brandspridning på ytskikt.

Ytterligare ett önskemål fanns vid projektets inledning. Det handlade om antändningen av modellen. Man ville från Räddningsverkets sida inte ha något gasformigt bränsle i modellen. Det skulle vara lättare att räkna ut brandeffekten från initialbranden om gas, exempelvis propan, används för antändning. Skälet till att gas inte önskades var att hela förloppet skulle likna ett tänkbart scenario i en rumsbrand. Sannolikheten är större att en sådan brand startar i fibrösa material än att den antänds av ett gasformigt bränsle.

Nedan följer faktorer som påverkat beslutet angående modellens mått:

Om modellen skall användas av förebyggandeavdelningen kommer det att ställa andra krav på utformningen. Det som kan vara av intresse för dem att visa är t ex: antändning av golvmaterial, antändning av väggmaterial, brandspridning på ytskikt eller brandspridning mellan rum. Idag testas nya ytskikt på marknaden med Room/Corner Test, ISO 9705 /2/ (se även kapitel 3.3). Hittills har ett 30-tal material provats. Av denna anledning kan det vara lämpligt att utforma modellen som en nedskalning av ett Room/Corner Test.

Måttet på modellen har också en indirekt betydelse. Det skall nämligen gå att flytta modellen mellan rummen i brandlaboratoriet. Den får inte låsa upp ett helt rum. Kravet är därför att bredden inte är större än att modellen kan passera en vanlig dörr.

Ytterligare en aspekt är vikten. Eftersom påfrestningarna kommer att bli stora på modellen krävs grov godstjocklek på de använda materialen. Detta inverkar naturligtvis på vikten. Önskemålet i det fallet är en lätt konstruktion. Den måste ändå vara tillräckligt stor för att alla skall kunna se förloppet tydligt på lektionerna.

Till brandförloppsundervisningen används läroboken Inomhusbrand /1/. Där används i de flesta exempel rumsmåtten (3,6·2,4·2,4) m, det vill säga samma mått som i ISO-standarden Room/Corner Test. För att knyta ihop teorin i boken med de praktiska försöken i modellen är det en pedagogisk vinst i att ha en nedskalning av dessa mått.

Med avseende på ovan angivna anledningar beslutades tidigt att modellen skulle vara en nedskalning av Room/Corner Test. Skalan bör vara så stor som möjligt för att få en bra överskådlighet av den färdiga modellen. Dörrbredden till föreläsningssrummet får därför sätta den övre gränsen. Beslutet föll på att utforma modellen som Room/Corner Test i skala 1:4. Måtten blir därmed enligt tabell 2.1.

	Längd (m)	Bredd (m)	Höjd (m)	Höjd (m) (öppning)	Bredd (m) (öppning)
Room/Corner Test	3,6	2,4	2,4	2,0	0,8
Modellbrandrum	0,9	0,6	0,6	0,5	0,2

Tabell 2.1. Modellen konstrueras som ett Room/Corner Test i skala [1:4].

Huruvida det är möjligt att erhålla övertändning i ett rum med dessa mått måste undersökas. Kontroll av måttens lämplighet gjordes med såväl handberäkningar som datasimuleringar och redovisas i kapitel 4.1.2

2.1. Placering

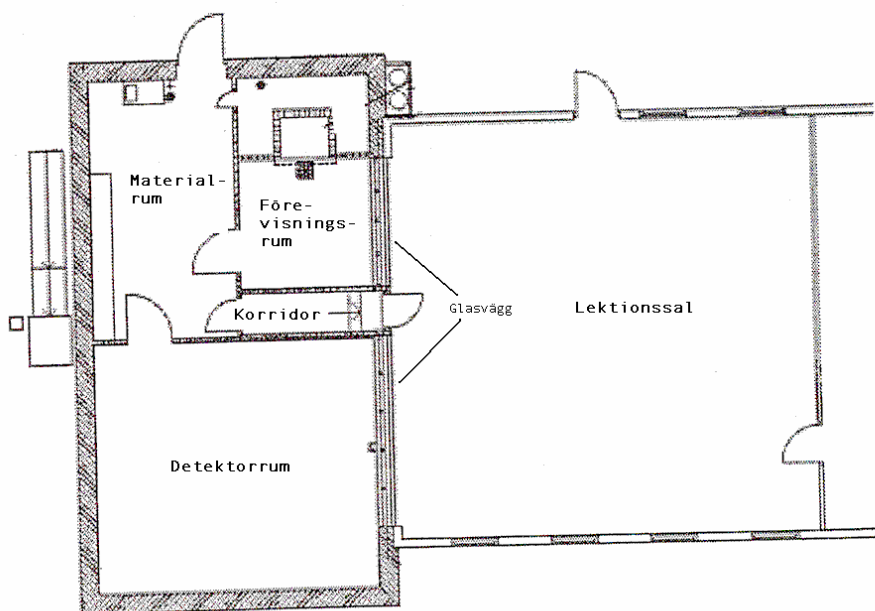
Modellen skall passa in i det befintliga brandlaboratoriet. Därför kommer här att redogöras för hur anläggningen är uppbyggd. Beskrivning över hur lokalerna ser ut, styrning av ventilations- och släcksystem samt placering av ventilationsdon kommer att följa.

Lokalbeskrivning:

Lokalerna i vilka modellen är tänkt att användas består av fyra rum.

Dessa rum utgörs av:

- Lektionssal
- Föreläsningssrum
- Materialrum
- Detektorrum



Figur 2.1 Ritning över brandlaboratoriet med lektionssalen och tillhörande rum.



Bild 2.1 Bild över lektionssalen. Framme till vänster finns datorn som styr ventilationen i föreläsningssalen och detektorrummet. På väggen finns centralen för styrning av släckmedel.

Lektionssalen är en till största del en helt ordinär lektionssal. Den bakre väggen utgörs dock av en glasvägg och angränsar till två rum. Dessa rum benämns föreläsningssalen och detektorrum (se figur 2.1). Detektorrummet används mest för att påvisa hur snabbt olika detektorer löser ut. Här eldar man med mindre objekt för detta ändamål. Rummet är kaklat och tål, enligt byggherren, temperaturer på cirka 100°C. I föreläsningssalen eldas intensivare. Här visas till exempel förloppet då en fätölj eller soffgrupp brinner. Omslutningsytorna är råa betongytor. Föreläsningssalen tål enligt byggnadsspecifikationen en temperatur på åtminstone 300°C. Dessa temperaturer förmodas inte erhållas vid användandet av modellen. Även om det blir 700°C i modellen torde temperaturen i föreläsningssalen understiga 100°C, detta eftersom modellen saknar tillräckligt stor bränslemängd för att åstadkomma en högre temperatur och dessutom ventileras rummet kontinuerligt.



Bild 2.2 Vy över lektionssalen. Till höger finns föreläsningssalen och till vänster skymtar detektorrummet. Däremellan dörren till korridoren och materialrummet.

I båda dessa rum sker föreläsning helt avskilt från lektionssalen. Mindre experiment kan utföras i lektionssalen men för att helt slippa rök, flammor och värme krävs att försöken utförs i något av de två ovan nämnda rummen. Mellan dessa två rum finns en korridor som leder från lektionssalen till ett materialrum.

Från materialrummet finns i sin tur dörrar som leder till föreläsningssalen och detektorrummet. Det är enbart i föreläsningssalen som eldande kommer att ske. Därför beskrivs rummet närmare. Föreläsningssalen har omslutningsytor av betong förutom glasväggen mot lektionssalen och ståldörren mot materialrummet. Föreläsningssalen har måtten (3,2-2,9-3) m (l·b·h). I föreläsningssalen finns fasta släcksystem installerade. Dessa släcksystem är vatten, CO₂, argonit och inergen. I materialrummet finns behållare för dessa släckmedel som är permanent kopplade till föreläsningssalen.



Bild 2.3 Materialrummet. Den vänstra dörren leder in i föreläsningssalen och den högra dörren leder via korridoren till lektionssalen.

I detektorrummet kommer ingen direkt verksamhet att ske men det omnämns ändå i texten. Det är nämligen fullt möjligt att i framtiden använda modellen även i detektorrummet. Detta rum är ljusare och större och lämpar sig därför bra. Under framtagandet av modellen används dock enbart föreläsningssalen. Detta beror i första hand på att det inverkar gynnsamt på utvärderingen av försöken om förutsättningarna är så lika som möjligt. Det beror även på att föreläsningssalen är byggt för att klara en betydligt högre temperatur än detektorrummet. Eftersom det till viss del är oförutsägbart hur varmt det kommer att bli i lokalen, framförallt om något går snett, väljs att använda föreläsningssalen. Om detektorrummet skall användas i framtiden rekommenderas dock att en huv monterar under frånluftsdonet för att få mindre omrörning av luften runt modellen. Detta skulle annars leda till sikttnedsättningar i rummet.

Ventilation:

Ventilationen styrs helt elektroniskt från en dator i lektionssalen. När förbränning skall ske i antingen föreläsningssalen eller detektorrummet kopplas ett speciellt frånluftsaggregat in. Datorprogrammet som styr ventilationen är gemensamt för föreläsningssalen och detektorrummet.

Datorprogrammet Unigrv används för att styra ventilationen. Det finns i programmet två olika driftlägen för ventilationen och dessa är ”övning” eller ”drift”. Läget ”drift” betecknar den vanliga allmänventilationen. Alla fyra rum har allmänventilation för att hindra luften från att stå helt stilla då verksamhet inte bedrivs i lokalerna. Allmänventilationen i de fyra rummen betjänas av ett och samma frånluftsaggregat. Det finns dock ytterligare ett frånluftsaggregat avsett för övning.



Bild 2.4 Längst fram i lektionssalen finns datorn som styr ventilationen. På skärmen syns flödesschemat för ventilationen i detektor- material- och förevisningsrummet.

När övningsaggregatet kopplas in går frånluften, dvs. brandgaserna, genom ett speciellt filter innan det når aggregatet. Filtret fångar upp en stor del av de partiklar som bildas vid förbränningen. Syftet är att minska skadliga kolmonoxidsutsläpp till miljön. När driftläget ”övning” markeras justerar programmet två spjäll så att det vanliga frånluftsaggregatet byts ut till det speciella aggregatet med kolfiltret. Det går också att justera flätkapacitet i rummet. Detta sköts likväl från dataskärmen. Kapaciteten ställs in med en relativ skala som betecknar procentuella effekten jämfört med aggregatets maxeffekt. Det visade sig att filtret var något igensatt varför den relativa flätkapaciteten 100% kommer att användas genomgående under testerna.

Slutligen några ord om donplaceringen. I förevisningsrummet finns tilluftsdonen placerade längs en kanal vid golvet. Frånluftsdonet sitter mitt i taket. Frånluftsdonet täcks av en plåt på cirka 1 m² som sitter cirka 20 cm från taket. Syftet med plåten är att minska omrörningen av luften i rummet. Donet suger därmed brandgaser från alla håll (360°) i takhöjd. Utan plåten skulle för mycket luft sugas in rakt nedifrån och därmed påverka brandförloppet för mycket.



Bild 2.5 Frånluftsdonet i föreläsningssalen är placerat ovanför plåten i taket. Kanal till tilluft (th).



Bild 2.6 Tilluftsdonen är placerade i en kanal längs golvet i föreläsningssalen.

2.2. Utrustning

Strålningsmätning

Det fanns från Räddningsverkets sida önskemål om att kunna använda deras nyinköpta strålningsmätare i modellen. Vid konstruktionsarbetet har detta önskemål tagits i beaktande. För undertecknade uppstod extraarbete med att lära känna datorprogrammet Datin som styr datainsamlandet och inställningar av strålningsmätaren. För närmare information om strålningsmätaren, se bilaga C.

Eleven skall kunna följa den mot golvet infallande strålningen genom att snabbt slänga ett öga på dataskärmen. Det är sedan lätt att efter föreläsningen gå in i den lagrade datafilen och närmare studera resultatet.



Bild 2.7. Strålningsmätaren med huvudenheten på vagnen och vattenpumpen med kylslang till höger. Den mantlade slangen med mätarens öga i förgrunden.

Mätningen av strålning är tänkt att gå till på så sätt att en dator finns placerad i klassrummet. Därifrån skall en kabel dras till strålningsmätarens huvudenhet som är placerad utanför föreläsningssalen. Via en genomföring i väggen dras den mantlade kylslangen in i föreläsningssalen och strålningsmätarens öga förs upp genom ett hål i golvet på modellen. (se bild 2.8)

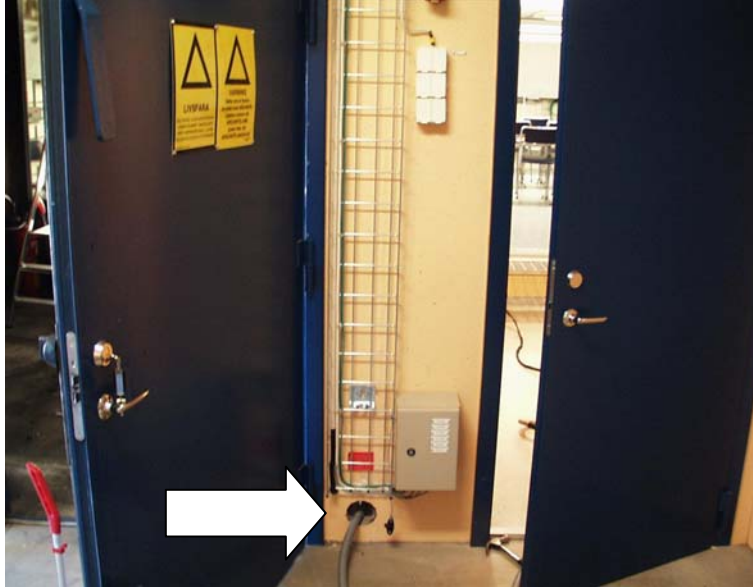


Bild 2.8 Dörren till höger leder via korridoren till klassrummet och dörren till vänster leder in i föreläsningssalen. Genomföringen i väggen används för att dra in strålningsmätaren till modellen.

Temperaturmätning

Även temperaturen skall mätas i modellen. Det medför dock inga speciella justeringar i projekteringsfasen. Temperaturen är tänkt att mätas med termoelement som förs in i små hål som görs i modellens väggar efter att den färdigställts.

3. Teoretisk bakgrund

I dagsläget finns olika mer eller mindre vetenskapligt framtagna modellbrandrum. Den typ av modellbrandrum som används idag på Räddningsverkets skolor är den så kallade "Kurt Olsson-lådan". I den konstruktionen går det att nå fullt utvecklad rumsbrand. Det är dock svårt att göra beräkningar på brandförloppet i den typen av modeller. Den är helt byggd av spånskivor och förbrukas under branden. För att den nya modellen skall vara en förbättring bör några aspekter vägas in i projekteringen.

För det första bör det finnas en uppfattning om hur väl en modell representerar verkligheten. Det måste finnas någon form av skalfaktorer.

Begreppet övertändning måste definieras för att konstruktörerna skall kunna tillgodose att de olika fenomenen i förloppet åskådliggörs.

3.1. Skalfaktorer

Det var inte fastställt i utgångsläget om modellen skulle vara en skalmodell, det vill säga en nedskalning av ett befintligt objekt, eller om den enbart skulle utgöra ett litet brandrum med påhittade mått. Enklast var kanske att bygga en modell och sedan helt enkelt nöja sig med att använda den om den visade sig fungera väl.

I detta projekt var det önskvärt att modellen skulle kunna användas tillsammans med boken Inomhusbrand. I denna skrift används i flertalet exempel rum med dimensionerna (3,6·2,4·2,4)m (l·b·h) med en öppning (2,0·0,8)m (h·b). Det kan därför vara pedagogiskt riktigt att göra en nedskalning av detta rum.

Ytterligare skäl som talar för att använda ovan nämnda mått är att det är samma mått som används vid Room/Corner Test, se kap. 3.3. Därmed erhålls utvidgade möjligheter att använda modellen med olika ytbeklädnader. Eftersom det finns Room/Corner Test för ett 30-tal på marknaden förekommande ytbeklädnader gör det att undervisning inriktad mot förebyggande brandskydd kan ha större utbyte av modellen.

För att få reda på hur skallagar fungerade så kontaktades Haukur Ingason och Anders Bergqvist på SP-brandteknik som hjälpte undertecknade in på rätt spår. Detta gav att beslutet föll på att använda korrelationer för skalförsök framtagna av Heskestad /3/ enligt följande samband där index M avser modellen och index F avser originalrummet.

$$\text{Brandeffekt} \quad \frac{Q_M}{Q_F} = \left(\frac{L_M}{L_F} \right)^{5/2} \quad (3.1)$$

$$\text{Temperaturen på brandgaserna} \quad T_M = T_F \quad (3.2)$$

För att erhålla rätt temperatur så skall helst väggmaterialen i modellbrandrummet ha motsvarande värde på $k\rho c$ som originalrummet /3/.

$$\text{Termiska egenskaper} \quad \frac{(k\rho c)_M}{(k\rho c)_F} = \left(\frac{L_M}{L_F} \right)^{3/2} \quad (3.3)$$

Vid val av vägg-, tak- och golvmaterial i modellen togs dock enbart hänsyn till materialets egenskaper att stå emot brand.

3.2. Övertändning

Syftet är som bekant att konstruera en modell i vilken det finns möjligheter till att förevisa övertändning. Därför kan det vara lämpligt att definiera vad som i rapporten avses med begreppet övertändning. Eftersom modellen skall kunna användas tillsammans med boken Inomhusbrand /1/ är det lämpligt att använda samma kriterier som boken gör.

Definition av begreppet övertändning:

Under en rumsbrand kan det inträffa ett stadium där den termiska strålningen från branden, de varma gaserna och de varma omslutningsytorna orsakar att alla brännbara ytor i brandrummet pyrolyseras. Detta plötsliga och sammanhängande övergångsstadium av ökande brand kallas ”övertändning” /1/.

Det finns ett flertal andra definitioner av begreppet övertändning och en av dessa är ISO-definitionen:

”The rapid transition to a state of total surface involvement in a fire of combustible materials within an enclosure” /4/

Det som främst skiljer de båda definitionerna åt är att i ISO-standarden talas det speciellt om att det är ett snabbt och därmed underförstått också ett väldigt kort förlopp tidsmässigt som avses i begreppet övertändning. Dock talar inte ISO-standarden om att branden fortgår efter att en övertändning skett.

En rumsbrands utveckling kan grovt sett delas in i två olika stadier. I det första stadiet är det tillgången på bränsle som styr och i det andra stadiet är det tillgången på syre som styr. En bränslekontrollerad brand innebär att det är mängden bränsle som kan antändas och brinna som styr effektutvecklingen och därmed hur brandförloppet kommer att se ut. Detta är ofta fallet vid stora rumsvolymmer med stora öppningar där frisk luft kan komma in i brandrummet och det dessutom inte finns så stor mängd bränsle. En ventilationskontrollerad brand innebär att det är tillgången på syre i brandrummet som styr brandens effektutveckling. Detta är ofta fallet i rum med små öppningar eller helt slutna rum. De flesta bränder genomgår dock båda stadierna, till en början är de bränslekontrollerade för att övergå till att bli ventilationskontrollerade.

Det finns några helt grundläggande förutsättningar för att en brand skall kunna gå till övertändning. Den första är att det måste finnas tillräckligt med brännbart material i förhållande till hur stor volym ett rum har. Den andra är väggarnas termiska egenskaper, väggarna måste vara tillverkade enligt en konstruktion som gör att värmen som byggs upp i brandrummet stannar kvar i rummet, annars kommer det inte att ske någon temperaturstegring i brandrummet. Den tredje är att det finns tillräcklig mängd syre i brandrummet. Detta innebär att det måste finnas öppningar till rummet. Om dessa tre förutsättningar är uppfyllda så kan en brand gå till övertändning. Detta sker genom att i takt med att branden tilltar ökar temperaturen i den övre delen av brandrummet, där brandgaslagret byggs upp.

Allteftersom temperaturen ökar samt att brandgaslagret närmar sig golvnivån kommer också återstrålningen från brandgaslagret mot de nedre delarna av rummet att öka. Detta leder till att även material i nedre delen av rummet börjar att pyrolysera, vilket i sin tur leder till en ännu snabbare förbränning och när allt brännbart material involveras i branden så har en övertändning inträffat. Detta resonemang innebär att det måste till en ökning av förbränningshastigheten i rummet för att en övertändning skall kunna inträffa. Förbränningshastigheten kan främst öka på två sätt, för det första med en ökad flamspridning och en ökning av initialbrandens area. För det andra genom en ökad intensitet på en bestämd bränsleyta /7/.

Övertändningen sker under en väldigt kort tidsperiod, endast några sekunder, därefter uppstår en fullt utvecklade rumsbrand. Branden är bränslekontrollerad till dess att övertändning sker och övergår därefter till att vara ventilationskontrollerad. Den temperatur som behövs för att åstadkomma en övertändning anses ligga på cirka 500-600°C, på motsvarande sätt anses en strålningsnivå infallande mot golvet på 15 till 20 kW/m² tillräcklig /5/. Det är bara några få procent av rumsbränderna i Sverige som går till övertändning. Eftersom det i princip är omöjligt för en oskyddad människa att överleva en övertändning är det viktigt att kunna lära ut kunskapen om hur en övertändning uppstår för blivande brandmän. Dessutom behöver självklart brandmän också för sin egen säkerhet känna igen tecken på en kommande övertändning. Att konstruera ett modellbrandrum för förevisning av övertändning är förhoppningsvis ett steg i rätt riktning vid både praktiska och teoretiska övningar inom området i framtiden.

3.3. Room/Corner Test

En av anledningarna till valet av mått för modellbrandrummet grundas på att det har utvecklats en standard, ISO 9705 the Room/Corner Test, för tester av olika sorters byggnadsmaterial. Detta är en internationell standard och hittills har ett 30-tal olika material testats på detta sätt. De parametrar som i dessa tester är av intresse och studeras är på vilket sätt branden uppför sig och om det finns risk för att branden skall gå till övertändning /6/. Bland annat registreras Heat Release Rate och produktionen av rök för att lättare kunna ranka de olika materialen mot varandra.

Fördelen med att använda detta rum som originalbrandrum är att värden från tester i fullskala finns tillgängliga bl.a. via SP i Borås. Genom att använda dessa värden samt skalfaktorer så går det även att göra tester på liknande sätt i modellbrandrummet. Att på detta sätt kunna göra en del jämförande tester var önskvärt inom den avdelning på SRV som utbildar inom det brandförebyggande området.

I de fall det är möjligt att använda samma metodik i modellen som i ISO-standarderna kommer detta att göras. Därav är det relevant med en beskrivning av de delar i ISO 9705 som tas i beaktande vid konstruktion och handhavande av modellen och dessa delar följer här /2/.

Princip

Metoden har för avsikt att undersöka brandens tillväxt med hänsyn tagen till ett visst ytskikt. Resultaten kan bara jämföras under förutsättning att en specificerad tändkälla används. En standardtändkälla finns specificerad men även andra alternativ av antändning är tillåtna. Metoden är inte framtagen för att undersöka brandtåligheten hos produkter utan, som tidigare nämnts, hur dessa produkter påverkar brandförloppet.

Potentialen för brandspridning till objekt som inte är i direkt närhet av tändkällan uppskattas genom mätningar av infallande strålning mot golvet mitt. Risken för spridning till objekt utanför rummet bedöms efter mätningar av brandens totala effektutveckling. Giftigheten av brandgaserna bedöms också efter mätningar av frånluften.

Brandrum

Testrummet skall bestå av fyra väggar, golv och tak. Alla vinklar skall vara räta och innermått skall vara:

Längd: 3,6 +/- 0,05m.
Bredd: 2,4 +/- 0,05m.
Höjd: 2,4 +/- 0,05m.

Rummet skall endast ha en öppning och den skall vara placerad centrerad på ena gaveln. Måtten skall vara:

Bredd: 0,8 +/- 0,01m.
Höjd: 2,0 +/- 0,01m.

Inga andra öppningar får förekomma. Rummet skall placeras inomhus i ett utrymme som är tillräckligt stort för att garantera minsta möjliga felkällor för brandförloppet. Rummet skall konstrueras av obrännbart material med en densitet mellan 500-800 kg/m³.

Tändkälla

Standarden rekommenderar att en tändkälla som bygger på en propangasbrännare används. Det finns dock alternativa tändkällor redovisade i annex A och B i ISO 9705 /2/. Dels finns alternativa gasformiga tändkällor som exempelvis kan vara bra om droppande material, plaster etc, skall testas i brandrummet. Det finns även förslag på sekundära tändkällor såsom möbler eller papperskorgar som istället skall påverka ytbeklädnaden i rummet. Används sekundära tändkällor skall dessa vara väl beskrivna och möjliga att efterlikna vid ett senare tillfälle.

Strålningsmätning

Strålningsmätning skall göras i golvnivå i rummets centrumpunkt. Mätaren skall vara dimensionerad för att klara en strålningsnivå på åtminstone 50kW/m². Mätvinkeln skall vara 180°.

Testförfarande

Produkten som skall undersökas skall, så långt det är möjligt, monteras med samma förfarande som vid praktiskt användande. Temperaturen i brandrummet skall i utgångsläget vara 20°C +/- 10°C. Initialbranden skall vara i kontakt med väggmaterialet, enligt definition i hörnet. Produkten skall bli fotograferad eller videofilmad innan testet.

Under testet skall vissa observationer, samt tidpunkter för dessa, noteras. Det kan t ex vara:

- Antändning av tak.
- Ytflamspridning på vägg- och takmaterial.
- Flammor som slår ut genom dörröppningen
- Förändringar av effekten från initialbranden (speciellt då gasbrännare används).

Avbryt testet då övertändning erhålls eller då 15 minuter har gått, beroende på vilket som inträffar först. Lagg märke till vilka förändringar/skador som uppstått i det undersökta materialet.

Avsteg från ISO 9705 på grund av lokala begränsningar

- Kan ej samla upp brandgaser för analys av syre och kolmonoxid etc.
- Kan inte mäta volymflöde
- Optisk densitet mäts ej på brandgaserna (varken utrustning eller behov finnes).

4. Genomförande

Som anges i kapitel 1.1 är syftet med projektet att komma fram till hur modellbrandrummet skall utformas och byggas för att kunna användas till att förevisa övertändning. Därefter skall modellen byggas och utvärderas. Innan en färdig produkt står på bordet måste flertalet aspekter vägas in för att syftet skall bli uppfyllt. Delas genomförandet upp i undergrupper kan det sammanfattas i följande punkter:

- Beräkning och dimensionering
- Byggnation
- Praktiska tester
- Utvärdering
- Ta fram lektionsmaterial

Framtagande av lektionsmaterial redovisas dock ej här utan under Resultat i kap. 5.

4.1. Beräkning och dimensionering

Innan byggnationen påbörjas måste det kontrolleras att modellen kommer att fungera väl. Här görs beräkningar för att se att det överhuvudtaget går att nå övertändning med vald utformning. Dels kontrolleras hur hög effekt som krävs för att få övertändning i Room-corner testet och dels hur hög effekt som krävs i modellen.

4.1.1. Beräknad effektutveckling Room/Corner Test

Inledningsvis beräknas den tid det tar för temperaturprofilen att nå stationära förhållanden på båda sidor om den för branden utsatta väggen /5/

$$t_p = \frac{\delta^2}{4\alpha} \quad (4.1)$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c} \quad (4.2)$$

vägg tjocklek, $\delta = 150$ mm
termisk konduktivitet, $k = 1,0$ W/m K
densiteten, $\rho = 790$ kg/m³
värmekapacitivitet, $c = 1900$ J/kg K

Tillsammans ger dessa två ekvationer ett t_p (thermal penetration time) som är cirka 8440 sekunder. För tid mindre än t_p räknas den effektiva värmekonduktions koefficienten (h_k) fram enligt

$$h_k = \sqrt{\frac{kc\rho}{t}} \quad (4.3)$$

där tiden (t), sätts till 10 minuter vilket antas vara den tidpunkt då övertändning inträffar i modellen, detta ger ett h_k som är $0,05 \text{ kW/m}^2 \text{ K}$.

Om antagandet att en övertändning sker vid en temperatur som är 500°C över omgivningens temperatur samt att:

gravitationskonstanten, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$\rho_{\text{luft}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$T_{\text{luft}} = 293 \text{ K}$

$c_p = 1,05 \text{ kJ/kg K}$

ger detta att den teoretiska brandeffekt som behövs för att en övertändning, med branden placerad centralt i rummet, skall kunna inträffa är /5/

$$\dot{Q}_{FO} = 610(h_k A_T A_0 \sqrt{H_0})^{1/2} \quad (4.4)$$

längd = 3,6 m

bredd = 2,4 m

höjd = 2,4 m

$h_k = 0,05 \text{ kW/m}^2 \text{ K}$

Area av ventilationsöppning, (A_0), $2,0 \cdot 0,8 \text{ m} = 1,6 \text{ m}^2$

Höjden på öppningen, (H_0) = 2,0 m

Inre omslutningsarea, (A_T) = $44,48 \text{ m}^2$

Allt detta sammantaget ger:

$$\dot{Q}_{FO} = 610(0,05 \cdot 44,48 \cdot 1,6 \sqrt{2,0})^{1/2} = 1368 \text{ kW}$$

För att kontrollera om det är möjligt med en effekt på drygt 1300 kW så beräknas om branden är bränsle eller ventilationskontrollerad. En bränslekontrollerad brand innebär att det är mängden bränsle som kan antändas och brinna som styr effektutvecklingen och därmed hur brandförloppet kommer att se ut. Detta är ofta fallet vid stora rumsvolymer med stora öppningar där frisk luft kan komma in i brandrummet och det dessutom inte finns så stor mängd bränsle. En ventilationskontrollerad brand innebär att det är tillgången på syre i brandrummet som styr brandens effektutvecklingen. Detta är ofta fallet i rum med små öppningar eller helt slutna rum. De flesta bränder genomgår dock båda stadierna, till en början är de bränslekontrollerade för att övergå till att bli ventilationskontrollerade.

Om antagandet görs att:

$C_d = 0,7$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

kan en förenklad ekvation användas för att beräkna luftflödet till brandrummet /5/

$$m_{\text{luft}} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad (4.5)$$

Area av ventilationsöppning (A_0) = $2,0 \cdot 0,8 \text{ m} = 1,6 \text{ m}^2$

Höjden på öppningen (H_0) = 2 m

Detta ger ett teoretiskt maximalt luftflöde in i rummet på 1,13 kg/s.

Då 1 kg syre fullständigt förbrukas utvecklas energin 13,1 MJ. Eftersom det är 23 massprocent O_2 i luft så innebär det att 1 kg *luft* maximalt kan bidra till en energiutveckling på ca 3 MJ.

Detta ger en maximal teoretisk brandeffekt enligt följande samband,

$\dot{Q} = m_{\text{luft}} \cdot 3 \text{ MJ/kg luft} = 3390 \text{ kW}$, vilket innebär att det kommer att finnas tillräckligt med syre. För att nå övertändning beräknades en brand på ca 1300 kW behövas och branden är därmed bränslekontrollerad.

4.1.2. Beräknad effektutveckling modellen.

Inledningsvis beräknas den tid det tar för temperaturprofilen att nå stationära förhållanden på båda sidor om den för branden utsatta väggen /5/. Som väggmaterial används en byggskiva med produktnamnet Promatect H med materialegenskaperna:

termisk konduktivitet, $k = 0,19 \text{ W/m K}$

densiteten, $\rho = 870 \text{ kg/m}^3$

värmekapacitivitet, $c = 1130 \text{ J/kg K}$

vägg tjocklek, $\delta = 12 \text{ mm}$.

$$t_p = \frac{\delta^2}{4\alpha} \quad (4.1)$$

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c} \quad (4.2)$$

Tillsammans ger dessa två ekvationer ett t_p (thermal penetration time) som är cirka 190 sekunder. Vid brandförlopp som varar mer än tre minuter innebär detta att den effektiva värmekonduktiviteten, (h_k), blir konstant och räknas ut enligt:

$$h_k = \frac{k}{\delta} \quad (4.6)$$

Detta innebär att

$$h_k = \frac{0,19}{0,012} = 0,0158 \text{ kW} / \text{m}^2 \text{ K}$$

Om antagandet att en övertändning sker vid en temperatur som är 500°C plus omgivningens temperatur samt att

gravitationskonstanten, $(g) = 9,81 \text{ m/s}^2$

$\rho_{\text{luft}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$T_{\text{luft}} = 293 \text{ K}$

$c_p = 1,05 \text{ kJ/kg K}$

Detta ger att den teoretisk brandeffekt som behövs för att en övertändning, med branden placerad centralt i rummet, skall kunna inträffa är /5/

$$\dot{Q}_{FO} = 610(h_k A_T A_0 \sqrt{H_0})^{1/2} \quad (4.4)$$

längd = 0,9 m

bredd = 0,6 m

höjd = 0,6 m

$h_k = 0,0158 \text{ kW/m}^2 \text{ K}$

Area av ventilationsöppning (A_0), $0,5 \cdot 0,2 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^2$

Höjden på öppningen, (H_0) = 0,5 m

Inre omslutningsarea, (A_T) = 2,78 m²

Allt detta sammantaget ger:

$$\dot{Q}_{FO} = 610(0,0158 \cdot 2,78 \cdot 0,1 \sqrt{0,5})^{1/2} = 33,99 \text{ kW}$$

För att kontrollera om det är möjligt med en effekt på ca 34 kW så beräknas om branden är bränsle eller ventilationskontrollerad. Uträkningarna utförs analogt med de i kap 4.1.1

Om antagandet görs att

$C_d = 0,7$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

så kan en förenklad ekvation användas för att beräkna luftflödet till brandrummet /5/

$$m_{\text{luft}} = 0,5 \cdot A_0 \cdot \sqrt{H_0} \quad (4.5)$$

Area av ventilationsöppning, (A_0) = $0,5 \cdot 0,2 \text{ m} = 0,1 \text{ m}^2$

Höjden på öppningen (H_0) = 0,5 m

Detta ger ett teoretiskt maximalt luftflöde in i rummet på 0,035 kg/s. Som visades i kap. 4.1.1. är energiutvecklingen maximalt 3 MJ/kg luft vilket ger en maximal teoretisk brandeffekt enligt följande samband,

$\dot{Q} = m_{\text{luft}} \cdot 3 \text{ MJ/kg luft} = 106 \text{ kW}$ vilket innebär att det kommer att finnas tillräckligt med syre för en brand på 34 kW och att branden därmed är bränslekontrollerad.

De 34 kW som nämndes för att erhålla övertändning är teoretiska. Modellen kommer att förses med en siktskiva på ena långsidan. Detta leder till strålningsförluster och kan kräva en högre brandeffekt för att nå övertändning. Öppningen ger dock möjlighet till en brandeffekt på 106 kW vilket är cirka tre gånger större. Med en trefaldig marginal skall det inte vara något problem att kunna nå övertändning.

4.2. Byggnation

Arbetet med byggnationen kan sammanfattas i följande punkter:

- Grundtanke - modulsystem där det är enkelt att byta separata delar.
- Konstruktion / framtagande av ritning.
- Anskaffande av material.
 - Obrännbara skivor
 - Stålprofiler
 - Siktskiva
 - Tätning/isolering
- Svetsa stålram.
- Montering och tätning av de obrännbara skivorna.
- Montering och tätning av siktskiva.

4.2.1. Grundtanke – modulsystem.

I inledningsskedet var det inte fastställt hur lång livslängd det skulle vara på modellen. I dagsläget används "Kurt Olsson-lådan" för att förevisa övertändning i liten skala vid Räddningsverkets skola i Skövde. Denna modell utgörs av en låda som består av spånskivor som skruvas ihop till en rumsmodell. En låda av den typen går bara att använda en gång eftersom den enbart består av brännbart material. Från Räddningsverkets håll var det önskvärt att modellen inte skulle vara av engångskaraktär. Följden skulle i så fall vara att modellen var en vidareutveckling av "Kurt Olsson-lådan" vilket inte var syftet med projektet.

Redan från början var tanken alltså att modellen skulle byggas av obrännbart material. Det är dock ofrånkomligt att även detta material förbrukas, åtminstone på lång sikt. Vid övertändning beräknas det bli ca 700°C och det kommer att innebära stora påfrestningar eftersom allt material kommer att värmas upp och kylas ned relativt snabbt. För användarvänlighetens skull väljs därför att utforma modellen som en typ av modulsystem. Därom var aldrig något tvivel. Däremot fick överläggningar göras för att bestämma hur lång förväntad livslängd modellen skall få. Det är i grund och botten en fråga om kostnadseffektivitet. Väljs enkelt eller billigt material kommer det att krävas tätare intervall mellan tidpunkterna för byte av delar i modellen. Byte eller reparation av delar i modellen medför naturligtvis kostnader. Det är inte bara nytt material som kostar utan även personalkostnader för att utföra arbetet måste räknas in.

Det billigare alternativet medför också lägre användarvänlighet eftersom modellen måste tas ur drift oftare då service skall utföras. Väljs däremot dyrare material håller modellen längre och blir också driftsäkrare.

Oavsett om det dyrare eller billigare alternativet väljs kommer det vara nödvändigt att byta vissa delar av modellen efter hand. Det gäller alltså att finna den gyllene medelvägen för att erhålla bästa kvalitet till en rimlig kostnad.

Efter diskussion med beställarna gjordes den slutliga utformningen med material av mycket god kvalitet. Valet blev alltså att bygga en modell med längre livslängd med något högre kostnad till följd. Betonas bör dock att det ändå skall vara mycket enkelt att byta delar såsom vägg eller golvsivor trots att det beräknade serviceintervallet blir längre.

4.2.2. Konstruktion - framtagande av ritning

Bärande konstruktion:

Modellen skall ha en bärande konstruktion, i form av en ram med hörnstolpar, som kan hålla upp väggar och tak. Det kommer att ställas höga krav på täthet i konstruktionen vilket i sin tur kräver en mycket stabil bärande konstruktion. Utformningen måste även tåla temperaturer på cirka 700°C med bibehållen funktion. För att tillgodose dessa krav väljs att bygga den bärande konstruktionen av stålprofiler. För mer information om ramen, se bilaga A.

I föregående avsnitt fattades beslut om att modellen skulle fungera som någon typ av modulsystem. Det är rimligt att anta att väggar och tak kommer att påverkas mest av branden och därmed bör dessa delar vara enklast att byta. Genom att ha U-profiler som hörnstolpar i konstruktionen (se bild 4.1) är det enkelt att byta väggsivorna. Dessa ställs helt enkelt på plats ovanifrån och lyfts ur när de förbrukats. Genom att välja extra kraftig godstjocklek på stålprofilerna kommer den bärande konstruktionen att hindra väggsivorna från att böja sig av värmepåverkan.



Bild 4.1 Från den första ritningen togs en konstruktion med detta utseende fram.

För att stabilisera konstruktionen väljs att ha ett förband upptill mellan hörnstolparna. Här räcker det med plattjärn som svetsas utanpå U-profilerna. Plattjärnen skall gå runt hela konstruktionen (se bild 4.1 samt bilaga A).

Stålkonstruktionen kommer att påverkas av värme som leds genom väggmaterialet. Detta kommer dock inte vara något hot eftersom dimensionerna är tilltagna för att klara denna påfrestning. Värre blir det för U-profilerna i hörnen. Eftersom väggsnivorna ställs i U-profilen kommer den ena flänsen att bli utsatt för direkt värmepåverkan. Påverkan blir både i form av flammor och strålning. Detta tas upp mer i avsnitt 4.3 – Praktiska tester.

4.2.3. Anskaffande av material.

Innan byggnationen kunde påbörjas var det nödvändigt att införskaffa erforderligt material.

Stålprofiler

Stålprofiler införskaffades hos Kött & svets AB i Tibro. För att kunna utforma ramen enligt tankarna i kap. 4.2.2. behövdes tre olika stålprofiler. Till bottenramen användes vinkeljärn. Hörnstolparna skall utgöras av U-profiler för att väggarna skall kunna ställas i och lyftas ur lätt uppifrån. Som förstärkning skall ett förband med plattjärn svetsas runt hela konstruktionen.

Golv/väggmaterial:

För att klara upprepade försök med övertändning måste modellen ha helt obrännbara inneslutningsytor. Materialval som gips och glasfiberarmerad betong diskuterades till en början. Gipsalternativet föll bort tidigt eftersom det inte klarar upprepade övertändningar. Vid ett val av gips som väggmaterial måste troligen alla väggar bytas efter varje försök. Glasfiberarmerad betong verkar vara ett gångbart alternativ. Det går enkelt att såga till rätt storlek och det tål vatten. Dock så visade det sig vara mindre lämpligt med tanke på att skivmaterial förvaras i oisolerade lokaler vilket gör att skivorna slog sig av temperaturskiftningar och skillnaderna i luftfuktighet sett över året. Efter konsultation med SP, Statens Forsknings och provningsinstitut, tyder allt på att det är det bästa alternativet är att använda ett skivmaterial med namnet Promatek H. Materialet är en fibersilikatskiva som primärt är avsett till att användas för brandtekniskt skydd av stålkonstruktioner. Det är samma material som SP själva använder när de bygger modeller för brandprovning. För materialdata se bilaga A.

Siktskiva:

Siktskivan som valdes är av samma typ som det glas som återfinns i braskaminer. Det fanns redan en likadan skiva på Räddningsverkets skola. Skivan var dock för liten för att använda i modellen. Efter att ha testat den lilla siktskivan i en provisorisk modell visade den sig klara brand på ett bra sätt. Därför beslutades att införskaffa en större skiva av samma typ. Produktnamnet är Robax och mer information återfinns i bilaga A.

Siktskivan måste tätas mot konstruktionen. Detta görs med hjälp av insulband, en isoleringsremsa med en självhäftande yta på ena sidan. Den klistras helt enkelt fast på siktskivans ram. Den tjänstgör såväl som tätning som vaddering för siktskivan. Eftersom siktskivan är av glas är det bra att den får ett mjukt stöd och inte behöver pressas mot metallramen (se bilaga A). Risken finns annars att sprickor skall uppstå i glaset.

Tätning/isolering

Tätning mellan konstruktionen och väggsnivorna samt mellan vägg- och takskivorna är tänkt att göras med keramisk isolering. Den införskaffas på rulle och skärs till i lämpliga längder och bredder. Isoleringen är liknande vanlig glasfiberisolering. Den är dock något mjukare, mer bomullslig, och vit. För produktinformation se bilaga A

4.2.4. Svetsa stålram

För att underlätta vid svetsningen av hörnstolparna väljs att ha vinkeljärn i bottenramen. Vinkeljärnen svetsas ihop till en rektangulär bottenram. U-profilerna som väggsnivorna sedan skall stå i ställs helt enkelt på flänsen i bottenramen och svetsas fast. I varje hörn finns två U-profiler, en för långsidan och en för kortsidan. Väggarna på lång- och kortsidan kommer därför inte i direkt kontakt med varandra utan de kommer att stå i en varsin U-profil.



Bild 4.2 Ramens ursprungliga konstruktion.

Upptill stabiliseras konstruktionen av plattjärn som svetsas utanpå U-profilerna. Plattjärnen går runt hela konstruktionen som ett förband.

Efter förbättringar fick konstruktionen ett något annorlunda utseende. Förbandet har flyttats högre upp på hörnstolparna och en ram för siktskivan har monterats, detta eftersom förbanden annars var placerade direkt i både dörröppning och fönsteröppning (Se bild 4.3). Måtten för bottenramen och hörnstolparna är dock identiska med föregående modell



Bild 4.3 Ny konstruktion med ram för infästning av siktskiva. Dessutom tillverkades en vagn för att underlätta förflyttning av modellen. Fäste för strålningsmätaren finns också på vagnen. Möjlighet finns att montera siktskivan på båda långsidorna.

4.2.5. Montering och tätning av obrännbara skivor.

Väggsnivorna kapas efter noggranna mätningar. Därefter lyfts de på plats i järnramen. I de första försöken placerades skivorna som utgör kortsidor innanför U-profilerna, (se bild 4.7). Detta gjordes för att inte utsätta järnprofilerna för onödig värmepåverkan. Tätningen mellan kortsidorna och långsidorna var då tvungen att göras inifrån modellen. Det var omständigt att utföra detta. Dessutom blev det allt smutsigare efter ett antal proveldningar. Beslut fattades därför om att montera även kortsidorna i U-profilerna. Tätningen kan då lätt utföras utifrån, se bild 4.4. Tätning måste även utföras bakom ramen för siktskivan, se avsnitt 4.2.6. Till dessa tätningarna används keramisk isolering, se bilaga A

Taket består av en tjockare obrännbar Promatekskiva som är 20 mm tjock. Att en tjockare skiva används här beror på att det är positivt med en tung takskiva. Tätningen mot väggarna blir då bättre. Att 20 mm skivtjocklek används i taket beror också på att värmepåverkan blir störst i taket. Skulle en tunnare, 12 mm, skiva användas finns farhågor att de kommer att böja sig på grund av värmen. Om takskivan väl skulle slå sig kan inte erforderlig täthet upprätthållas. Skivan skulle då få kasseras utan att ha använts tillräckligt många gånger för att vara utsliten. Det är alltså en kostnadseffektiv aspekt i att använda den tjockare, och dyrare, skivan till tak.

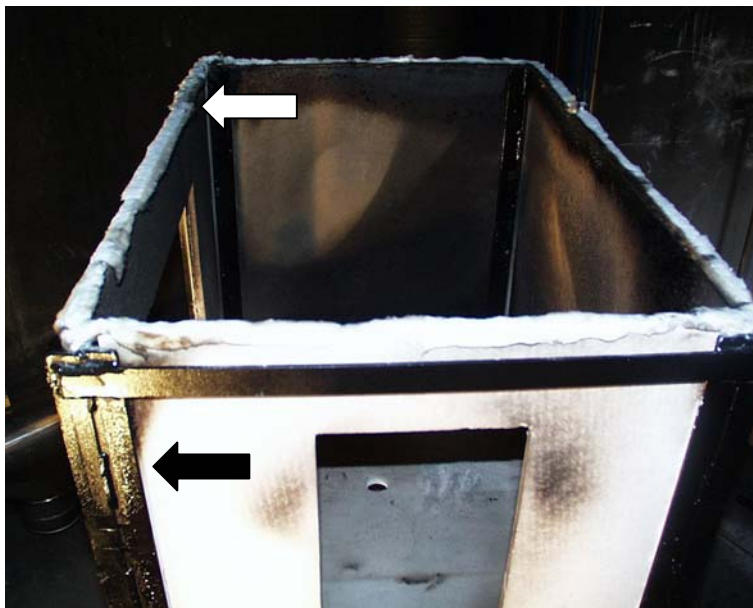


Bild 4.4 Tätning mot tak med keramisk isolering (vit pil) och tätning i U-profil (svart pil).

4.2.6. Montering och tätning av siktskiva.

Stålramen fick modifieras för att siktskivan skall kunna monteras på ett lämpligt sätt. Vid de första försöken skruvades siktskivan fast vid väggen med hjälp av tråklossar. Detta var en tidsödande och omständlig metod. Det uppstod även skador på väggmaterialet med det förfarandet. Efter justering fick ramen följande utseende.



Bild 4.5 Siktskivan ställs på plats i sin ram.

Siktskivan ställs på plats i ramen som är klädd med insulband (bilaga A). Därefter fälls två byglar ned i överkant. Skivan kan då inte ramla ut. Denna lösning valdes för att den är mycket smidig. Det är enkelt att ta loss siktskivan när initialbranden skall ställas på plats eller då något annat skall justeras inne i modellen. Det blir också mycket lätt med rengöring av glaset när det är så enkelt att ta loss och sätta dit det.

Tätning måste utföras bakom siktskivans ram. Detta sker med keramisk isolering som drevas mellan stålramen och Promatek H skivorna.

4.3. Praktiska tester

Testförfarandet var en stor del av projektet. Bakgrunden till det är att det var viktigt att kunna få fram ett standardiserat brandförlopp. Naturligtvis kan man ladda modellen med vad som helst och elda lite på känn. Det finns inget som hindrar det. Men det är en god förutsättning om man har vissa standardiserade förfaranden som ger så lika förlopp som möjligt från gång till gång. Det är allmänt känt att laborationer inför elever kan gå på tok och en stor del av tiden efteråt går åt till att förklara varför det inte blev som man förväntade sig. Detta sker då på bekostnad av det som verkligen skulle visas och diskuteras.

Här finns alla förutsättningar att göra ett förlopp som ter sig liknande från gång till gång. Positivt är att modellen används inomhus, till skillnad från Kurt Olsson-lådorna som ibland används ute på övningsfältet i containrar. Att göra försöket inomhus tar bort de stora osäkerheterna som fås på grund av vindpåverkan. Ytterligare säkerhet erhålls om en standardiserad laddning tas fram. Det är tanken att så skall ske när serien av tester är genomförd. Under förutsättning att laddningen är lika finns goda möjligheter att se till att antändningen också blir lika, eller liknande, från gång till gång. Därav det omfattande utformningsarbete som redovisas i detta kapitel.

Först utfördes tester på provisoriska modeller. Dessa tas inte med här. Syftet var att studera hur lokalerna och mätutrustningen fungerade och även att få en uppfattning om hur mycket brandgaser som produceras. Sedan byggdes rummet och därefter följde de praktiska testerna. Det var en rad frågor som krävde svar:

- Vad skall användas som bränsle?
- Hur stor brandbelastning skall det vara i modellen? Förloppet får inte gå för fort men det skall ändå vara tillräcklig brandbelastning för att nå fullt utvecklad rumsbrand.
- Vilken laddning skall användas till initialbranden – vilket material och hur mycket?
- Placering av initialbranden?
- Håller ramen och skivorna?
- Uppfyller lådan i sig de förväntade kraven? Går det att se de olika stegen i brandförloppet
- Fungerar det att använda modellen i de befintliga lokalerna med avseende på ventilation etc?

I följande avsnitt redovisas en stor del av de tester som gjorts. Mellan varje test förändrades en viss parameter för att kontrollera hur just den parametern inverkar på förloppet. Det kan liknas vid någon form av känslighetsanalys. Vid vissa tillfällen upprepades samma försök en gång till utan att någon förändring hade genomförts. Detta gjordes för att kunna fastslå att

förloppet verkligen hade förändrats då exempelvis brandbelastningen hade ökats. I de fall som ett försök upprepades och de båda försöken gav samma resultat redovisas enbart ett försök. Detta görs för att korta ned raden av försök i rapporten. Följande numrerade tester avser alltså försök med olika förutsättningar.

Test	Avsnitt	Förutsättningar	Förändringar	Resultat
1	4.3.1.	Inomhus i brandlaboratoriet, 0,90 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand		Ingen Ö.T.
2	4.3.1.	Inomhus i brandlaboratoriet, 0,90 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand	Ökning av fläktkapacitet	Ingen Ö.T.
3	4.3.1.	Utomhus, 0,90 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand	Testet utförs utomhus	Ingen Ö.T.
4	4.3.1.	Utomhus, 1,20 m ² bränsleladdning utspridd initialbrand	Ökad bränsleladdning	Ö.T. efter ca 4 min.
5	4.3.1.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,20 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand	Testet utförs inomhus igen	Ö.T. efter ca 7 min.
6	4.3.1.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,20 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand, två temperaturmätare	Två temperaturmätare, en vid varje kortsida	Ö.T. efter ca 6 min.
7	4.3.2.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,26 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand, två temperaturmätare, liten siktskiva	Liten siktskiva monteras på en av långsidorna	Ö.T. efter ca 7 min.
8	4.3.3.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,26 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand, två temperaturmätare, stor siktskiva	Stor siktskiva monteras på en av långsidorna	Ö.T. efter ca 9 min.
9	4.3.3.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,44 m ² bränsleladdning, utspridd initialbrand, två temperaturmätare, stor siktskiva	Högre öppningshöjd i dörröppning	Ö.T. efter ca 4 min.
10	4.3.3.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,44 m ² bränsleladdning, träribbstapel som initialbrand, två temperaturmätare, stor siktskiva	Träribbstapel används som initialbrand	Ö.T. efter ca 12 min.
11	4.3.3.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,44 m ² bränsleladdning, träribbstapel som initialbrand, två temperaturmätare, stor siktskiva, strålningsmätare	Strålningsmätare ansluts till modellen	Ö.T. efter ca 12 min.
12	4.3.3.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,44 m ² bränsleladdning, träribbstapel som initialbrand, två temperaturmätare, stor siktskiva, strålningsmätare	Ny placering av ytterväggar och ny placering av en tempmätare	Ingen Ö.T.
13	4.3.3.	Inomhus i brandlaboratoriet, 1,44 m ² bränsleladdning, träribbstapel som initialbrand, två temperaturmätare, stor siktskiva, strålningsmätare		Ö.T. efter ca 9 min.

Tabell 4.1 Tabell över testerna som redovisas i avsnitt 4.3.1, 4.3.2 och 4.3.3.

Före redovisning av testerna bör ett litet påpekande göras. Eftersom väggskivorna ställs i U-profilen kommer den ena flänsen att bli utsatt för direkt värmepåverkan. Påverkan blir både i form av flammor och strålning. Därför gjordes de första försöken med kortsidorna innanför U-profilen, se bild 4.7. Efter konsultation med en smed klargjordes dock att U-profilerna, eller rättare sagt stålet, skall klara att stå emot värmen utan att deformeras. Då valdes lösningen att placera såväl långsidorna som kortsidorna i U-profilen, se bild 4.6.



Bild 4.6 Hörn med två U-profiler i vilka respektive väggskiva ställs. Kortsidan går uppåt i bilden



Bild 4.7 Här visas principen över hur kortsidorna ställdes i de första försöken (vitt fält). Notera att kortsidan inte står i någon U-profil utan innanför densamma. Inga stålytor exponeras inne i modellen.

Konstruktionen är gjord så att rätt innermått erhålls när skivorna placeras enligt bild 4.6. I de försök där skivan placerades på det alternativa sättet, se bild 4.7, förlorades drygt 1cm av längden i varje ände av modellen. Denna längdändring, eller volymändring om så önskas, påverkar resultatet marginellt. Naturligtvis är det icke önskvärt att de eftersträvade måtten inte erhålls men även det riktiga Room/Corner Test har en viss tolerans i variation av innermått (jfr kapitel 3.3). Med den slutgiltiga utformningen tas dock felkällan bort och det riktiga innermålet 0,6 m erhålls.

4.3.1. Tester utan siktskiva.

Följande försök gjordes i syfte att erhålla lämplig brandbelastning för att nå övertändning i modellbrandrummet. Samtliga väggar består av Promatek H och det finns ingen siktskiva monterad. Testerna utfördes i brandlaboratoriet vid Räddningsverkets skola i Skövde, alltså i den lokal där modellen är tänkt att användas.



Bild 4.8 Standardutförande utan siktskiva.

Bränslet utgörs av spånskivor med tjockleken 12 mm. Kravet var att övertändning skulle erhållas men att förloppet skulle pågå under så lång tid som möjligt, gärna uppemot 10 minuter. Laddningen får därför inte vara för stor eftersom detta snabbt skulle leda till övertändning. Anledningen till att ett långsamt förlopp eftersträvas är att eleverna skall hinna studera brandgaslagrets sänkning och pyrolys från brännbara ytor etc under brandens tillväxtfas.

I dessa försök har laddningen gjorts med två spånskivor som ställs med 90° vinkel i ett hörn samt med en spånskiva i taket. Skivorna som ställs i hörnet har samma höjd som väggarna (det vill säga 60 cm) men bredden och därmed brandbelastningen, varierar i de olika försöken. Skivornas bredd redovisas för vart och ett av försöken nedan.



Bild 4.9 Laddning med spånskivor i hörn, här 60+60 cm.

Spånskivorna antänds av en initialbrand som utgörs av ett visst antal träpinnar. Träpinnar av två olika dimensioner används. De har alla en längd av 12 cm och tvärsnittsarean 10 mm^2 för de tunna pinnarna och tvärsnittsarean 20 mm^2 för de tjocka pinnarna. I följande försök används 12st tunna och 12st tjocka pinnar till initialbranden. För att underlätta antändningen placeras ett standardiserat antal papperstussar (7st) under träpinnarna. Initialbranden täcker ett avstånd på ca 20 cm åt var håll från hörnet.

På golvet placeras en bit spånskiva för att indikera vilken storleksordning på strålningsnivå som erhålls. Vid övertändning antänds allt brännbart material i rummet, vilket i det här fallet utgörs av de pyrolyserande gaserna från samtliga spånskivor. Vid försöken används ingen strålningsmätare men spånskivan på golvet antas antända vid en infallande strålning på cirka 20 kW/m^2 /5/. Golvskivan förväntas dessutom vara den sista brännbara ytan som antänds i rummet.

Termoelement placeras i modellen ca 10 cm från taket. Vid de första försöken används endast ett termoelement. Det placeras i hörnet vid den kortsida som öppningen är placerad i, alltså i framkant på lådan. Vid de senare försöken (från försök 6 och framåt) finns ytterligare ett termoelement i bakkant på lådan. Även detta placeras ca 10 cm från taket. På grund av läckage kan temperaturen i brandgaslagret bli olika i olika delar av modellen.

För att underlätta felsökningen och lättare hitta eventuella läckage används två termoelement i de fortsatta försöken. När konstruktionen utformats så att temperaturen blir densamma i hela övre brandgaslagret görs en ny justering för placeringen av termoelement. Då placeras istället ett av de två termoelementen i det undre brandgaslagret (från försök 12 och framåt). Förändringar av detta slag redovisas i samband med varje försök.



Bild 4.10 Termoelementens placering i framkant och bakkant av modellen. På golvet skimtar initialbranden (t.h.) samt den brännbara golvskivan.

Test 1: Inomhus brandlaboratoriet.

Modellen placerades mitt i rummet på en vagn. Golvnivån på modellen hamnar ca 30cm över brandlaboratoriets golvnivå. Vid försöken tätades skarvarna med keramisk isolering. Isoleringen läggs på väggarna runt modellen innan det brännbara taket läggs på som ett lock. Ovanpå takspånskivan placeras Promatekskivan.

Laddning: Spånskivor i hörn, (2st) bredd 30 cm, samt hela taket.

Initialbrand: 12 + 12 pinnar och papper.

Övriga förutsättningar: Ventilation med frånluftsfläkt på 100%, driftläge-övning

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse
0	25	-	Antändning
1	37	-	
2	75	-	Lågor mot tak
3	110	-	
4	215	-	Tak brinner
5	430	-	
6	440	-	Lågor ut genom öppning
7	480	-	
8	490	-	
9	450	-	Avtar
10	450	-	Avbryt

Tabell 4.1. Test 1

Anmärkingar:

Temperaturen stiger snabbt och brandgaslagret sjunker till ca 35 cm. Brandgaserna blir mörka och en övertändning tycks vara nära förestående. Vid temperaturen 490°C (t = 8 min) avtar dock effektutvecklingen och brandförloppet intensitet minskar. Den brännbara skivan på golvet antänds ej.

Troliga orsaker:

Anledningen till att övertändning ej erhålls kan vara:

- Laddningsmängd
Efter 7 minuter brinner de båda hörnskivorna samt hela taket. Skivorna är dock ej genombrunna men det är troligt att den höga temperaturen pyrolyserat spånskivorna så att de ej kan avge lika mycket brännbara gaser efter denna tidpunkt. Hela den brandutsatta ytan på skivorna är förkolnade men de är ej kolade rakt igenom.
- Syrebrist – rökfyllnad i brandlaboratoriet.
När modellbrandrummet brinner bildas så stor mängd brandgaser att frånluftsfläkten i laboratoriet inte förmår att evakuera alla brandgaser. Eftersom laboratoriet har en stor volym och består av betongväggar kommer brandgaser snabbt att kylas. Temperaturen på brandgaserna i laboratoriet har uppmätts till ca 30°C. Tack vare att frånluftsdonet sitter i taket samlas de mesta brandgaserna där men en viss mängd fördelar sig i hela rummet. Detta får till följd att producerade brandgaser sugas in i modellen, med tilluften, vilket betyder en minskning av syrehalten. När syrehalten i tilluften minskas tillräckligt mycket leder detta obönhörligen till en minskad brandeffekt.
- Värmeförluster p.g.a. för hög öppningshöjd.
Öppningen är 50 cm hög och hela konstruktionen är som bekant 60 cm hög. Den tunna balken som återstår upptill kan vara för smal. Detta får till följd att en stor mängd heta brandgaser strömmar ut ur rummet. Om brandgaserna istället hålls kvar i rummet en längre tid kommer det att leda till högre återstrålning mot det brännbara materialet varpå brandeffekten blir större eftersom brandgaserna kommer närmare golvet.

Test 2: Inomhus brandlaboratoriet.

I detta försök laddas modellen på samma sätt som i test 1. Försöket skall ge svar på om det går att få frånluftsfläkten i laboratoriet att suga med en högre kapacitet. Ingen personal hade svar på denna fråga och på grund av detta gjordes test 2. Driftläget på ventilationssystemet valdes till vädring + övning.

Laddning: Spånskivor i hörn, (2st) bredd 30 cm, samt hela taket.

Initialbrand: 12 + 12 pinnar och papper.

Övriga förutsättningar: Ventilation med frånluftsfläkt på 100%, driftläge: övning + vädring.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse
0	25	-	Antändning
1	35	-	
2	80	-	Lågor mot tak
3	125	-	
4	210	-	Tak brinner
5	440	-	
6	430	-	Lågor ut genom öppning
7	450	-	Dörr till brandlaboratoriet öppnas
8	480	-	
9	500	-	Avtar
10	460	-	Avbryt

Tabell 4.2. Test 2

Anmärkningar:

Temperaturen stiger snabbt och brandgaslagret sjunker återigen till ca 35 cm. Liksom i test 1 blir brandgaserna mörka och en övertändning ser ut att uppnås. Vid temperaturen 500°C (t = 9 min) avtar dock effektutvecklingen och brandförloppets intensitet minskar. Den brännbara skivan på golvet antänds ej heller i detta test. Resultatet blir alltså något bättre men dock erhålls ingen övertändning.

Troliga orsaker:

Anledningen till att övertändning ej erhålls kan fortfarande vara för liten laddningsmängd, syrebrist på grund av rökfyllnad i brandlaboratoriet eller värmeförluster på grund av för hög öppningshöjd. (Se ”troliga orsaker” efter test 1).

Nu finns ingen rimlig metod för att öka ventilationen. För att utesluta syrebrist så beslutas att genomföra nästa test utomhus.

Test 3: Utomhus.

Testet genomförs utomhus för att utesluta möjligheten att det är syrebrist som gör att det inte går att få till en övertändning.

Laddning: Spånskivor i hörn, (2st) bredd 30 cm, samt hela taket.

Initialbrand: 12 + 12 pinnar och papper.

Övriga förutsättningar: Modellen placerad utomhus.
Solig dag, vindstill. Temperatur 26°C.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse
0	26	-	Antändning
1	70	-	
2	200	-	
3	400	-	
4	460	-	
5	480	-	
6	550	-	Avbryt
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	

Tabell 4.3. Test 3

Anmärkning:

Ytterligare något närmare övertändning än i test 2. Temperaturen stiger nu upp till 550°C men inga lågor slår ut från öppningen. Spånskivan på golvet antänds inte. Förloppet går dock snabbare vilket tyder på att någon form av syrebegränsning förelåg vid testerna inomhus. Det kan dock konstateras att det inte enbart berodde på syremängden.

Troliga orsaker:

Nu återstår att utröna om den uteblivna övertändningen beror på laddningsmängden eller på värmeförluster på grund av för hög öppningshöjd.

Test 4 Utomhus. Ökad brandbelastning.

Eftersom det inte var felkällan med syrebrist som orsakade problemen med att erhålla övertändning så beslutades om ett nytt försök utomhus men med en större laddning. Anledningen till att även detta test utförs utomhus är att alla förhållanden skall vara lika som i test 3, sånär som på laddningsmängden.

Laddning: Spånskivor i hörn, (2st) bredd 55 cm, samt hela taket.
 Initialbrand: 12 + 12 pinnar och papper.
 Övriga förutsättningar: Modellen placerad utomhus.
 Solig dag, vindstill. Temperatur 26°C.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse
0	40	-	Antändning
1	60	-	
2	140	-	
3	295	-	
4	500	-	Övertändning
5	510	-	Lågor slår ut
6	525	-	
7	570	-	
8	590	-	Avbryt
9	-	-	
10	-	-	

Tabell 4.4. Test 4

Anmärkningar:

Vid detta test erhöles en regelrätt övertändning. Det brännbara golvmaterialet antändes och lågor slog ut genom öppningen. Tilläggas bör att konstruktionen var uppvärmd vid starten för testet. Detta förmodas dock inte ha spelat in så mycket att det var avgörande för att övertändningen skulle äga rum. Det kommer i så fall att visa sig i nästa test. Eftersom det nu är möjligt att få till en övertändning i modellen så beslutas att genomföra nästa test i brandlaboratoriet med samma laddning som i test 4.

Test 5: Inomhus brandlaboratoriet.

Testet utförs med samma förutsättningar som i test 4 med den skillnaden att detta testet genomförs inomhus i brandlaboratoriet.

Laddning: Spånskivor i hörn, (2st) bredd 55 cm, samt hela taket.
 Initialbrand: 12 + 12 pinnar och papper.
 Övriga förutsättningar: Ventilation med frånluftsfläkt på 100%.
 Driftläge: övning + vädring.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse
0	23	-	Antändning.
1	50	-	
2	115	-	
3	180	-	
4	320	-	Vattenånga från skivorna.
5	526	-	Svart rök.
6	500	-	Hela brandgaslagret brinner.
7	526	-	Övertändning, golvskiva antänder.
8	537	-	Ingen förbränning utanför.
9	-	-	
10	-	-	

Tabell 4.5. Test 5

Anmärkningar:

Snabba temperaturstegringar samt visuella observationer kan ge felaktiga mätvärden. För övrigt inga stora anmärkningar eftersom det inträffar en övertändning, det är över 500°C och strålning från brandgaslagret antänder en golvskiva. Dock är temperaturen lite låg vilket gör att vid nästa test så kommer det att användas två termoelement, en vid varje kortsida av konstruktionen. Jämförelse av temperaturerna från de två termoelementen kan ge vägledning om eventuella läckage och värmeförluster.

Test 6: Inomhus brandlaboratoriet.

I detta försök så används det två termoelement för att få en rättvisare bild av temperaturen i modellen. För övrigt samma förutsättningar som i försök 5.



Bild 4.11 Från försök 6 används båda termoelementen i mätningarna.

Laddning:	Spånskivor i hörn, (2st) bredd <u>55</u> cm, samt hela taket.
Initialbrand:	12 + 12 pinnar och papper.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse.
0	23	23	Antändning.
1	76	90	
2	145	185	Lågor till tak.
3	240	315	Taket svartnar och brinner.
4	380	470	Hela brandgaslagret brinner.
5	450	680	Lågor ut genom öppning.
6	500	690	Golvskiva antänder, övertändning. Pulsationer.
7	-	-	
8	-	-	
9	-	-	
10	-	-	

Tabell 4.6. Test 6

Anmärkningar:

Förloppet gick snabbt till övertändning. Snabba temperaturstegringar i samband med visuella observationer kan ge felaktiga mätvärden. Det kan ha blivit en felaktig avläsning i detta försök. I övrigt fungerade modellen enligt förväntningar.

4.3.2. Tester med liten siktskiva.

I dessa försök undersöks möjligheten att ha en siktskiva monterad i modellen. Siktskivan skall fungera som ett fönster i modellen. Detta ger starkt utökade möjligheter att följa brandförloppet från antändning av initialbranden fram till fullt utvecklad rumsbrand. Problemet är att siktskivan bör vara så stor som möjligt för att ge bästa insynsmöjligheterna men den bör även vara så liten som möjligt för att ge de minsta strålningsförlusterna. Syftet med följande försök är därför att hitta en lämplig kompromiss där de båda aspekterna tillgodoses.

Test 7: Brandlaboratoriet. *Liten siktskiva.*

I detta försök monterades en siktskiva i ena väggen på modellen. Siktskivan placerades på långsidan ca 15 cm från hörnet. Glaset som användes är av samma typ som används i braskaminer. Vid detta försök användes en skiva som fanns tillgänglig vid Räddningsverkets skola. Eftersom glasskivorna är kostsamma valdes att prova med det tillgängliga glaset. Det var inte försvarbart att köpa in en ny glasskiva utan att veta om det är praktiskt möjligt att använda den.



Bild 4.12 Utformning av modellen med liten siktskiva.

Laddning:	Spånskivor i hörn, (2st) bredd 60 cm, samt hela taket.
Initialbrand:	12 + 12 pinnar och papper.
Siktskiva:	Liten (30x45)cm. Robax.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse
0	23	23	Antändning.
1	61	60	
2	105	105	
3	169	172	
4	299	340	
5	502	560	
6	500	643	
7	510	710	Övertändning, golvmaterial brinner.
8	540	720	
9	560	680	

Tabell 4.7. Test 7, utförs med liten siktskiva, mått 30x45 cm.

Anmärkningar:

Förloppet blev om inte bättre så i alla fall lika bra som i de testerna där ingen siktskiva fanns monterad. Självklart är det så att det blir en naturlig variation mellan de olika testerna, även om förberedelserna är till synes identiska. Det är omöjligt att tända på exakt samma ställe och att få branden att sprida sig precis lika varje gång. Därav blir förloppet något varierat från

gång till annan. De parametrar som är viktiga i detta projekt var dock tydliga i test 7. Brandgaslagret syntes tydligt liksom till- och frånluftsströmmarna i öppningen. Under den första minuten samlades en hel del kondensvatten på siktskivan. Allteftersom den värmdes upp försvann dock vattnet. Sikten blev förvånansvärt bra och det sotade inte nämnvärt på glaset, något som tidigare befarats skulle ske. När brandgaslagret antändes gick det utmärkt att följa det böljande eldhavet. Golvskivan avgav vita pyrolysgaser för att plötsligt antändas. Lågor slog ut genom öppningen och hela förloppet visades på ett tydligt sätt. Strålningsförlusterna genom siktskivan tycktes inte påverka nämnvärt. Inget tyder nu på att det ligger några hinder mot att montera en större siktskiva.

4.3.3. Tester med stor siktskiva.

Test 8: Brandlaboratoriet. *Stor siktskiva.*

Nu testas för första gången modellen med en stor siktskiva monterad. Testet utförs för att säkerställa att det inte blir för stora förluster till omgivningen med en stor siktskiva. Om förloppet inte går till övertändning så måste bränslemängden ökas eller ett mindre fönster monteras igen.



Bild 4.13 Utformning av modellen vid test av stor siktskiva



Bild 4.14 Laddning med spånskivor i hörn samt tak. Initialbranden placeras liksom tidigare i hörnet.

Laddning:	Spånskivor i hörn, (2st) bredd 60 cm, samt hela taket.
Initialbrand:	12 + 12 pinnar och papper.
Siktskiva:	Stor (40x60)cm. Robax.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse.
0	21	21	Antändning av initialbrand.
1	32	35	
2	60	50	
3	190	18	
4	370	430	Hela taket brinner.
5	540	570	Hela brandgaslagret antänds.
6	510	680	Lågor ut genom öppning.
7	540	620	
8	550	640	
9	580	590	Golv antänds.
10	590	620	Avbryt.

Tabell 4.8. Test 8. Med stor siktskiva, mått 40x60 cm.

Anmärkningar:

I det stora hela ett mycket bra förlopp. Det bör dock kontrolleras hur modellen fungerar med hela långsidan klädd med spånskiva. I tillväxtfasen sprids lågorna i takhöjd längs väggen. Då spånskivan slutar 60 cm från hörnet påverkar detta brandspridningen på ett onaturligt sätt. Därför bör nästa test utföras med spånskiva längs hela långsidan.

Test 9: Brandlaboratoriet. *Större laddning samt ny infästning för siktskiva.*

Laddningen består här av spånskivor längs en kortsida och en långsida. Skillnaden från föregående tester är alltså att hela långsidan täcks av spånskivan jämfört med de 60 cm som tidigare var fallet. Storleken på spånskivorna är med andra ord densamma som innermåttan i modellen. Anledningen är att kontrollera hur lågorna nu kommer att sprida sig längs väggarna i takhöjd. Det är i den nivån den huvudsakliga brandspridningen sker innan övertändningen äger rum.

Ytterligare en förändring är siktskivans infästning. Numera finns en metallram av vinkeljärn på konstruktionens långsida. Detta underlättar avsevärt vid antändningsförfarandet eftersom det är enkelt att ta bort respektive sätta fast siktskivan. Rengöring av siktskivan blir också förenklad när det går smidigt att plocka bort densamma. Brandförloppet skall dock inte påverkas eftersom det inte är några förändringar gjorda invändigt.

Det kommer dock att visa sig om denna konstruktion är tillräckligt tät. För ytterligare detaljer angående infästningen, se avsnitt 4.2.6.

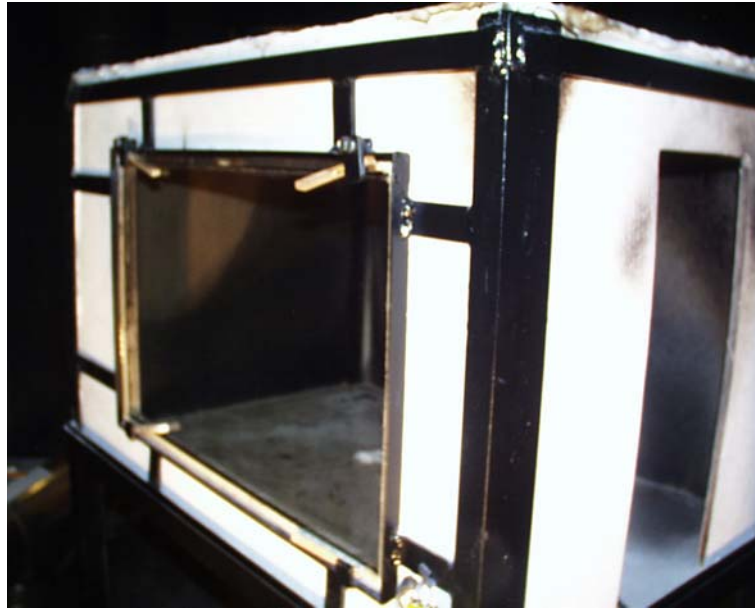


Bild 4.15 Siktskivans nya ram för infästning. Upptill finns två snäpplås som fälls ned och hindrar därmed skivan från att röra sig utåt. För att kila fast siktskivan ordentligt används tunna träkilar. Dessa förs sedermera in mot ramen. Kilarnas läge på bilden är för att göra dem synliga.

Laddning:	Spånskivor i hörn, bredd 60 respektive 90 cm, samt hela taket.
Initialbrand:	12 + 12 pinnar och papper.
Siktskiva:	Stor (40x60)cm. Robax.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring. Ny infästning för siktskivan. Större öppning, höjd 50cm.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse.
0	23	22	
1	47	50	
2	109	127	Vägg vid initialbrand brinner.
3	187	260	
4	403	627	Brandgaser brinner i taket. Därefter sticklågor ut.
5	500	760	Övertändning. Kraftiga lågor ut ur öppning.
6	517	640	Avbryt.

Tabell 4.9 Test 9.

Anmärkningar:

Antändningen av väggarna gick snabbt och hela förloppet var över på cirka 6 minuter. Denna tid är lite för snabb varför modifieringar får göras för att bromsa förloppet i inledningsskedet. Visuellt så fungerade det bättre med spånskiva längs hela långsidan. Flammorna kan nu svepa längs taket fram till öppningen på ett tydligare sätt.

Bitarna börjar falla på plats och konstruktionen förmodas fungera mycket bra i framtiden. Något som visat sig vara lite omständigt är att ladda initialbranden. Extra svårt kommer det att bli i den slutliga konstruktionen då modellen står på en hög vagn. Det här är ett stort problem eftersom användarvänligheten är en viktig parameter i detta projekt. Om det är för krångligt att plocka fram och använda modellen så kommer den inte att nyttjas av skolans personal. Därför beslutas nu att byta ut den provisoriska lösningen av initialbrand för att istället ersätta den med en träribbstapel.

Test 10: Brandlaboratoriet. *Träribbstapel för antändning, 10cm från hörn.*

I detta test användes en träribbstapel som initialbrand. Placeringen av initialbranden är belägen ca 10 cm från hörnet, längs långsidan. Syftet med att placera initialbranden en bit från hörnet är att få ett mer utdraget förlopp vilket är nödvändigt för att lärarna skall hinna prata om förloppet samtidigt som det äger rum.

Vid detta test byggdes en pyramidliknande träribbstapel för att undersöka hur den antänder laddningen. Stapeln består av 12st pinnar av samma slag som använts till de tidigare initialbränderna. Det är mycket lätt att ställa stapeln på plats och den antänds av ett värmeljus som placeras under stapeln.

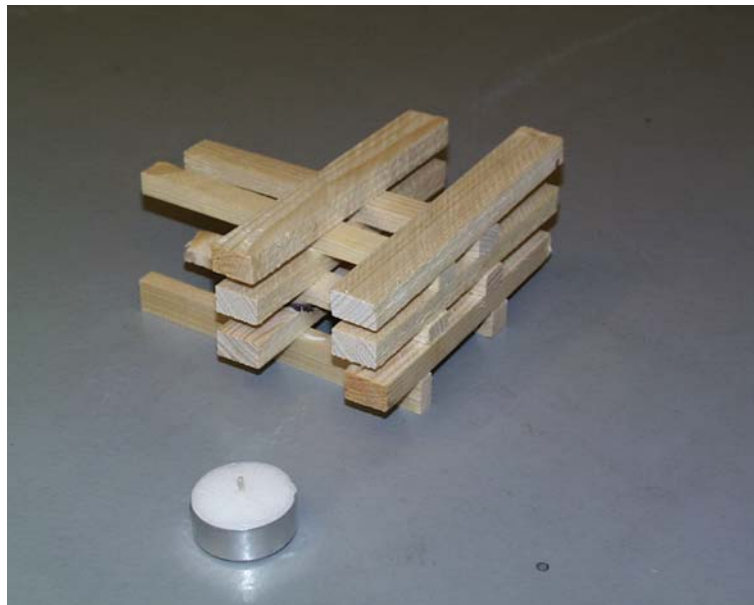


Bild 4.16 Träribbstapel för initialbrand. Antänds av värmeljus som placeras under ribbstapeln.

Skillnaden jämfört med föregående försök är att flammorna mot väggen blir mer koncentrerade. Tidigare har den utspridda initialbranden antänt ca 20 cm av väggen åt var håll från hörnet. Nu kommer flammorna att stiga rakt upp. Pedagogiskt blir det en bättre utformning. Ytflamspridningen i sidled kommer nu att bli lättare att påvisa.



Bild 4.17 Placering av träribbstapel.

Laddning:	Spånskivor i hörn, bredd 60 respektive 90 cm, samt hela taket.
Initialbrand:	Träribbstapel med 12 pinnar. Placering: 10cm från hörn längs långsidan.
Siktiskiva:	Stor (40x60)cm. Robax.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse.
0	23	24	Träribbstapel antänds.
1	23	25	
2	23	27	
3	25	38	
4	29	58	
5	36	83	
6	44	114	
7	56	165	10cm bred brand längs väggen upp till taket.
8	71	240	Taket börjar brinna.
9	125	340	
10	151	370	Flammor längs väggarna i takhöjd.
11	190	500	Tydliga sticklågor.
12	220	625	Övertändning. Avbryt.

Tabell 4.10 Test 10.

Anmärkningar:

Först och främst bör påpekas att det främre termoelementet visar en orealistiskt låg temperatur. Det visade sig att det hamnat fel när taket placerades på konstruktionen. Mätvärdena i den vänstra spalten i tabell 4.11 är därför ej tillförlitliga.

Träribbstapelns fungerade mycket bra som tändkälla tillsammans med ett värmeljus. Förloppet tar nu längre tid. Anledningen till den förlängda tiden till övertändning är träribbstapelns bredd och placering. Branden sprider sig inte i sidled förrän den nått taket. Spridningen längs taket medför en ökad strålning mot väggen. Lågorna breder därefter ut sig alltmer efter väggarna. När lågorna nått hörnet accelererar spridningen längs kortsidan. På långsidan däremot sprids lågorna med en lägre hastighet. Anledningen är att återstrålningen mot väggytan blir högre vid hörnet, och därefter vidare längs kortsidan, än på långsidan.

Test 11: Brandlaboratoriet. *Strålningsmätare.*

I test 11 kommer för första gången strålningsmätaren in i bilden. (För mer information angående strålningsmätaren, se kapitel 3.2 samt bilaga C) Ett hål har gjorts mitt i modellens golv för att möjliggöra användandet av strålningsmätaren.

För att underlätta det framtida underhållsarbetet med modellen görs nu försök att montera kortsidorna på ett annat vis. Tidigare har långsidorna förts ned i U-profilerna medan kortsidorna placerats innanför sina U-profiler (se kapitel 4.2). Kortsidorna har alltså stått innanför den inre flänsen. Bredden på kortsidorna har varit sådan att de exakt har passat mellan långsidorna. Detta medför två problem. För det första måste kortsidorna sågas helt rakt och ha precis rätt mått. För det andra måste tätningen mellan lång- och kortsidan ske inne i modellen. Detta gör det svårt att komma åt. På grund av ovanstående görs ett försök att placera kortsidorna i sina respektive U-profiler. Vinsten blir att tätningen kan utföras utifrån.



Bild 4.18 Hörn med två U-profiler i vilka respektive väggskiva ställs. Kortsidan går uppåt i bilden



Bild 4.19 Här visas principen över hur kortsidan ställdes i de första försöken (vitt fält). Notera att kortsidan inte står i någon U-profil utan innanför densamma. Inga stålytor exponeras inne i modellen.

Keramisk isolering drevas mellan respektive skiva och U-profilen, (se bilaga D, avsnitt drevning). Detta görs som tidigare nämnts på utsidan. Med detta förfarande är det inte lika viktigt att skivornas mått blir på millimetern rätt. Tillverkningen av nya skivor blir därmed väsentligt mycket lättare. Anledningen till att kortsidorna inte placerades på detta sätt från

första början var oron för att det skulle medföra läckage mellan U-profilerna. Svetsfogarna är ca 5 cm långa och sitter med cirka 10 cm mellanrum. Teoretiskt finns en risk att det skall läcka mellan de båda profilerna.



Bild 4.20 U-profilerna har svetsats med svetsfogar på 5cm med 10cm mellanrum. Springorna mellan de två profilerna har inte tätats, förutom tätningseffekten som färgen bidrar med vid målning av konstruktionen. Drevning med keramisk isolering i U-profilerna utförs utifrån.

Laddning:	Spånskivor i hörn, bredd 60 respektive 90 cm, samt hela taket.
Initialbrand:	Träribbstapel med 12 pinnar. Placering: 10cm från hörn längs långsidan.
Siktskiva:	Stor (40x60)cm. Robax.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring. Framstycke i U-profil. Strålningsmätare monterad i golv.

Tid (minuter)	Temperatur, fram (°C)	Temperatur, bak (°C)	Händelse.
0	25	25	Antändning.
1	27	28	
2	38	40	
3	49	48	
4	72	75	
5	118	119	Lågor närmar sig taket.
6	184	176	
7	218	203	
8	284	261	Branden får fäste i taket.
9	360	360	Branden sprider sig runt hörnet.
10	451	452	Sticklågor genom öppning.
11	574	493	Kraftiga lågor ut genom öppning
12	612	523	Golvskiva antänder. Övertändning.

Tabell 4.11 Test 11.

Anmärkningar:

Strålningsmätaren registrerade en strålningsnivå på ca 20 kW/m² vid tidpunkten för övertändning. Det är samma värde som används som definition i Inomhusbranden /1/. Alldeles innan släckning påbörjades var strålningsnivån 25 kW/m². Resultatet med strålningsmätaren visade sig följaktligen fungera väl.

Att ha framstycket i U-profilen medförde inget läckage. Att läckaget uteblev berodde troligen på att stålkonstruktionen är målad. Färgen har trängt in i utrymmet mellan svetsfogarna och tätar därmed mellanrummet. Nu återstår bara att flytta bakstycket så att även det sitter i U-profilen.

Studerar temperaturen vid de två termoelementen i tabell 4.11 noteras att de följer varandra relativt väl. Det verkar också rimligt att så är fallet. I teoretiska antaganden sägs hela brandgaslagret ha en viss temperatur medan den nedre zonen har en markant lägre temperatur. Anledningen till variationerna mellan temperaturen i framkant och bakkant på konstruktionen i de tidigare testerna har sin förklaring. Det är förmodligen så att ett av termoelementen blivit utsatt för flammor medan det andra suttit mer skyddat, trots att de varit på samma höjd. Med vetskapen att temperaturen kan skilja något på olika ställen i brandgaslagret beslutas nu att enbart ha ett termoelement i takhöjd. Det andra termoelementet placeras i stället i den undre zonen, under brandgaslagret. Det som bör åskådliggöras vid förevisning med modellen är skillnaden i temperatur mellan den övre och undre zonen.

Test 12: Brandlaboratoriet. *Båda kortsidorna i U-profil. OBS ett termoelement flyttat.*

Här påpekas särskilt att ett av termoelementen har flyttats jämfört med dess placering i tidigare tester. Nu sitter en givare i takhöjd, 10 cm från taket, samt en givare i golvnivå, 10 cm från golvet. Med detta monteringsförfarande påvisas att det under brandförloppet finns en varm övre zon samt en mycket svalare undre zon. Det är alltså möjligt att tillämpa en tvåzonsmodell (i detta fall CFAST och Branzfire) för att simulera förhållandena i skalmodellen. Detta antagande gjordes också i projektets inledningsskede då datorsimuleringar låg till grund för hur modellen skulle utformas. Ur en pedagogisk synvinkel är det bra att kunna uppmärksamma eleverna på den, tidvis, mycket stora temperaturskillnad som föreligger mellan olika höjder i rummet.

Båda kortsidorna placeras nu i U-profilerna enligt beskrivning i test 11.

Laddning:	Spånskivor i hörn, bredd 60 respektive 90 cm, samt hela taket.
Initialbrand:	Träribbstapel med 12 pinnar. Placering: 10cm från hörn längs långsidan.
Siktskiva:	Stor (40x60)cm. Robax.
Övriga förutsättningar:	Ventilation med frånluftsfläkt på 100%. Driftläge: övning + vädring. Båda kortsidorna i U-profil. Strålningsmätare monterad i golv.
Temperaturmätare:	Temperaturmätare sitter nu monterade 5 cm från taket samt 5 cm från golvet.

Tid (minuter)	Temperatur, uppe (°C)	Temperatur, nere (°C)	Händelse.
0	24	23	Antändning
1	32	24	5-10cm låga från ribbstapel.
2	47	24	20cm låga.
3	88	25	
4	117	27	Synligt att brandgaser strömmar ut.
5	158	30	Lågor till tak. Ingen spridning i sidled.
6	215	37	Kondensvatten bort, bra sikt.
7	270	48	Insug tydligt i öppning.
8	220	50	Flammor sprids längs taket.
9	194	53	
10	185	52	Avbryt

Tabell 4.12 Test 12.

Anmärkningar:

Försöket fick avbrytas p.g.a. att brandförloppet intensitet minskade. Bedömningen gjordes efter 9 minuter att försöket inte skulle kunna gå till övertändning. För första gången sedan de inledande testerna erhöles detta nedslående resultat. Anledningen var med största sannolikhet att initialbranden, det vill säga träribbstapeln, var för dåligt tilltagen. Nästa försök kommer att ha en ribbstapel med grövre träbitar.

Test 13: Brandlaboratoriet.

Efter det negativa resultatet i test 12 görs nu en förändring av initialbrandens laddning. Träribbstapeln kommer fortfarande att bestå av 12 pinnar men dessa kommer att vara grövre än i föregående test.

Laddning: Spånskivor i hörn, bredd 60 respektive 90 cm, samt hela taket.

Initialbrand: Träribbstapel med 12 pinnar.
Placering: 10cm från hörn längs långsidan.

Siktskiva: Stor (40x60)cm. Robax.

Övriga förutsättningar: Ventilation med frånluftsfläkt på 100%.
Driftläge: övning + vädring.
Båda kortsidorna i U-profil.
Strålningsmätare monterad i golv.

Temperaturmätare: Temperaturmätare sitter nu monterade 10cm från taket samt 20cm från golvet.

Tid (minuter)	Temperatur, uppe (°C)	Temperatur, nere (°C)	Händelse.
0	25	23	Antändning.
1	25	23	
2	27	23	
3	32	24	
4	56	24	
5	160	27	20cm låga.
6	192	30	
7	250	34	Lågor till tak.
8	360	44	Lågor längs taket.
9	600	80	Övertändning.
10	750	130	Bryt

Tabell 4.13 Test 13.

Anmärkningar:

Testet ledde fram till en klar övertändning. Dock var det mycket stort läckage av vita pyrolysgaser. Tätningen visade sig var undermålig i hörnstolparna. När kortsidorna placeras i U-profilerna blir det inte lika tätt som då de placerades innanför U-profilen. Det är därför mycket viktigt att täta konstruktionen utifrån, se bild 4.21.



Bild 4.21 Komplettering av drevning måste göras i U-profilerna.

Trots läckaget gick förloppet till övertändning eftersom det endast var ringa värmeförluster till följd. Problemet är mest av estetisk karaktär men det är ändå oacceptabelt. Eftersom modellen skall användas som ett pedagogiskt hjälpmedel skall det inte vara några defekter, vare sig av fysiskt eller estetiskt slag.

4.3.4. Mätning av effektutveckling vid övertändning

Plats: Brandlaboratoriet vid avdelningen för brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.

På LTH finns mätutrustning för att mäta effektutveckling under brandförlopp. Alla brandgaser samlas under en huv för att sedan föras bort genom en ventilationskanal. Syrekoncentrationen och temperaturen mäts i brandgaserna i kanalen och utifrån dessa värden kan effektutvecklingen räknas ut. Antagandet görs att allt syre som förbrukats har förbrukats av branden. Då det är känt att det utvecklas 13,1 MJ när 1 kg syre förbrukas går det att räkna ut effektutvecklingen.

Påpekas bör att dessa tester gjordes innan modellbrandrummet var färdigkonstruerat. Därför användes en provisorisk modell, dock med samma mått som den slutgiltiga konstruktionen var tänkt att få. Syftet med dessa tester var att få en ungefärlig uppfattning om storleksordningen på effektutvecklingen vid övertändning. Denna effekt räknades fram teoretiskt i avsnitt 4.1.2. Om eleverna skall göra beräkningar i samband med nyttjandet av modellbrandrummet är det dock önskvärt att kunna mäta effekten.

Resultatet från de två testerna som gjordes på LTH är något osäkra. Delvis beror detta på att gips användes i den provisoriska modellen jämfört med Promatek i den slutgiltiga utformningen. Den andra anledningen är att det var svårt att mäta så, förhållandevis, små effekter med en god noggrannhet i den tillgängliga utrustningen. De två försöken gav dock ett resultat med en effektutveckling på ungefär 30-40 kW vid övertändning. Detta är, återigen, inget exakt svar men om man från Räddningsverkets sida vill göra beräkningar i samband med laborationerna är detta en rimlig siffra att använda tills erforderlig utrustning införskaffats. För att göra en återkoppling till det teoretiska värdet i avsnitt 4.1.2 (ca 34 kW) stämmer det dock relativt väl med det uppmätta värdet.

4.4. **Utvärdering**

Testerna i kapitel 4.3 ledde fram till att en lämplig konstruktion och laddningsmängd erhöles. Temperaturen beror av huruvida termoelement hamnar i flammor eller ej. Den önskade temperaturen är den som råder i brandgaslagret. Om termoelementen hamnar för nära väggen kan temperaturen bli för hög om branden sprids längs väggmaterialet. Å andra sidan kan temperaturen också visas för låg om det brinner i brandgaserna medan termoelementet sitter när väggen. Det är därför viktigt att få ut termoelementet ca 10 cm från vägg och tak för att en korrekt temperatur skall erhållas.

Den internationella ISO-standarden, som beskrivs i kapitel 3.3, har använts som referens vid val av lösningar och vissa jämföranden görs här. Punkterna från det avsnittet fick lösningar i de flesta fall:

Valet att använda gasformig initialbrand var inte önskvärt från Räddningsverkets sida. Eftersom uppdragsgivarens ord måste väga tungt i den frågan valdes lösningen med träribbstapel som initialbrand. Jämförs detta med kraven i ISO 9705 görs tolkningen att träribbstapeln kan anses som en accepterad sekundär tändkälla. Den går att specificera väl och den kan enkelt reproduceras och är dessutom möjlig att återskapa för andra intressenter.

Det kan även påpekas att SP har liknande träribbstaplar vid vissa tester. Eftersom deras resultat påverkar den kommersiella marknaden har de dock högre krav på att ribbstaplarna skall var identiska, avseende trämateriallets fuktighet etc, vid de olika försöken. Vad som bör belysas är dock att om metoden duger åt SP så fyller den gott sitt syfte här också.

Modellen konstruerades med fyra väggar samt golv och tak. Förhållandet mellan längd och höjd är lika hos de båda skapelserna. I likhet med ISO 9705 har modellen endast en öppning. Påståendet har dock en modifikation eftersom en siktskiva monterats i modellen. Den utgör ingen öppning genom vilken luft kan strömma. Däremot kommer strålningsförluster att uppstå på grund av installationen av siktskivan. Det var dock en förutsättning att det skall gå att se in i modellen. Den skall vara ett pedagogiskt hjälpmedel i första hand och en akademisk skapelse i andra hand.

Modellen placeras på ett sådant sätt att inga störande luftströmmar från ventilationssystemet påverkar brandförloppet. Modellen konstruerades med Promatekskivor med densiteten 870 kg/m^3 .

Strålningsmätningen görs med den befintliga mätaren på Räddningsverket. Den har ett mätområde upp till åtminstone 60 kW/m^2 . Mätvinkeln är 180° vilket också föreskrivs i ISO-standarderna.

I testförfarandet placeras spånskivorna löst mot väggen. De spikas eller skruvas ej fast för att underlätta handhavandet och laddningen i modellen. De står dock dikt an mot modellens väggar. Temperaturen i antändningsögonblicket ligger inom det föreskrivna intervallet, oftast runt 25°C . Under testet noteras händelser såsom:

- Antändning av tak.
- Ytflamspridning på vägg- och takmaterial.
- Flammor som slår ut genom dörröppningen.

Dessutom har standardladdningen gjorts så att övertändning erhålls inom ca 10 minuter vilket blir den naturliga tidpunkt då förloppet avbryts. Däremot går det inte att mäta effektutvecklingen. Det uppstår därmed brister i utvärderingsmöjligheterna. De teoretiskt framtagna effekterna vid övertändning skulle vara av intresse att kontrollera. Det finns dock i dagsläget ingen utrustning på Räddningsverkets skola i Skövde för att samla upp brandgaser för analys av syrenehåll.

Volymflöde och optisk densitet mäts inte, till skillnad från förfarandet i ISO-standarderna. Syftet med projektet gör dessa mätningar överflödiga.

Även de inledande frågorna i kapitel 4.3 fick svar efter genomförda tester:

- Som bränsle i modellen används spånskivor med samma höjd som modellen. Brandbelastningen avgörs av skivornas bredd. Till standardladdningen som tagits fram utifrån testerna har skivorna måttenligt tabell 4.2

Skiva	Höjd [mm]	Bredd [mm]	Anmärkning
kortsida	600	588	Väggsida utan dörr
långsida	600	900	Väggsida utan öppning
	Längd [mm]	Bredd [mm]	
tak	940	655	Överlappar väggarna
golv	500	200	Används för att visa att den infallande strålningsnivån är ca 20 kW / m ²

Tabell 4.2 Som bränsle i modellbrandrummet har 12 mm spånskivor med dessa mått använts.

- Initialbranden utgörs av en träribbstapel som specificeras i kapitel 5 (se bild 5.1).
- Initialbrandens placering är ca 10 cm från hörnet längs långsidan. Anledningen till att den inte placeras ända inne i hörnet är att förloppet då går lite för fort. Det är även en pedagogisk vinst med vald placering. Eleven kan notera att ytflamsspridningen går snabbare för den flamfront som når hörnet. Återstrålningen blir störst där och brandförloppets hastighet ökas då.
- Ramen och skivorna visar sig hålla mycket bra.
- De olika händelserna i brandförloppet går att följa. För mer detaljer se kapitel 5.
- Ventilationen i förevisningsrummet är något undermålig. Servicepersonal har dock planer på att byta filtret vid frånluftsaggregatet. Filtret visade sig vara igensatt och efter byte av filter förväntas allt fungera enligt planerna.

5. Resultat

Resultatet av projektet är ett standardutförande för brandförlopp i den framtagna modellen. Med information om laddningsmängd, placering av initialbrand och beskrivning av andra väsentliga parametrar såsom ventilation och placering av modellen kan läraren upprepa ett brandförlopp med god precision. Brandförloppet går att beskåda på ett enkelt sätt från antändning via övertändning till fullt utvecklad rumsbrand. Eleven kan studera brandförloppet under lektionen eller göra egna laborationer. I detta kapitel följer en beskrivning av förloppet som erhålls vid användandet av modellen i standardutförande.

I kapitel 6 följer en diskussion om hur modellen kan användas i framtiden. Läraren kan ha modellen för att förevisa moment inom ämnesområdena brandförlopp eller förebyggande brandskydd. Eleven kan själv använda modellen för att tillämpa kunskaper eller undersöka egna idéer. Endast fantasin sätter gränser för användandet. Utifall att fantasin skulle skena hos användaren görs dock ett påpekande. För att konstruktörerna skall kunna svära sig fria från eventuella anklagelser sätts en begränsning av det fysiska slaget. Laborationer med explosioner undanbedes vänligt men bestämt.

För att den lärare som vill använda sig av modellen vid sin lektion enkelt skall kunna göra detta har ett lektions-PM sammanställts (finns för beskådan i bilaga D). Det är ett antal detaljer som bör observeras vid handhavandet av modellen. Om det går en tid mellan de tillfällen som modellen används kan det som lärare var skönt att ha en checklista att följa vid förberedelserna. Det som avses med förberedelser är såväl placering, laddning och antändning i modellen som start av ventilation och dataprogram. Vid behov av extra hjälp finns servicepersonal vid Räddningsverkets skola. De är väl insatta i exempelvis ventilations-systemet.

Lektions-PM:et innehåller även ett exempel på hur brandförloppet beräknas bli med den brandbelastning och initialbrand som anges som standardladdning i rapporten, se kapitel 4.4. Tiden för hela förloppet kan också vara bra att känna till innan lektionen. Detta bedöms vara viktigt eftersom läraren eventuellt vill förevisa något visst fenomen och han/hon bör därmed ha en uppfattning om hur snabbt det inträffar. Dessutom ingår några punkter om service av modellen i bilaga D.

Här följer en beskrivning av förloppet vid nyttjande av modellen i standardutförande, bilderna över förloppet togs med en minuts intervall:

Initialbrand

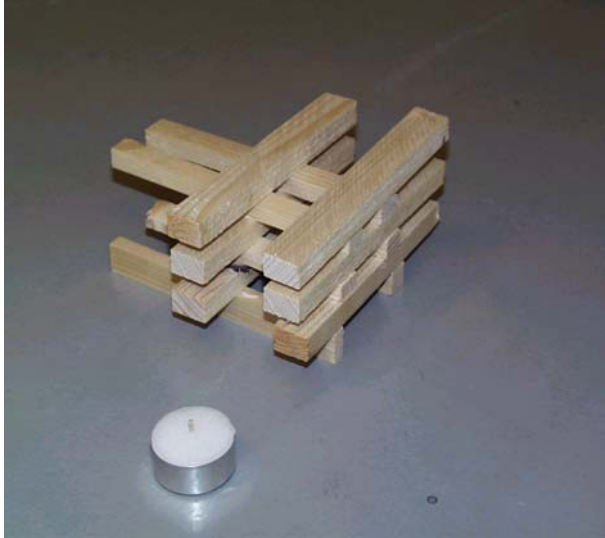


Bild 5.1

Initialbranden består av ett vanligt värmeljus och 12 st. träribbor, ungefär 150 · 20 · 10 mm, som har limmats samman till en ribbstapel enligt bilden. Ljuset antänds med hjälp av tändstickor och ställs därefter på avsedd plats i modellbrandrummet varefter träribbstapeln direkt placeras ovanpå ljuset. Detta sker antingen genom dörröppningen eller via fönsteröppningen på modellen.

Placering av initialbrand



Bild 5.2

Placeringen av initialbranden är i det inre hörnet av modellbrandrummet. Träribbstapeln står mot spånskivan och är placerad ca 10 cm från hörnet. Det placeras även en långsmal spånskiva på golvet för att visuellt tydliggöra när den infallande strålningsnivån är ca. 20 kW/m². Vid denna strålningsnivå förväntas skivan antända. Hålet som syns i golvskivan är avsett för strålningsmätaren.

Standardladdning

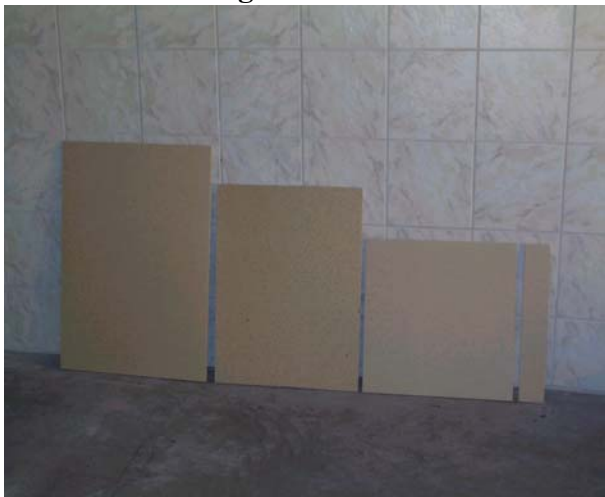


Bild 5.3

Standardladdningen består av spånskivor med måtten (från vänster i bilden): takskiva 920·620 mm, väggskiva 900·600 mm, väggskiva 600·600 mm. Dessutom används ovan nämnda skiva 600·100 mm, för placering på golvet i modellen. Skivan förväntas antända av den infallande strålningen. Tjocklek på skivorna är 12 mm.

Antändning



Bild 5.4

Temp 26 / 25°C

Strålning 0 kW/m²

Träribbstapeln börjar direkt att svartna och pyrolysera. Det bildas kondensationsångor både från träribbstapel och de ytor av spånskivorna som står närmast initialbranden. Det bildas också, p.g.a. de varma gasernas termiska stigitkraft, direkt en övertrycks och en undertryckszon i rummet.

1 minut



Bild 5.5

Temp 26 / 25°C

Strålning 0,2 kW/m²

Väggen närmast initialbranden börjar på svartna vilket tyder på en ökande pyrolys. Väggen börjar också visa tecken på att antändas och det bildas inte längre så mycket kondens från träribbstapeln, däremot bildas det fortfarande en hel del kondens av spånskivorna. Det är fortfarande samma temperatur i rummet som vid antändningen.

2 minuter



Bild 5.6

Temp 40 / 26°C

Strålning 0,3 kW/m²

Nu syns det tydligt att initialbranden börjar sprida sig uppåt på väggen vilket innebär att temperaturen i ytan på väggen är ca 300-400°C. Brandplymen för med sig mer och mer oförbrända gaser upp i brandgaslagret och ansamlas ovan dörröppningen. Infallande strålning mot golvet är mycket låg eftersom initialbranden, som påverkar mätsensorn, fortfarande är liten.

3 minuter



Bild 5.7

Temp 76 / 28°C

Strålning 0,3 kW/m²

För brandens fortsatta utveckling är det i det här skedet helt avgörande om initialbranden förmår att öka yttemperaturen och därmed öka pyrolysen av spånskivorna så att de antänds. Om inte detta sker kommer branden att slockna på grund av för låg temperatur och bränslebrist. Något som inte är helt ovanligt vid verkliga inomhusbränder.

4 minuter



Bild 5.8

Temp 130 / 33°C

Strålning 0,6 kW/m²

Branden har fått ordentligt fäste i spånskivan närmast initialbranden och sprider sig uppåt längst skivans yta. Det är däremot i detta skede av brandförloppet ytterst liten spridning i sidled. Temperaturen i brandgaslagret ökar nu i en allt snabbare takt och även temperaturen i golvnivå börjar öka. Det mesta av kondensen i modellen är nu borta vilket ökar sikt-möjligheterna.

5 minuter



Bild 5.9

Temp 215 / 40°C

Strålning 1,1 kW/m²

Liksom vid 3 minuter kommer brandens fortsatta utveckling att styras av temperatur och pyrolysis från initialbranden samt spånskivan som antänt. Även om temperaturen nu har passerat 200°C så är det långt ifrån en tillräckligt hög temperatur för att antända takskivan. För att åstadkomma detta behövs en temperatur av ca 600°C och dessutom behöver det pyrolyseras ytterligare brandgaser. Strålningsnivån mot golvet är nu motsvarande solstrålningen en mycket varm sommardag.

6 minuter



Bild 5.10

Temp 273 / 49°C

Strålning 1,7 kW/m²

När lågorna når upp till taket kommer det att leda till att flammorna rör sig snabbare och att längden på flammorna ökar. Detta leder till en snabbare temperaturökning som i sin tur leder till ökad återstrålning. Om det i detta läge finns tillräckligt med brännbart material i rummet kommer brandförloppet att accelerera.

7 minuter



Bild 5.11

Temp 275 / 59°C

Strålning 3,1 kW/m²

Nu utvecklas brandförloppet allt snabbare med kraftigare och allt längre lågor. Den högre temperaturen och därmed den högre termiska stigkraften gör att allt mer oförbrända brandgaser pressas ut genom öppningen. Dock är varken temperaturen eller koncentrationen i gaserna tillräckligt hög för att de skall antända när de kommer i kontakt med syret på utsidan av rummet. Strålningsnivån i rummet börjar nu på att märkas.

8 minuter



Bild 5.12

Temp 390 / 86°C

Strålning 5,8 kW/m²

De varma övre ytorna och de varma brandgaserna ger ökad återstrålning till övriga brännbara ytor vilket leder till ökad förbränningshastighet. Eftersom taket består av brännbart material bildas en het bränslerik blandning på undersidan av taket vilket bidrar till att det produceras ännu mer oförbrända gaser.

9 minuter



Bild 5.13

Temp 570 / 115°C

Strålning 15,4 kW/m²

Återstrålningen ökar nu kraftigt och hela brandgaslagret brinner. Även temperaturen i de oförbrända gaserna är nu så hög att de antänder när de pressas ut genom öppningen. Ofta brinner gaserna utanför modellen i pulsationsliknande vågor. Övertändningen är nu mycket nära och kommer att ske inom några sekunder. Detta syns också tydligt på bilden där nästan hela rummet förutom spånskivan på golvet har antänt. Själva övertändningen varar några sekunder. Förloppet övergår nu till en fullt utvecklad rumsbrand och blir därmed ventilationskontrollerad.

10 minuter



Bild 5.14

Temp 660 / 210°C

Strålning 27,8 kW/m²

Temperaturen i rummet är nu drygt 600°C och den infallande strålningen har passerat 20 kW/m² vilket är den gängse uppfattningen när en övertändning inträffar. Allt brännbart material i rummet deltar nu i branden och en fullt utvecklad rumsbrand har uppstått och branden blir nu ventilationskontrollerad. De varma gaserna antänds direkt utanför rummet.

Släckning:

I dagsläget sköts släckningen genom att en person går in i föreläsningssalen och släcker branden med en mycket liten mängd vatten. För detta används en tryckbehållare med vatten. Behållaren kan närmast beskrivas som en kraftig blomspruta. Det är önskvärt att i framtiden montera en fast dysa på tröskeln till rummet. Släckningen skall då kunna utföras av läraren direkt från klassrummet.

Att de fasta släcksystemen som finns monterade i föreläsningssalen inte används beror på praktiska och ekonomiska orsaker. Det är inte praktiskt möjligt att inertera modellen med vatten eftersom allt vatten hamnar utanpå modellen och inte inuti där det verkligen brinner. Detta skulle, förutom att det inte släcker branden, dessutom förstöra modellen. Det är heller inte ekonomiskt försvarbart att inertera hela föreläsningssalen med ett gasformigt släckmedel bara för att släcka en mycket begränsad brand i ett modellbrandrum.

6. Diskussion

Om modellen skall användas av förebyggandeavdelningen kommer det att ställa andra krav på utformningen. Det som kan vara av intresse för dem att visa är t ex: antändning av golvmaterial, antändning av vägmaterial, brandspridning på ytskikt eller brandspridning mellan rum. När det gäller spridningsriskerna mellan olika rum eller brandceller vid brand omfattas både spridning av brand, med flammor, men även spridning av brandgaser. Det kan alltså vara av intresse att visa hur flammor kan ta sig mellan olika material och hur brandgaser transporteras mellan olika utrymmen. Även värmespridning genom ventilationsrör kan vara av intresse att visa. Följande diskussion avseende modellens framtida användande tar upp några möjliga användningsområden.

Framtid

När det gäller det framtida användandet av modellbrandrummet finns det en mycket stor potential. Miljömässigt så finns det klara fördelar med att förbränna så här små spånskivor i jämförelse med att förbränna fullstora skivor i en container, dessutom förbränns de små skivorna i ett modernt brandlaboratorium med rökgasrening vilket ytterligare minskar den skadliga inverkan på vår miljö. Det finns också klara fördelar i arbetsmiljön vid användning av modellbrandrummet istället för fullskaleförsök i container, detta gäller för både för de lärare och de elever som är inblandade i lektioner i praktisk brandkunskap eftersom de inte direkt blir utsatta för den skadliga brandröken. Även sett till den ekonomiska aspekten så ser vi en klar fördel med lägre total kostnad eftersom det kommer att förbrännas mycket färre spånskivor.

Det finns även en stor pedagogisk fördel med att förevisa brandkunskap på ett praktiskt sätt i modellbrandrummet före fullskaleförsök i container. Många av de elevkategorier som skolan undervisar har ingen eller väldigt liten erfarenhet av riktiga bränder vilket gör att de upplever ett stort stressmoment när de direkt blir placerade i en övertändningscontainer. Det kan vara svårt för dem att få en bra överblick över brandförloppet. De har dessutom ofta liten erfarenhet av att bära andningsmask och tillhörande luftflaskor vilket leder till en ännu högre stressituation. Om de först får chansen att lära sig titta efter och känna igen de olika stadier som rumsbranden genomgår i en rökfri lektionssal så är de mycket bättre förberedda när de gör fullskaleförsök i övertändningscontainer och insatscontainrar.

Det mesta tyder dessutom på att det i den nya brandmannautbildningen kommer att ställas mycket högre krav vad det gäller den teoretiska delen av utbildningen jämfört med hur det ser ut i dag. Ett modellbrandrum av den här sorten gör att de kommande eleverna själva kan laborera praktiskt samtidigt som de teoretiskt läser om det komplexa scenario som en inomhusbrand utgör.

De här resonemanget om framtiden leder fram till några punkter på förslag till vidareutveckling av modellbrandrummet, där några av punkterna innebär en liten ekonomisk kostnad och några av punkterna inte innebär någon ekonomisk kostnad alls och är genomförbara direkt som modellen ser ut idag.

Initialbrandens storlek för att påvisa antändning av omgivande material

Initialbrandens storlek avgör om det kommer att kunna utvecklas ett hotfullt brandscenario eller inte. Initialbranden måste innehålla tillräckligt mycket bränsle för att värma upp ytan på omgivande fasta material till cirka 300-400°C för att kunna pyrolysera tillräckligt med brännbara gaser från omgivande material för att sprida branden vidare, dessutom så behövs det vid de här temperaturerna en pilotlåga annars så kommer branden att slockna av sig själv. Utan pilotlåga så måste de fasta omgivande materialen värmas till ännu högre temperatur. Det är också tänkbart att initialbranden består av annat material än trä, exempelvis plaster och dess sätt att smälta och rinna och att genom detta studera skillnaderna i brandförloppet.

Hur Initialbranden placering i rummet påverkar brandförloppet

Med hjälp av temperaturmätare så är det lätt att observera temperaturskillnader i det övre brandgaslagret beroende på om initialbranden är placerad mitt i rummet, vid en vägg eller i ett hörn. Om branden är placerad vid en vägg så kan man förvänta sig cirka 30% högre temperatur än om initialbranden varit centralt placerad i rummet, motsvarande siffra för ett hörn är cirka 70% högre temperatur. Att det är så här beror på att kall luft lättare följer med initialbranden vid en placering mitt i rummet. Det är även lätt att observera hur stora skillnader det är i pyrolysen i de omgivande materialen beroende på avståndet till initialbranden.

Ytflamspridning på olika sorters väggmaterial

Byta ut en spånskiva mot ett annat väggmaterial, tapetsera eller måla en sida och jämföra ytflamspridning. Modellkonstruktionen är utförd med tanke på att det skall gå att montera siktskivor på båda långsidorna samtidigt. Detta gör det lätt att montera ett annat material i den ena siktskivans ram och observera ytflamspridning på detta material. Även betydelsen av materialets värmeupptagningsförmåga går att visa, där densiteten har störst betydelse. (Ökad densitet ger lägre flamspridning). Det går att visa hur en snabb flamspridning leder till ökad effektutveckling och därmed till ett snabbt brandförlopp.

Dörröppningens storlek och dess betydelse för syretillförseln in i brandrummet

Såga till Promatekskivor med andra mått för dörröppning eller konstruera skivor med en reglerbar dörr som sitter fastskruvad i skivan är några alternativ för att belysa det helt avgörande sambandet mellan tillgång på syre till branden och dess möjligheter för att växa sig större. Tillsammans med detta använda enkla beräkningsuttryck för att klargöra skillnaderna mellan öppen och stängd dörr. På detta sätt får skolans elever en chans att både resonera sig fram teoretiskt och visuellt betrakta hur tillgången på syre styr brandens fortsatta tillväxt.

Spridning till angränsande rum

Bygga ytterligare en modell och länka samman båda eller att bara dela av den nuvarande modellen med en skiva i mitten av konstruktionen. Starta initialbranden i ett av de rum som då finns och studera hur brandspridning mellan olika rum går till. Simulera vad som händer om det slarvas med olika typer av genomförningar mellan exempelvis olika brandceller.

Med hjälp av resonemanget om en reglerbar dörr tydligt kunna visa t.ex. personal i äldreboende skillnaden mellan att stänga eller lämna en dörr öppen vid en utrymning, ett utmärkt sätt att få dem att förstå hur mycket mer tid de får för utrymning av patienter om dörren till brandrummet stängs.

Brandgasventilation, med och utan fläkt

Från enkla tillämpningar som att såga hål i takskivorna för att simulera brandgasluckor till att med hjälp av skalfaktorer simulera olika sorters övertrycksfläktar. Visa på de skillnaderna som uppstår om inte förhållandet mellan tilluftsöppningen, där fläkten placeras, och frånluftsöppningens storlek är korrekt. Något som är viktigt att påvisa eftersom allt fler räddningstjänster i landet använder sig av övertrycksfläktar vid släckinsatser. Genom att åskådliggöra det på detta sätt före övningar i fullskala så är det lättare att förstå vinsten med övertrycksfläktar, och därmed bättre siktmöjligheter, för räddningstjänstens rökdykare. Det är även tänkbart att bygga ytterligare modeller och placera dem ovanpå varandra och med detta förfarande påvisa svårigheterna med ventilation om inte branden är stor nog för att värma brandgaserna tillräckligt mycket. Brandgaserna når då ej upp till takhöjd, där brandgasluckan placeras, på den modell som står överst. Detta är ett problem som uppstår i de, allt fler, stora och höga atrium som byggs idag.

Antändning av golvmaterial

Placera ut olika sorters golvmaterial bredvid varandra för att åskådliggöra vilket som antänds snabbast av den infallande strålningen. Titta på skillnaderna där träbaserade material förkolnas och plastbaserade material smälter ut till en pöl. Det skall även gå att se skillnaderna i produktion av brandgaser och eventuellt mäta upp halten av skadliga ämnen i respektive brandgaser.

Olika sorters släckmedel

Undersök släckning med vatten i form av vattendimma respektive sluten stråle. Titta på skillnaderna i släckeffekt genom att väga flaskorna före och efter släckning och föra teoretiska resonemang om vattnets släckegenskaper. Använd pulversläckare och väg även dem före och efter släckning för att på liknande sätt resonera om dess släckegenskaper. Använd CO₂ släckare och resonera om inerteringsgränserna för detta släckmedel. Glöm heller inte bort det enkla släckalternativet att stänga dörren till brandrummet.

Obrännbart material i taket

Åskådliggöra skillnaderna med brännbara eller inte brännbara takmaterial. Studera effekt, temperatur och tidsskillnaderna som uppstår. Föra teoretiska resonemang kring detta och sedan praktiskt testa om det stämmer.

7. Litteraturförteckning

/1/

Bengtsson, L-G. *Inomhusbrand*, Räddningsverket 2001. ISBN 91-7253-103-7.

/2/

International Organization for Standardization, *ISO 9705 Fire Tests – Full-scale room test for surface products*.

/3/

Arvidsson, M. Ingason, H. Larsson, I. *Model Scale Fire Tests on a Vehicle Deck on Board a Ship*, SP Rapport 2002:05. ISBN 91-7848-893-1.

/4/

ISO/IEC Guide 52, *Glossary of Fire Terms and Definitions*, International Standard Organisations 1990.

/5/

Karlsson B; Quintiere, J. *Enclosure Fire Dynamics*, 2000, ISBN 0-8493-1300-7.

/6/

The SBI Research Programme, SP Report 1998:11, Borås 1998.

/7/

Bengtsson, L-G, *Övertändning, backdraft och brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv*, Institutionen för brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1999.

/8/

Wade, C.A. *Branzfire Technical Reference Guide*. New Zealand 2002.

/9/

Nyberg, R. *Skriv vetenskapliga uppsatser och avhandlingar*, Studentlitteratur, Lund

BILAGOR

Bilaga A.1 - Konstruktion

Bilaga A.1 innehåller information om konstruktion av modellen vad avser mått och utformning av stålkonstruktion.

- Mått
- Stålkonstruktion

Mått:

Modellbrandrummet dimensioneras som ett Room/Corner Test i skala [1:4] och måtten framgår av tabell A1.1.

	Längd (m)	Bredd (m)	Höjd (m)
Room/Corner Test	3,6	2,4	2,4
Modellbrandrum	0,9	0,6	0,6

Tabell A1.1 Modellen konstrueras som ett Room corner test i skala [1:4].

Dessa mått är tänkta att vara innermått. Beroende på hur vägskivorna placeras kan innermåtten skilja på ca 1cm. Den volymförändring som detta medför antas påverka brandförloppet försumbart.

Utifrån dessa mått konstruerades den bärande stålkonstruktionen som skall hålla ihop väggarna och hålla upp taket, bild A1.1



Bild A1.1 Stålram i ursprungligt utseende.

Stålkonstruktion:

Den bärande stålkonstruktionen har en grundkonstruktion enligt bild A1.1 och A1.2. Det var med denna konstruktion som de inledande testerna gjordes. Tanken är att väggskivorna ställs i respektive U-profiler



Bild A1.2 Ramen i ursprungligt utseende.

Den slutgiltiga konstruktionen bygger på denna grund men en justering av större omfattning gjordes då siktskivan skulle monteras. För att förenkla handhavandet med siktskivan ville konstruktörerna utforma en ram i vilken siktskivan skulle ställas. Detta gjordes enligt bild A1.3.



Bild A1.3 Ramen i sin slutgiltiga konstruktion. Här placerad på sin vagn som har tillverkats för att underlätta handhavandet av modellen.

Bilaga A.2 - Material

Bilaga A.2 innehåller information om de material som förbrukas vid användandet av modellen. Stålkonstruktionen är gjord för att ha en mycket lång livslängd medan övriga ingående material behöver bytas ut efter hand. Mer konkret innebär det att bilaga A.2 innehåller data om:

- Skivmaterial (Promatek samt spånskiva)
- Siktskiva samt tätning för siktskiva
- Keramisk isolering

Skivmaterial:

Promatekskiva



Bild A2.1 Promatekskivorna som krävs för modellens grundutförande.

Tillverkare: NV Eternit, B 1880 Kapelle-op-den-Bos, Belgien

Modell: Promatek H, 12mm

Promatek är en autoklaverad skiva av fiberförstärkt kalciumsilikat som är avsedd för att skydda stålkonstruktioner i händelse av brand.

Till modellbrandrummet har följande mått på Promatekskivor använts:

Skiva	Höjd [mm]	Bredd [mm]	Anmärkning.
kortsida 1	605	570	
kortsida, dörr	605	565	Dörröppning, centralt placerad [b x h] 200 x 500
långsida 1	605	930	
långsida, glas	605	925	Glasöppning [b x h] 570 x 370 115 mm från höger sida och 140 mm uppifrån
	Längd [mm]	Bredd [mm]	
tak	940	655	
golv	950	630	Hål för stråln.mätare, 38 mm diameter. Urfasning i hörn 58 x 38 mm.

Tabell A2.1 Mått till promatekskivorna som krävs för modellens grundutförande

Spånskivor

De brännbara skivorna utgörs av spånskivor. Till en laddning behövs tre spånskivor. Två av dem ställs i hörnet och den tredje läggs på som tak. Ovanpå denna takskena läggs den tyngre, och obrännbara, Promatek H skivan.



Bild A2.2 Spånskivorna som krävs för en standardladdning

Modell: Byggskena, 12mm.

Försäljare: Beijers byggvaror.

Mått på spånskivorna för standardladdning:

Skiva	Höjd [mm]	Bredd [mm]	Anmärkning
kortsida	600	588	Väggsida utan dörr
långsida	600	900	Väggsida utan öppning
	Längd [mm]	Bredd [mm]	
tak	940	655	Överlappar väggarna
golv	500	200	Används till för att visa att den infallande strålningsnivån är ca 20 kW / m ²

Tabell A2.2 Standardladdning av spånskivor.

Siktskiva:



Bild A2.3 Siktskivan ställs här i sin ram.

Tillverkare: Schott Glas, Mainz, Germany.

Modell: Robax[®] flat, 4 mm.

Mått: 40 x 60 cm.

Insulband:

Robax glasskivor är avsedda för att användas i braskaminer av den typ som gemene man har hemma i småhusbebyggelse. Tätning mot ramen måste göras. Till detta används insulband som återfinns hos glasmästare.



Bild A2.4 Insulband inskaffas i löpmeter.

Försäljare: Mariestads Glasmästeri AB

Modell: Brandskyddsband

Insulband är avsett för att användas till brandtätning mellan fönsterglas och dess infästningar i brandcellsgränser. På bild A2.3 syns hur insulbandet klistrats fast på ramen bakom siktskivan.

Keramisk isolering:

Tätning mellan konstruktionen och väggskivorna samt mellan vägg- och takskivorna är tänkt att göras med keramisk isolering. Den införskaffas på rulle och skärs till i lämpliga längder och bredder.



Bild A2.5 Den keramiska isoleringen delas till remsor i lämplig bredd med hjälp av kniv.

Tillverkare: ESSVE Produkter AB, Sollentuna, Sverige

Modell: FireSeal, Blanket D-24B

Keramisk isolering är avsedd att användas tillsammans med FireStop Sealant för att hindra brandspridning mellan olika rum via rör genomförningar och liknande.

Bilaga B - Simuleringar

Datasimuleringar har utförts i två olika tvåzonsmodeller. Programmen var Branzfire, version 2002-7 samt CFAST, version 3.1.7.

Simuleringarna utfördes för att få en uppfattning om den effektutveckling som krävs för att nå övertändning i modellen. Dessutom undersöktes om det verkade rimligt att skala dörröppningen proportionellt med de övriga måtten från Room/Corner Test. Simuleringarnas teoretiska resultat visade att det var fullt möjligt att bygga ett fungerande modellbrandrum utifrån de givna förutsättningarna.

Simuleringarnas resultat vägde dock inte så tungt eftersom det i programmen inte går att simulera olika väggmaterial på delar av väggar. Dessutom skulle modellbrandrummet förses med en siktskiva vilket, utöver teoretiska resonemang, kräver praktiska tester.

Simuleringarna gav en fingervisning om att effekten som krävs för att nå övertändning ligger kring 39 kW. Detta resultat bör dock avrundas uppåt eftersom strålningsförluster kommer att ske genom siktskivan när denna monteras.

Bilaga C - Strålningsmätare

Tillverkare: Joel Blom, SP-brandteknik, SP Sverige

Modell: Joel Blom, egen konstruktion



Bild C.1 . Strålningsmätaren med huvudenhet på vagnen samt vattenpump med kylslang till höger.

Strålningsmätaren består av två stora enheter. Huvudenheten (se bild C.1 och C.2) innehåller förutom all elektronik ett 12V-batteri och en automatladdare för 230V. På huvudenhetens baksida finns uttag för datakabel från givaren och 230V nätanslutning. Det finns även möjlighet att koppla en dator till huvudenheten varpå datainsamling väsentligt förenklas. Den andra delen av strålningsmätaren innehåller en vattenbehållare och en vattenpump. Från denna del går en mantlad kylslang ut till staven där mätarens öga är placerat. Strålningsmätaren som alltså är helt vattenkyld skall enligt uppgift från tillverkaren klara strålningsnivåer på åtminstone 60 kW/m^2 .



Bild C.2 . Strålningsmätarens huvudenhet

Strålningsmätaren kan användas både uppkopplad mot en dator men kan också användas fristående och visar då värden via en display på huvudenhetens framsida. Med sitt 12V batteri är strålningsmätaren portabel och kan användas utomhus.

Bilaga D – Lektionsmaterial (för läraren)

För att den lärare som vill använda sig av modellen vid sin lektion enkelt skall kunna göra detta har en variant av lektions-PM sammanställts. Det är ett antal detaljer som bör observeras vid handhavandet av modellen. Om det går en tid mellan de tillfällen som modellen används kan det som lärare var skönt att ha en checklista att följa vid förberedelserna. Det som avses med förberedelser är såväl placering, laddning och antändning i modellen som start av ventilation och dataprogram. Vid behov av extra hjälp finns servicepersonal vid Räddningsverkets skola. De är väl insatta i exempelvis ventilationssystemet.

Lektions-PM:et innehåller även ett exempel på hur brandförloppet beräknas bli med den brandbelastning och initialbrand som anges som standardladdning i rapporten, se kapitel 4.4. Tiden för hela förloppet kan också vara bra att känna till innan lektionen. Detta bedöms vara viktigt eftersom läraren eventuellt vill förevisa något visst fenomen och han/hon bör därmed ha en uppfattning om hur snabbt det inträffar. Lektionsmaterialet är speciellt framtaget med avseende på de förutsättningar som finns vid Räddningsverket i Skövde.

De punkter som tas upp i följande material är:

Förberedelser

- Placering av modell
- Laddning av brännbara skivor (mått, placering)
- Tätning
- Strålningsmätning (handhavande, placering)
- Ventilation (handhavande)
- Temperaturmätning

Övning

- Initialbrand
- Antändning
- Siktskiva
- Exempel på scenario

Service

- Byte av skiva
- Drevning
- Nyttillverkning

Lektions-PM - Räddningsverkets skola Skövde Modellbrandrum - standardutförande

Följande tre avsnitt ger exempel och rekommendationer angående handhavandet av modellbrandrummet:

- **Förberedelser**
- **Övning**
Här finns även ett exempel på hur scenariot förväntas bli.
- **Service (ev. efter övning)**



För att genomföra lektionen behöver du två nycklar.
Dessa är:

1. Nyckelbrytare släckmedel (går till SBS-rummet)
2. Driftläge övning/drift (till ventilationen)

Förberedelser

1. Placering:

Vagnen placeras över golvbrunnen i SBS-rummet. Vrid gärna vagnen något så att de flesta eleverna kan se in genom fönstret. De längst till höger kan se in genom dörröppningen på modellen.



2.1. Brännbara skivor

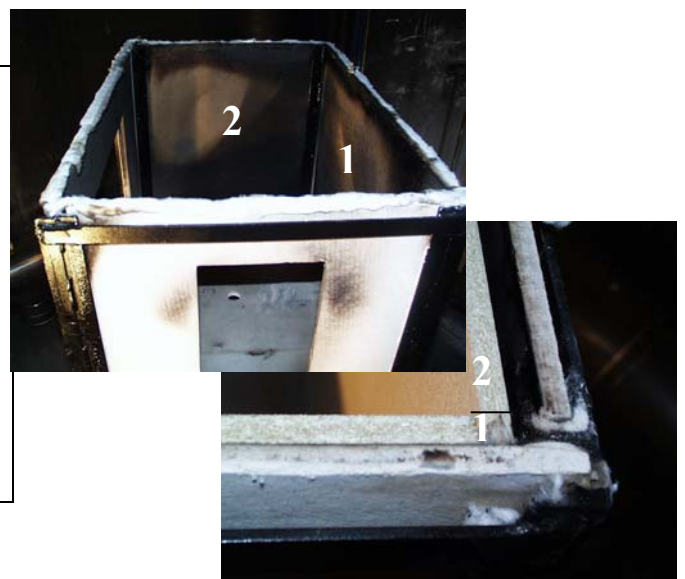
Ta fram ett exemplar av de fyra olika spånskivorna till tak, långsida, kortsida och golvskena.

Den långsmala golvskenan används för att påvisa antändning genom strålning mot golvnivå.



2.2 Brännbara skivor:

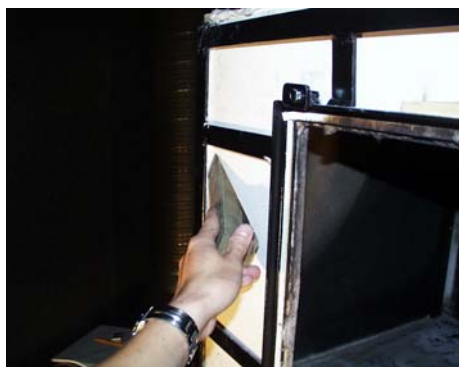
Ställ två brännbara skivor (90 resp 59cm) i hörnet. Ställ i den långa skivan först. Den kortare skivan hindrar sedan den längre från att välta. Lägg betongskivan i hörnet. Den stabiliserar spånskivorna och skyddar golvet från initialbranden.



3. Tätning:

Tätning skall vara gjord redan vid byte av obrännbara skivor, (se "Service").

Keramisk isolering skall finnas i U-profil, runt ramen för siktskivan samt där U-profilerna går ned i golvet. Även på väggarna runt hela konstruktionen (se pil) behövs isolering för att täta mot taket.. **Kontrollera detta.**



4.1. Strålningsmätare:

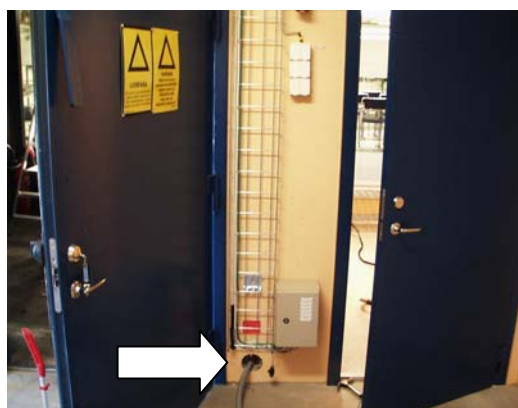
Ställ kylvattenbehållaren (se pil) utanför SBS-rummet.

Manöverkabeln skall kopplas till strålningsmätarens huvudenhet på vagnen.



4.2. Strålningsmätare:

För in strålningsmätaren genom hålet bredvid dörren till SBS-rummet (se pil).



4.3. Strålningsmätare:

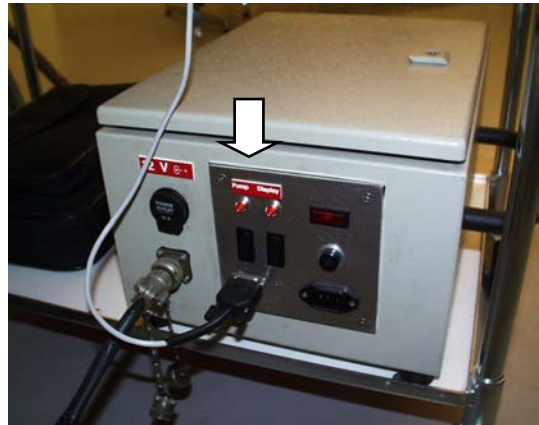
Placera den rostfria delen i stativet under modellens golv. Skruva fast den så att den sitter ca 0,5-1cm nedanför innergolvets nivå.



4.4. Strålningsmätare:

Starta pumpen till strålningsmätaren ca 10min före antändning. Tryck på de båda strömbrytarna "pump" och "display" på strålningsmätarens huvudenhet som står på vagnen.

Brytaren "display" tändes en röd display på strålningsmätarens front. Denna skall vara på för att rätt resultat skall visas i datorn



4.5. Strålningsmätare:

För handledning angående strålningsmätarens datorprogram vänligen se separat instruktion. Finns vid strålningsmätaren.

OBS! Det går utmärkt att använda displayen för att se aktuell strålningsnivå mot golvyta. Är du nöjd med det är det bara att fortsätta till punkt 5.

För att kunna lagra mätdata måste dock datorn användas. Medan förloppet fortskrider ritas då ett diagram upp på dataskärmen. Används datorn är det också möjligt att analysera förloppet i efterhand.

5.1. Ventilation:

Ventilationen styrs från manöverdelen längst fram i lektionssalen. Sätt i nyckeln övning/drift och vrid denna till ”övning”.



5.2. Ventilation:

Starta programmen Profibus Softnet och Unigr. Logga in enligt instruktionen på datorn (sitter på själva burken under bordet). Ändra fläkten i SBS-rummet till ”övning” samt kapacitet 100%.



Se separat instruktion om du är osäker på ventilationssystemet.

6. Temperaturmätning:

Här kopplas två termoelement till mätenheten. Placera trådarna på den höjd du vill mäta. (I detta fall 10cm från tak och 10cm från golv).



Mätenheten stänger av sig efter en viss tid. Tryck igång den när du tänder initialbranden för att förhindra att den stänger av sig mitt i förloppet.

Nu är förberedelserna klara!

Övning

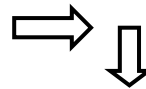
1. Ventilation:

Om ventilationen ej har startats, se punkt 5 i föregående avsnitt.

2. Skivor på golv:

Placera den fiberarmerade betongskivan på golvet i modellens hörn. Den stabiliserar spånskivorna och gör det lättare att städa ur resterna från initialbranden.

Placera en bit spånskiva på golvet för att påvisa att den pyrolyserar och antänder av strålningen.



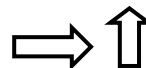
3. Antändning (värmeljus):

Tänd ett värmeljus och placera det på betongskivan. I detta exempel placerades det 15cm från hörnet längs långsidan. Ställ det en bit från väggen (1cm) så att träribbstapeln kan placeras över ljuset.



4. Träribbstapel:

Ställ träribbstapeln på plats över ljuset.



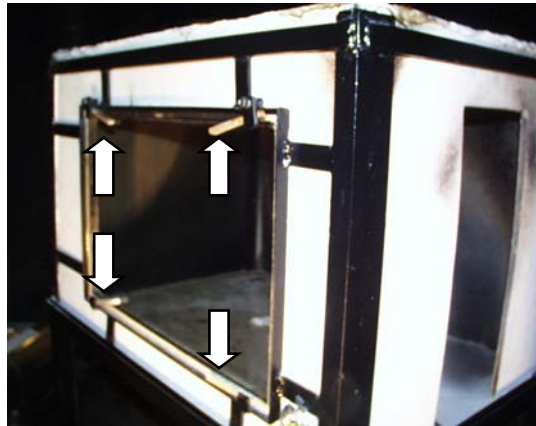
5.1. Siktskiva:

Ställ siktskivan på plats längst in mot ramen.



5.2. Siktskiva:

**Fäll ned byglarna i överkant.
För in de fyra tråkilarna mot ramen.**



6. Släckning:

**Låt förloppet gå till övertändning.
Släck med liten (mycket liten) mängd
vatten. Använd avsedd flaska, ej
slang.**

**Ta bort siktskivan och lyft ut
betongskivan med initialbranden. Låt
konstruktionen stå och svalna innan
taket tas bort. Då ligger den
keramiska isoleringen kvar på
väggarna.**

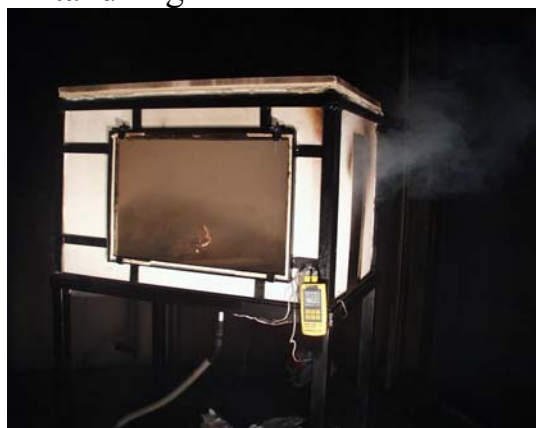


Exempel på scenario:

Följande scenario kommer ungefärligen att erhållas med ovan angivna förutsättningar.

(Temperaturen anges vid tak / golv. Strålningen mot golvnivå i rummets mitt.)

Antändning



Temp 26 / 25°C

Strålning 0kW/m²

1 minut



Temp 26 / 25°C

Strålning 0,2kW/m²

2 minuter



Temp 40 / 26°C

Strålning 0,3kW/m²

3 minuter



Temp 76 / 28°C

Strålning 0,3kW/m²

4 minuter



Temp 130 / 33°C

Strålning 0,6kW/m²

5 minuter



Temp 215 / 40°C

Strålning 1,1kW/m²

6 minuter



Temp 273 / 49°C

Strålning 1,7kW/m²

7 minuter



Temp 275 / 59°C

Strålning 3,1kW/m²

8 minuter



Temp 390 / 86°C

Strålning 5,8kW/m²

9 minuter



Temp 570 / 115°C

Strålning 15,4kW/m²

10 minuter



Temp 660 / 210°C

Strålning 27,8kW/m²

Service (endast vid behov)

Mått för nytillverkning av skivor

Promatekskivor:

skiva	höjd [mm]	bredd [mm]	anm.
kortsida 1	605	570	
kortsida, dörr	605	565	dörröppning, centralt placerad [b x h] 200 x 500
långsida 1	605	930	
långsida, glas	605	925	glasöppning [b x h] 570 x 370 115 mm från höger sida och 140 mm uppifrån
	längd [mm]	bredd [mm]	
tak	940	655	
golv	950	630	hål för stråln.mätare, 38 mm diameter hörn 58 x 38 mm

Spånskivor:

skiva	höjd [mm]	bredd [mm]
kortsida 1	600	575
långsida 1	600	820
	längd [mm]	bredd [mm]
tak	940	655
golvskiva	600	100

Betongskiva: [l x b] 480 x 380 mm. Eller enligt speciell anvisning.

Vid byte av skivor kan drevningen behöva förbättras. Använd då keramisk isolering och, förslagsvis, en träkil.

Drevning



Drevning med keramisk isolering skall utföras vid skivbyte eller efter behov på följande platser:

- I U-profil (utifrån).
- Bakom ramen för siktskivan.
- I hörnen på innergolvet.

Keramisk isolering skall även läggas i remsor på väggarna för att täta mot taket.



Kontrollera även att isoleringsremsan i siktskivans ram är oskadd. Tejpa annars dit nytt insulband i ramen (se pil).



