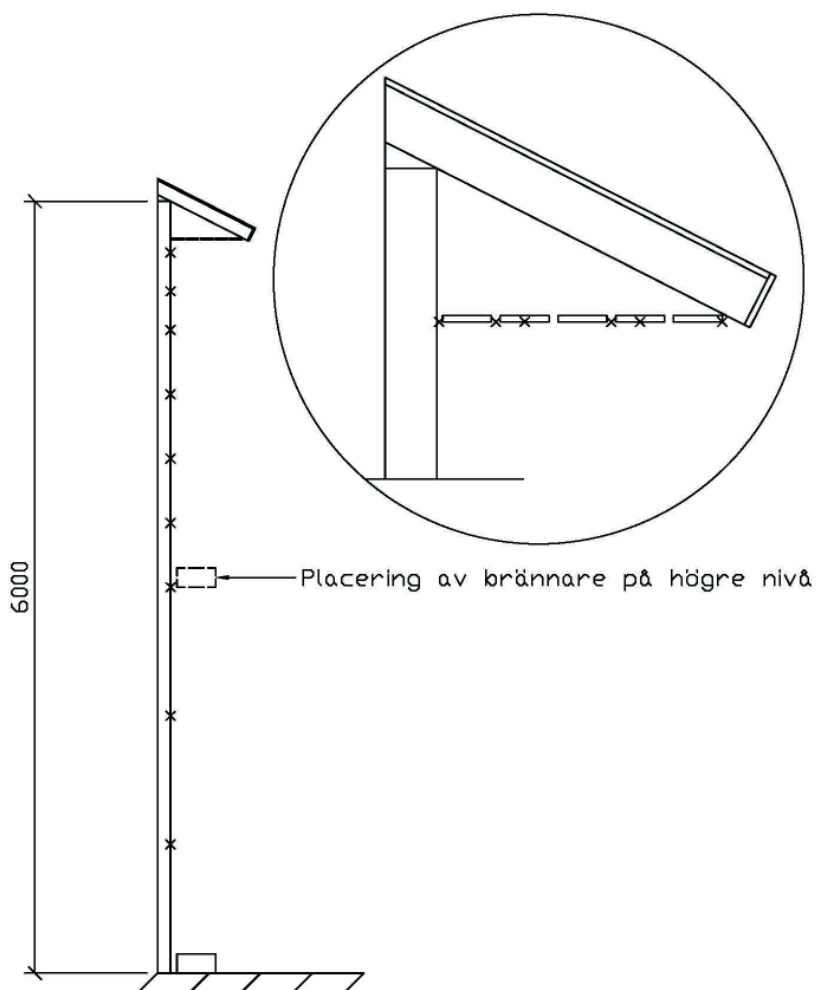


Råd för installation av värmedetektkablar på ytterfasad



Petra Andersson, Henry Persson och Heimo Tuovinen

Råd för installation av värmedetekterings- kablar på ytterfasad

Abstract

General advice on where to place linear heat detectors on facades and under eave are given based on experiments and computer simulations of a fire plume close to a facade. The fire is assumed to be arson in a garbage bin producing 100-150 kW.

Temperature readings were made on several places along the façade in the experiments. In addition a few linear heat detector wires were mounted in some of the tests. The linear heat detector wires were of different types, maximum temperature detection and differential heat detection respectively.

CFD simulations were made using the computer codes Sofie and FDS.

The experiments and simulations show that:

- It is best to place the wire as low as practically possible, but not as low as 1 meter.
- One should not mount maximum heat detection wires under the eave on two story buildings.
- It is better to mount the wire a bit away from the wall/eave in order to avoid cooling from this.
- It is better to mount the cable rather close to the wall when mounting underneath the eave.
- Time to activation is considerably longer if the wire is mounted in a pipe.
- A component test needs to be developed that determines the heat response of the cable and possible sabotage protection. This can then be used together with the results of this report to determine when a cable will be activated.

Key words: linear heat detection wires, facades, fire

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2006:09
ISBN 91-85303-93-3
ISSN 0284-5172
Borås 2006

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2006:09

Postal address:
Box 857,
SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telex: 36252 Testing S
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Abstract | 2 |
| | Innehållsförteckning | 3 |
| | Förord | 4 |
| | Sammanfattning | 5 |
| 1 | Bakgrund | 7 |
| 2 | Fasader och bränder | 9 |
| 3 | Erfarenheter av värmedetektionskablar | 10 |
| 4 | CFD simuleringar | 11 |
| 4.1 | Gridindelning | 12 |
| 4.2 | Resultat från simuleringarna | 13 |
| 4.3 | Slutsatser | 21 |
| 5 | Experiment | 22 |
| 5.1 | Experimentell uppställning | 22 |
| 5.2 | Resultat | 24 |
| 5.3 | Test med värmedetektionskablar | 28 |
| 5.4 | Observationer gjorda utifrån genomförda experiment | 30 |
| 5.5 | Jämförelse experiment – simuleringar | 30 |
| 6 | TASEF simuleringar | 34 |
| 7 | Diskussion | 36 |
| 8 | Rekommendationer | 40 |
| | Referenser | 41 |
| | Appendix A Simuleringsresultat efter 1 minuts brand | 42 |
| | Appendix B Experimentella resultat | 45 |

Förord

Projektet finansierades av BRANDFORSK (projektnummer 500-051) vilket tacksamt erkännes.

Till projektet knöts en referensgrupp bestående av

| | |
|--------------------|--|
| Bo Andersson | SRV |
| Bo Molin | Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund |
| C-G Johansson | Trygg-Hansa |
| Cecilia Rimer | Brandforsk |
| Daniel Rydholm | Brandforsk |
| Göran Holmstedt | LTH |
| Jan Berntsson | Bengt Dahlgrens |
| Jan Blomqvist | Siemens |
| Jan Lagerblad | IKEA |
| Jens Hjort | SBF |
| Kjell Olsson | Lagerstedt & Krantz |
| Lars Hellsten | Scania |
| Leif Beisland | Trygg-Hansa |
| Lennart Håkansson | NVS |
| Olle Norrby | Brandgruppen |
| Ari Santavouri | If insurance |
| Tomas Åberg | Kidde |
| Torsten Södergren | If |
| Jarl Nylén | JANY |
| Christer Lorentzen | Microsec |

Alla medlemmarna tackas för sitt aktiva deltagande i referensgruppen och sina värdefulla kommentarer och de data som delgivits.

Två leverantörer sände kablar och larmcentraler att använda vid några av de i projektet genomförda försöken. Leverantörerna var Microsec i Skärholmen samt JANY Elektronik AB i Haninge vilket tacksamt erkännes.

Sammanfattning

Baserat på experiment och datorsimuleringar av brandplymer intill fasad och under olika typer av takfot ges generella råd om var man lämpligen placerar värmedetektionskablar för att få en så tidig detektion som möjligt. I både experiment och datorsimuleringar antogs branden vara en anlagd brand i form av en antänd soptunna, denna antogs avge 100-150 kW. I experimenten mättes temperaturen på ett flertal platser längs fasaden samt under takfoten. I några fall monterades dessutom kablar med två olika detektionsprinciper, dels smältkablar med olika aktiveringstemperatur och dels en differentialkabel.

Resultaten mynnar ut i följande rekommendationer för installation av värmedetektionskablar:

- Optimal placering av värmedetektionskabel är så långt ner som är praktiskt möjligt dock ej under 1 m höjd ovan branden. Man kan dock tänka sig att sätta kabeln i underkant på fasadbeklädnad som en komplettering.
- Det är inte lämpligt att använda smältkabel vid montering under takfoten på tvåvåningshus.
- Kabeln ska inte monteras i skuggan från branden av något annat material.
- Kablarna monteras med fördel en bit ifrån väggen/takfoten för att undvika kylning ifrån denna. Det finns upp till en faktor två att tjäna på monterings sättet. Dessutom är gastemperaturen något högre en bit ifrån väggen.
- Vid montering under takfoten monteras kablarna med fördel ganska nära väggen, ej längre ut än halva takfoten. Vid glespanel spelar det ingen större roll om man monterar kabeln emellan panelen eller på en plank, huvudsaken är att det är ganska nära väggen. Alternativt kan man med fördel montera kabeln på väggen ganska nära takfoten.
- Tid till aktivering fördröjs avsevärt när kabeln monteras i skyddsror och skall därför undvikas. Bättre är då att montera kabeln bakom en perforerad plåt eller något nät som skydd mot sabotage. Tid till aktivering kan då fördröjas upp till ungefär en faktor två. Om man kan lägga röret en bit ifrån väggen så kan man till viss del väga upp denna fördröjning, dock blir det kanske inte så estetiskt tilltalande med ett perforerat rör en bit ifrån väggen och dessutom gör det monteringen omständligare. Dock så kan man montera kabeln längre ner på väggen när den är monterad i något sabotageskydd och därigenom till viss del uppväga fördröjningen.
- Inverkan av perforerad plåt/rör bör snarare provas i en komponenttest än i brandförsök av det slag som gjorts i detta projekt. Det är viktigt att ett komponentprovningssystem utvecklas som kan kopplas till resultaten i detta projekt. Detta gäller oavsett om kabeln ska monteras för sig själv eller i skydd av t.ex. ett perforerat rör.

1 Bakgrund

För många kommuner och fastighetsägare orsakar vandalisering och anlagd brand stora problem. Ofta är det skolor, daghem, idrottshallar och liknande som drabbas, dåden sker nattetid och bränder anläggs ofta utmed en fasad. Upptäcks inte detta i tid kan det snabbt ge brandspridning längs fasaden, sprida sig till vindsutrymme och tak som leder till övertändning av hela byggnaden och totalskada. Omfattningen av problemet har blivit så stort att endast ett fåtal försäkringsbolag försäkrar kommunala anläggningar¹. Även kulturbyggnader har varit utsatta och här är det inte bara en ekonomisk skada utan ovärderliga byggnader och föremål som kan bli förstörda.

För att upptäcka dessa typer av bränder på ett tidigt stadium har man på flera olika håll i landet börjat installera värmedetekteringskablar ("värmekablar") längs fasader. I bl a Gävle har kommunen installerat värmekablar på ett stort antal byggnader som definierats som riskobjekt och dessa har redan gett god avkastning och förhindrat en storbrand på en skola². Även i Norge har värmedetekteringskablar väckt stort intresse, framför allt för skydd av olika typer av ovärderliga kulturbyggnader, t ex stavkyrkor och gammal stadsbebyggelse i trä. Rätt installerade värmekablar kan reducera brandskadekostnaderna mångfalt vilket gagnar både kommuner och andra fastighetsägare samt försäkringsbranschen.

Användning av värmedetekteringskablar är relativt ny och i princip saknas både produktstandarder respektive installationsregler. Inom CEN pågår arbete med att ta fram en produktstandard som kommer att få benämningen EN 54-22³ men fortfarande pågår arbete inom arbetsgruppen och för närvarande planeras ett utkast gå ut på remiss i juni 2006. Vissa tillverkare har låtit prova sina värmekablar enligt någon existerande standard för "vanliga" värmedetektorer, bl a EN 54-5⁴, FM 3210⁵, UL 521⁶ men oftast är dessa bara tillämpbara i vissa delar. NFPA 72⁷ innehåller både generella produktkrav och installationsanvisningar, mm men specifik information saknas om den typ av värmedetekteringskablar och applikationer som här avses.

Avsaknaden av specifika standarder och framförallt allmänna installationsregler har medfört att det finns en osäkerhet kring hur bra värmekablarna egentligen fungerar och hur snabba dom är i förhållande till andra system. Det finns också ett antal olika typer och fabrikat på marknaden med olika för och nackdelar. Som ett resultat av detta har ett flertal försöksserier/demonstrationer genomförts för att skaffa erfarenhet och bättre beslutsunderlag. Det mest övergripande och väldokumenterade arbetet som vi har kännedom om genomfördes 2002 av Högskolan Stord/Haugesund i Norge⁸. Anledningen var här ett beslut från Stortinget i Norge att sätta upp skyddet av kulturhistoriska byggnader som ett nationellt mål. För att ge underlag till berörda fastighetsförvaltare av dessa historiska byggnader utvärderades fyra olika fabrikat av värmekablar. Utvärderingen omfattade både vissa småskaleförsök men även ett fullskaleförsök i en gammal ladugård och en uppskattning av bl a installationskostnader. Utifrån detta rekommenderades fortsatt användning av en av dessa fyra värmekablar.

I Sverige har bl a tester utförts vid High Chaparall av Willis AB där man studerade inverkan av olika placeringar av kabeln under en takfot och i Motala genomfördes under 2004 försök av Trygg-Hansa⁹ där man jämförde responstiden för värmekablar placerade på fasaden respektive under takfoten med rökdetektorer placerade på vindsutrymmet. Båda försöksserierna har innefattat mätning av responstid och vissa temperaturmätningar men ger inte ett konkret underlag för generella installationsanvisningar.

Som en följd av det ökade intresset har också försäkringsbolagen vänt sig till Svenska Brandförsvarsföreningen SBF med förfrågan om möjligheten att ta fram någon form av

enkla certifieringsregler för värmekablar. Ett sätt vore naturligtvis att utveckla ett antal brandscenarier som liknar de tänkta installationerna och prova varje enskild kabeltyp enligt denna i kombination med eventuella komponentprovningar som grund för en certifiering.

Efter diskussioner mellan SBF och SP blev dock förslaget att jobba lite mer långsiktigt och ta fram underlag för generella installationsanvisningar och fokusera provningen av varje kabeltyp mot mer specifika komponentegenskaper. Vid en brand utmed t ex en fasad är de grundläggande förutsättningarna densamma oavsett kabeltyp, t ex var och hur kabeln bör placeras för att snabbast möjligt detektera en brand. Detta kombinerat med en komponentprovning som bekräftar nominell utlösningstemperatur, känslighet (snabbhet) vid olika exponering, hållfasthet, åldringsegenskaper, etc. skulle kunna ge grund för en certifiering som säkerställer en tillförlitlig anläggning under en rimlig livslängd.

Med underlag för generella installationsanvisningar kommer osäkerheten kring installationernas utförande att minska. Behovet av specifika fältförsök på olika objekt kommer också reduceras kraftigt och funktionen/tillförlitligheten hos olika typer av kablar kan istället baseras på komponenttester vilka också kan ligga till grund för ett certifieringsförfarande.

Denna rapport presenterar resultaten från det projekt som genomförts för att ta fram grunden för de allmänna installationsanvisningarna. Tyvärr har det i dagsläget ej varit möjligt att få finansiering för utarbetandet av lämpliga komponentprovningar/krav vilket innebär att denna del ej kunnat genomföras.

Rapporten ger underlag för generella installationsanvisningar för fasadskydd utomhus med hjälp av värmedetektionskabel.

Frågor som besvaras är:

- Vilken typ av brand är det som ska detekteras?
- Hur snabbt behöver man upptäcka branden, t.ex. vad tål en fönsterruta?
- Fasadhöjdens inverkan på optimal placering av kabeln.
- Hur påverkar väder och vind detektionen? Vilken maxtemperatur kan man t.ex. uppnå en solig dag
- Optimal placering under takfoten
- När är det bättre att sätta kabeln på väggen respektive under takfoten?
- Skyddsplåt för att skydda kabeln samt att fånga upp brandgaserna, är det en bra lösning?
- Hur påverkar fasadens termiska egenskaper (trä, plåt, betong) detektionstiden?
- Ska kabeln monteras en bit ut ifrån fasaden?

I projektet definierades först vilken typ av brand man avser att detektera. Man tog reda på vilka typer av fasader och takfotsarrangemang som kan komma i fråga. Dessutom gjordes en genomgång av tillgänglig kunskap på området. Därefter vidtog de egentliga undersökningarna både experimentellt och genom beräkningar för att söka svar på ovanstående frågor.

2 Fasader och bränder

Det finns en uppsjö av olika fasader i dagens samhälle. Vid diskussioner inom referensgruppen enades vi dock om att det finns två huvudtyper av fasader; brännbar eller icke brännbar fasad. På skolor och daghem är de mest förekommande fasaderna trä, tegel eller putsad fasad med isolering.

Det finns flera olika takfotsutföranden, exempel på utföranden kan man t.ex. hitta på Träguiden¹⁰ på internet. Dock kan dessa olika utföranden grupperas. De grupper som identifierades av referensgruppen var klädd eller oklädd takfot. Den klädda takfoten är antingen hel eller försedd med glespanel. Vid en hel täckning finns det en några centimeter stor ventilationsöppning upp mot vinden antingen längst ut mot takfotsspetsen eller invid väggen. Om takfoten är oklädd är motsvarande ventilationsöppning placerad invid väggen. De olika takfotsutföranden som användes i projektet beskrivs närmre i kapitel 5.

Branden man vill detektera är enligt referensgruppen anlagd brand. Det anläggs årligen 10 000 bränder i Sverige till en kostnad av ca 1 miljard kronor. Detta inkluderar även anlagda bränder i industrier etc. men allmänna byggnader som skolor, fritidsanläggningar och flerbostadshus är särskilt utsatta¹¹. Den anlagda branden mot en skola eller dagis består, enligt referensgruppen, ofta av t.ex. en soptunna som dras fram intill fasaden. En gammal tumregel är att en större brinnande papperskorg ger 100 kW. Ibland förekommer det enligt referensgruppen även brännbara vätskor som t.ex. bensin. Denna kastas ofta mot fasaden. När man kastar brinnande bensin mot fasaden blir påverkan väldigt kortvarig om fasaden inte är brännbar. Hur stor effekt som utvecklas beror på hur stort område som bensinen är utspritt på och om bensinen kan häfta vid fasaden. Eftersom påverkan är så pass kortvarig togs inte någon brand fram för att simulera detta i försöken. Endast soptunnebranden simulerade med hjälp av en 100 – 150 kW brännare.

3 Erfarenheter av värmedetektionskablar

Det finns ett par exempel på fall där installationen av värmedetektionskablar har förhindrat brand. Förutom de i inledningen goda erfarenheter man har i Gävle har brand t.ex. upptäckts på ett tidigt stadium i Södertörn augusti 2004¹² samt i Eskilstuna jul och nyårshelgen 2004-2005. I ena fallet var en differential kabel installerad och i det andra fallet en smältkabel.

Dock har till exempel Göteborgs kommun funnit att i de fall man har haft både en optisk rökdetektor på vinden och en smältkabel så har den optiska rökdetektorn larmat först, i regel ca 5 minuter före kabeln. I ett fall fick man larm av kabeln före rökdetektorn, det var när ett uthus brann. Detta är i överensstämmelse med resultaten från Trygg-Hansa försöken i Motala. Göteborgs kommun har därför övergått till att installera värmedetektionskabel endast på fastigheter som saknar vind som man kan installera rökdetektorer på¹³.

Värmedetektionskabelförsäljarna har i regel inga särskilda anvisningar för var man lämpligen monterar värmedetektionskabeln utan överlåter detta till köparen. JANY som done-rade smältkablarna till dessa försök anger till installatörer att det troligen behövs en slinga HDC-105° (dvs utlösningstemperatur 105 °C) på lägre nivå vid fasader över 4 m. JANY meddelar att deras smältkabel HDC-105 har mestadels installerats i 1-våningshus, daghem, skolor och liknande. Vid skydd av kyrkor i Småland gjorde installatören tester tillsammans med Räddningsverket varvid man bestämde sig för att montera HDC-105 på flera nivåer. En kabel med lägre utlösningstemperatur den så kallade HDC-68 (utlösningstemperatur 68 °C) användes vid de första installationerna men omgivningstemperaturen blev för hög mitt på söderväggen så man övergick till HDC-105. Dock är det inte säkert att temperaturen var för hög, det kan också bero på att materialet i den kabeln var känsligt för kraftiga krökningar, man har sedan dess bytt material i kabeln men inte prövat detta igen.

Kidde ger inga anvisningar för hur man monterar kabeln utomhus utan endast anvisningar för placering inomhus vid installation kabelstegar, bandtransportörer, etc. De ger en generell anvisning om att man ska iaktta de regler som gäller för vanlig detektorinstallation.

I Göteborgs kommun installerar man kablar på en och tvåvåningshus som saknar vind. Man installerar dem mellan vägg och takutsprång på envåningshus och i brytningen mellan två våningar på tvåvåningshus på en distansplack. Ibland sätts kabeln även i nederkanten av bräderna precis ovan sockeln. Man använder då så kallad musplåt som skydd för kabeln.

4 CFD simuleringar

För att studera trender gjordes CFD simuleringar innan försöken utfördes. Optimal placering av värmekabeln avgörs till stor del av temperaturen där kabeln sitter samt i viss mån hastigheten runt kabeln. CFD simuleringar gjordes med CFD koden Sofie¹⁴ för att studera trender såsom optimal placering i höjddled samt avstånd från väggen. Dessutom gjordes några simuleringar med Fire Dynamics Simulator FDS¹⁵ eftersom det är svårt att åstadkomma lutande plan i Sofie. De simuleringar som gjorts listas i Tabell 1. I samtliga fall simulerades 10 minuters brand med en konstant effekt.

I samtliga simuleringar utom en antogs kanten på brännaren vara 5 cm ifrån väggen. I ett fall placerades brännaren 50 cm från väggen. Avstånden från väggen valdes för att representera ett största och minsta avstånd som bedömdes relevant för denna typ av detektion. Dock placerades inte branden alldeles intill väggen för att undvika randeffekter som vi inte tidigare har utforskat inom CFD. Väggen antogs vara slät och ej brännbar. För fallet med en trävägg sattes de termiska egenskaperna till träs egenskaper men väggen deltog inte i branden. Brandeffekten var i samtliga fall 100 kW. Brännaren var 20 x 50 cm i alla fall utom ett. Ventilationsöppningen mot vinden togs endast med i en simulering. I en simulering (dubbelt h i Tabell 1) sattes det konvektiva värmeövergångstalet h till 60 W/K vilket är mer än en faktor 2 större än det typiska värdet i denna typ av simuleringar som vanligtvis varierar mellan 7 och 25 W/K beroende på höjden ovan mark (h beror på gas-hastigheten och denna varierar med höjden) för att simulera en vägg med större ytråhet. Det är dock mycket svårt att säga hur stor ändring i värmeövergångstalet som behövs för att simulera en viss typ av vägg.

Tabell 1. Körda CFD-simuleringar

| Scenario | CFD program | Tak höjd (m) | Tak utskjut | Brandkälla | Brandens läge (från väggen) | Material | |
|---------------|-------------|--------------|----------------------------|------------|-----------------------------|----------|-----|
| | | | | | | Vägg | Tak |
| Tak 30 cm | Sofie | 2.5 | 30 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| Tak 3 cm | Sofie | 2.5 | 3 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| Tak 1m | Sofie | 2.5 | 1 m | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| Tak 75 cm | Sofie | 2.5 | 75 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| Brand 50 cm | Sofie | 2.5 | 1 m | 20 x 50 cm | 50 cm | Tegel | Trä |
| Höjd 5 m | Sofie | 5 | 30 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| Trä | Sofie | 2.5 | 30 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Trä | Trä |
| Öppning | Sofie | 2.5 | 30 cm* | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| FDS lutande | FDS | 2.5 | Lutande tak (ca 15 grader) | 20 x 50 cm | 5 cm | † | |
| Dubbelt h ‡ | Sofie | 2.5 | 30 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| 30 x 30 cm | Sofie | 2.5 | 30 cm | 30 x 30 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| FDS bas** | FDS | 2.5 | 30 cm | 20 x 50 cm | 5 cm | Tegel | Trä |
| Brand 30 cm | Sofie | 2.5 | 1 m | 20 x 50 cm | 30 cm | Tegel | Trä |

* Vid simulering med ventilationsöppning inåt byggnaden togs 1 m av utrymmet innanför med i beräkningsdomänen

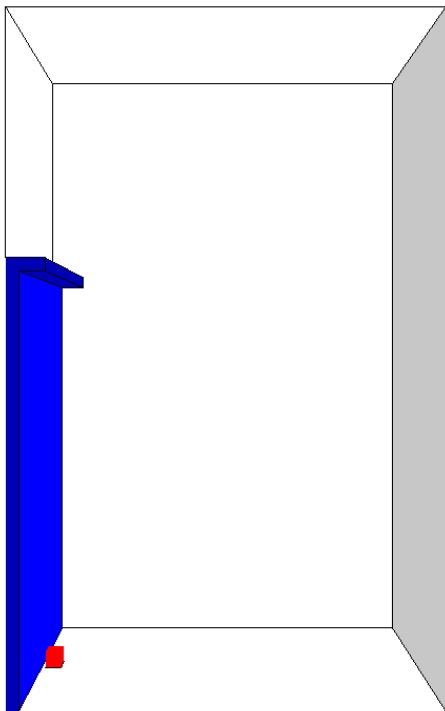
† Icke-brännbart ospecificerat material.

‡ Värmeövergångstalet h sattes till 60 W/K för att simulera en större yta (större ytråhet) på väggen

** Samma scenario som det översta i tabellen ("Tak 30 cm") fast kört med FDS för att kunna jämföra resultaten från de olika programmen

4.1 Gridindelning

Vid Sofie-simuleringarna antogs väggen vara 15 cm tjock. Området som simulerades var 6 m brett med brännaren i mitten dvs det var 2.75 m vägg på var sida om branden i nästan alla fall. Ett så kallat *pressure boundary* där gaser kan flöda in och ut igenom sattes 4.85 m ifrån väggen. Geometrin för envåningssimuleringarna med Sofie kan ses i Figur 1.



Figur 1. Geometri i SOFIE-simuleringarna, Detta fall är en våning högt (2.5 m) med en 30 cm bred takfot. Väggen och takfoten visas med blått, brännaren röd och "pressure boundary" som grått

I höjddled sattes alla celler 16 cm mellan brännaretoppen och takfoten. Brännaren var 10 cm hög. Taket var 15 cm tjockt med 3 celler a' 5 cm. Ovanför taket användes 16 celler vilka var 21 cm höga.

Längs med väggen användes 13 celler till höger och vänster om brännaren som var $275/13 = 21.15$ cm stora. Över brännaren användes 7 celler som var $50/7 = 7.14$ cm stora.

I den tredje riktningen användes ett grid med 5 gridpunkter i väggen, med tätare fördelning närmast branden. Mellan branden och väggen var det 3 gridpunkter med tätare fördelning närmast väggen pga den tätare fördelningen i väggen här. Punkterna var 1.3 cm från väggen, 3 cm från väggen och 5 cm från väggen (dvs där började brännaren). Över brännaren som var 20 cm användes 3 celler 6.7 cm breda. Gridindelningen på andra sidan av brännaren beror på hur stor takfoten i simuleringen var. I fallet med 30 cm takutskjut var det två celler slutet på brännaren (25 cm från väggen) och slutet på takutskjutet (30 cm från väggen) och sedan sattes det 5 celler 11 cm breda ut till 85 cm från väggen. Därefter sattes 20.9 cm stora celler ut till pressure boundary (4.85 m ifrån väggen).

Denna gridindelningen resulterade i storleksordningen totalt 47 000 celler beroende på takutskjut för 2.5m takhöjd fallet. Fallet med takhöjd 5 m använde 91 732 celler.

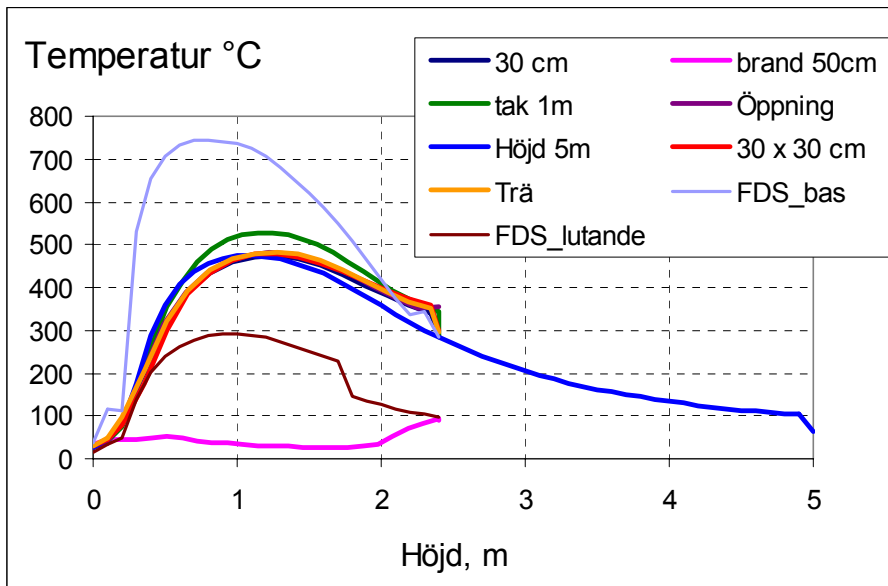
Vid FDS-simuleringarna simulerades ett mycket mindre område kring brännaren. Detta pga att FDS inte kräver ett så stort område runt det intressanta området som Sofie kräver för att åstadkomma korrekta resultat. Området som simulerades var endast 1 x 1 m i botten, höjden var 2.7 m. I FDS bestämmer man inte själv var gridpunkterna är utan man anger endast hur många celler man vill ha och sedan placeras dessa ut. I fallet med plan takfot användes 30 celler i vardera horisontella riktningen och 90 celler i höjddled vilket gav i stort sett kubiska celler (3.3 x 3.3 x 3 cm). Även i fallet med lutande takfot användes i stort sett kubiska celler men mycket mindre sådana för att fånga lutningen av taket. Cellerna var 1.6 x 1.8 x 1.9 cm

4.2 Resultat från simuleringarna

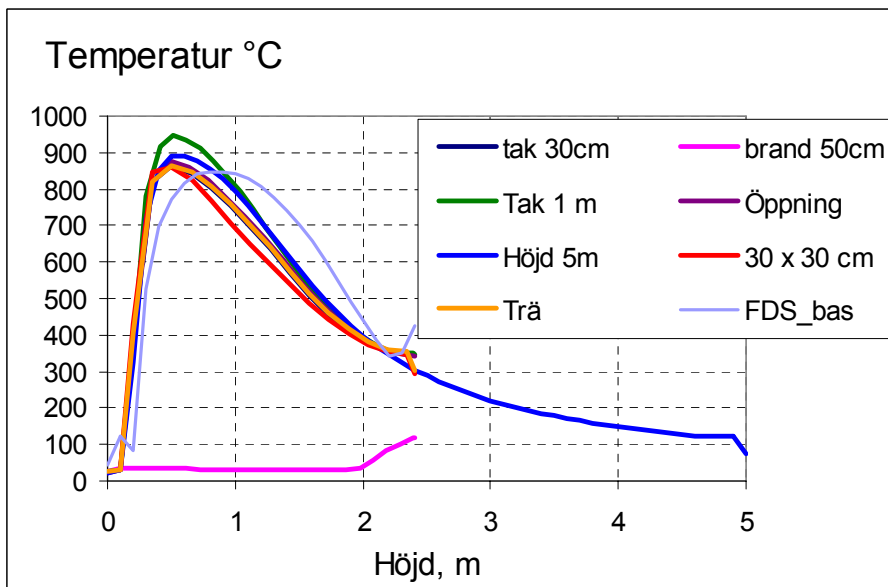
Resultat från simuleringarna redovisas i Figur 2 - Figur 4. Vi ser av Figur 2- Figur 4 att det som har störst betydelse för temperaturkurvans utseende är brandens placering ifrån väggen. Temperaturen blir lägre om branden är längre ifrån väggen och därigenom blir branden svårare att detektera. Å andra sidan är risken mindre att en brand en bit ifrån väggen antänder vägg eller takfot än en brand invid väggen. Om väggen antänds så "flyttas" branden intill väggen och vi är tillbaka på att detektera en brand invid väggen.

De kurvorna som skiljer sig näst mest från de övriga är FDS simuleringarna. FDS_bas kurvan borde sammanfalla de övriga kurvorna som t.ex. "Tak 30 cm". En anledning till att kurvorna skiljer sig så åt kan vara att man inte kan välja sitt gridnät i FDS utan programmet väljer det åt en. Detta innebär att programmet mycket väl kan välja ett gridnät där en cell innehåller både vägg och luft och den temperatur som redovisas är ett medelvärde av temperaturen inom cellen. I vårt fall med ett gridnät på 3.3 cm stora celler hamnar punkten 1 cm från väggen i en cell som består av 1.5 cm luft och 1.8 cm vägg. De övriga temperaturerna 5 cm och 10 cm från väggen hamnar dock i celler som består enbart av luft. Eftersom FDS_bas kurvorna skiljer sig ungefär lika mycket åt från de övriga kurvorna som FDS_lutande gör är det inte möjligt att dra några slutsatser om dessa båda FDS-simuleringar.

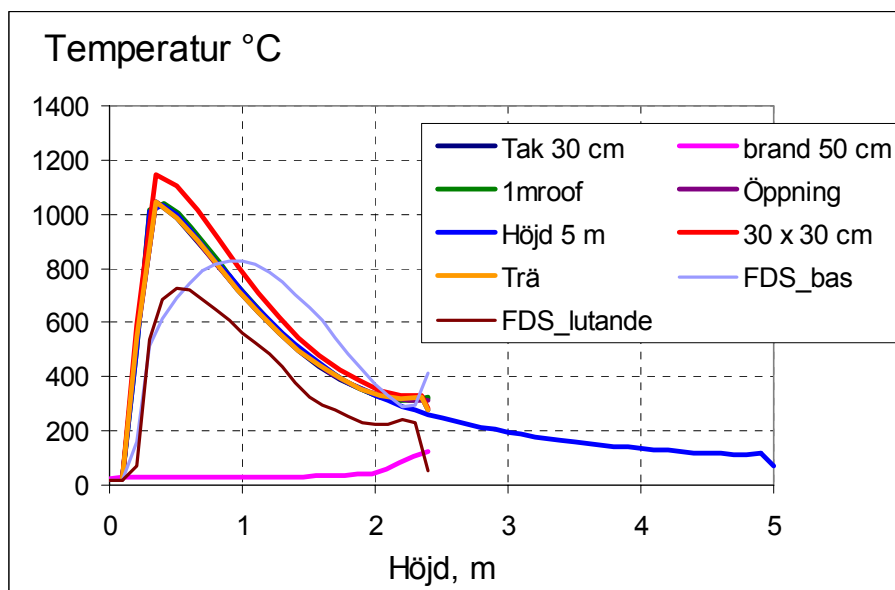
Vidare ser man av Figur 2- Figur 4 att temperaturen beror väldigt starkt på höjd ovan branden.



Figur 2. Temperaturen 1 cm från väggen längs plymens centerlinje för några av simuleringarna efter 10 minuters brand. Brandeffekt 100 kW.

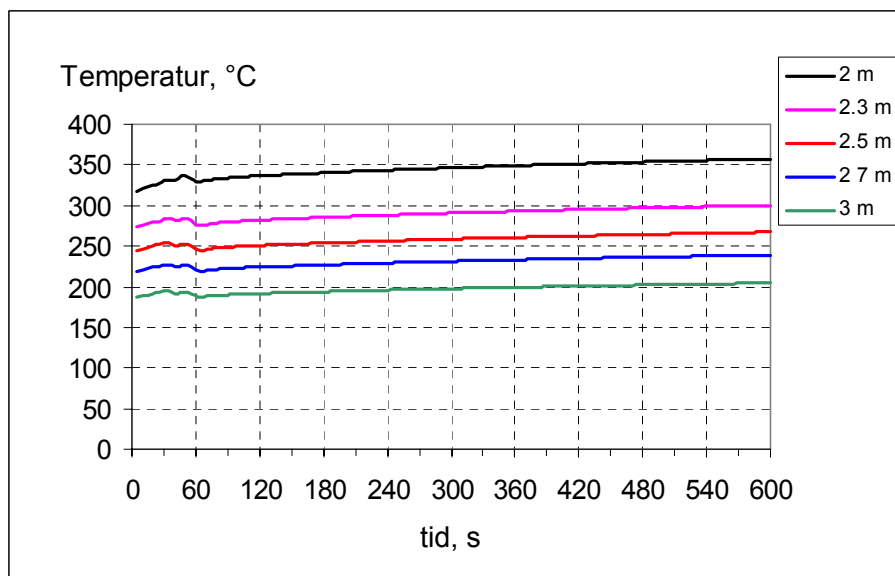


Figur 3. Temperaturkurvor 5 cm från väggen efter 10 minuters brand 100 kW för några av de i Tabell 1 beskrivna CFD simuleringarna.

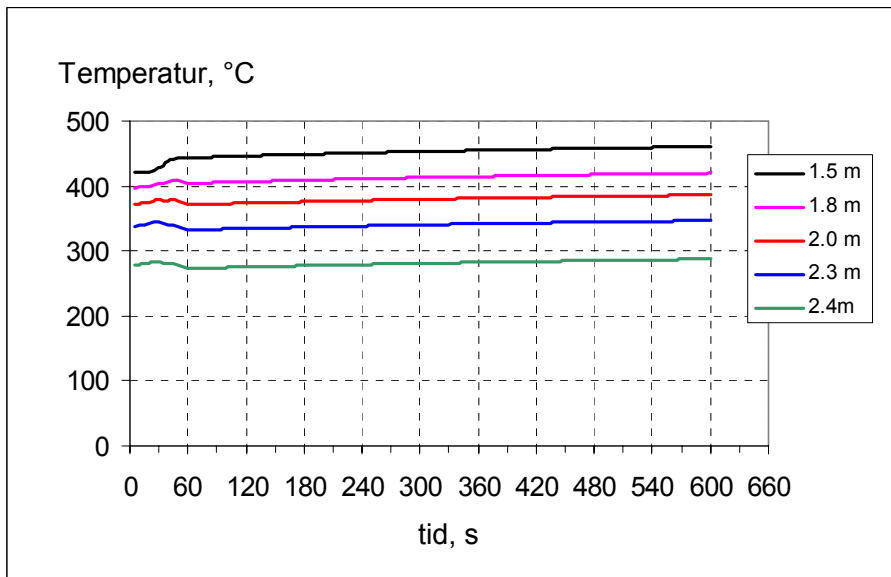


Figur 4. Temperaturen 10 cm från väggen längs plymens centerlinje för några av simuleringarna efter 10 minuters brand. Brand effekt 100 kW

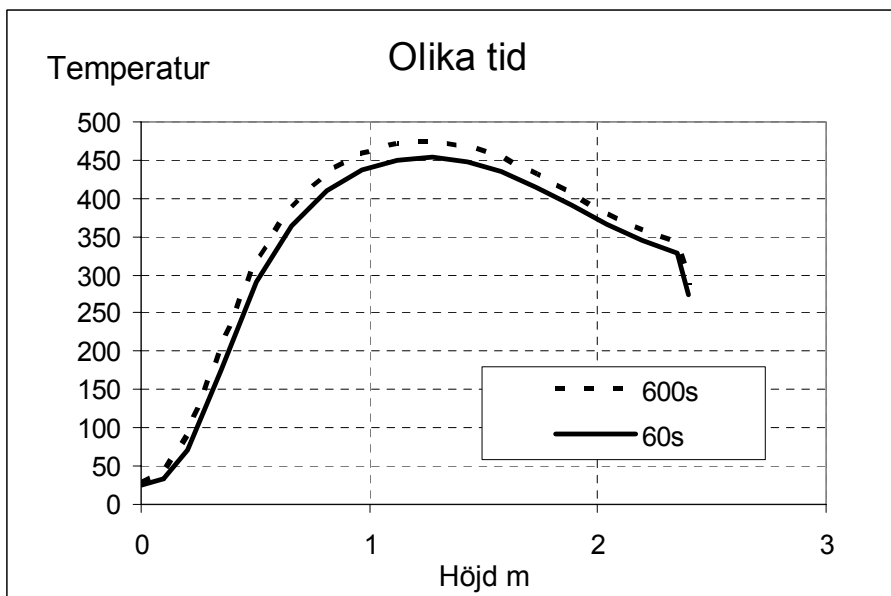
Figur 5 och Figur 6 visar beräknad temperatur som funktion av tid för fallet med 30 cm takutskjut med 5 m takhöjd respektive 2.5 m takhöjd. Vi ser där att temperaturen betar sig något annorlunda under den första minuten jämfört med senare. Detta beror antagligen på att simuleringen inte riktigt hinner ställa in sig under den första minuten. Under de följande 9 minuterna är temperaturen svagt stigande och alla kurvorna har ungefär samma utseende och temperaturskillnad. Kurvornas lika utseende demonstreras även i Figur 7. Vid utvärdering av inverkan av olika parametrar tittar vi därför fortsättningsvis främst på temperaturfördelningen efter 10 minuters brand.



Figur 5. Temperatur 1 cm från väggen som funktion av tid vid simuleringen med 5 m takhöjd för några olika höjder ovan mark.



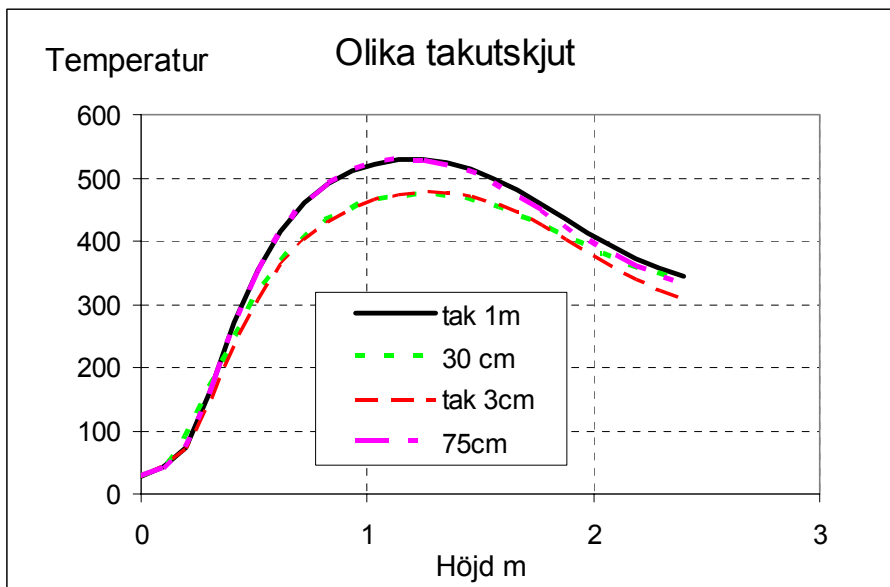
Figur 6. Temperatur 1 cm från väggen som funktion av tid vid simuleringen med 2.5 m takhöjd för några olika höjder ovan mark.



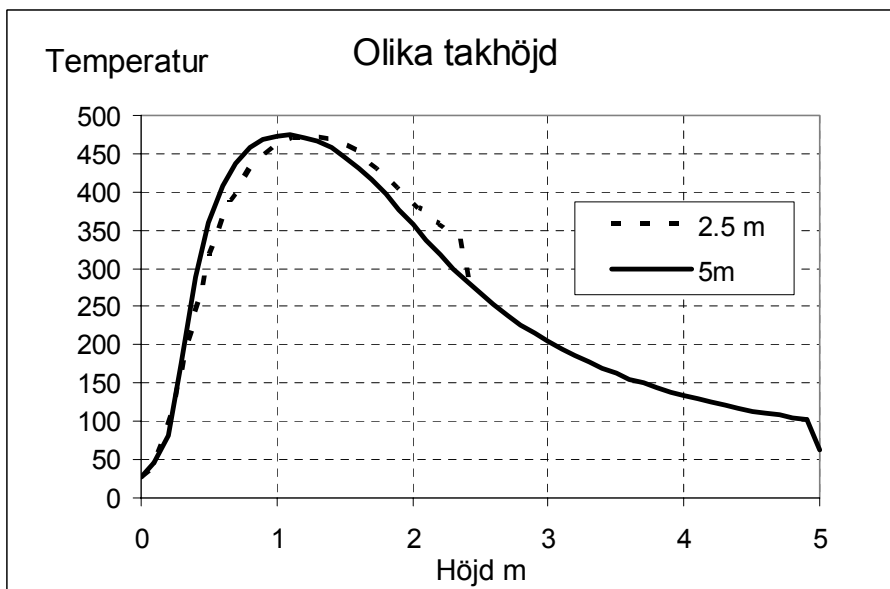
Figur 7. Temperaturen som funktion av höjden 1 cm från väggen efter olika tid. Takhöjd 2.5 m, takutskjut 30 cm, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW.

I Figur 8- Figur 12 redovisas inverkan av olika parametrar på beräknad temperatur 1 cm ifrån väggen efter 10 minuters brand. I appendix A visas liknande figurer efter 1 minuts brand.

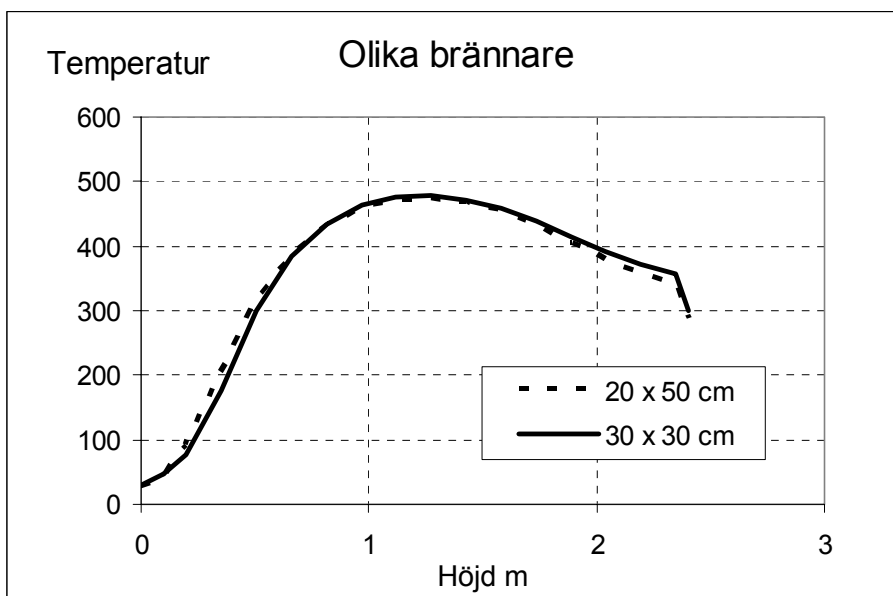
Figur 8 visar inverkan av takfotsbredden efter 10 minuters brand. Vi ser att ett längre takfotsutskjut ger en något högre temperatur eftersom det sker en viss ansamling av varma rökgaser så att temperaturen blir något högre. Figur 9 visar att höjden ovan brand har stor betydelse för temperaturen. Figur 10 visar att formen på brännaren har marginell betydelse för temperaturen längs centrumlinjen på väggen. Detsamma gäller om det finns någon ventilationsöppning in mot vid väggen eller ej som ses i Figur 11 förutom precis uppe vid takfoten (2.5 m ovan mark) där temperaturen blir högre med öppning än utan. Figur 12 visar att väggmaterialens betydelse är näst intill obefintlig.



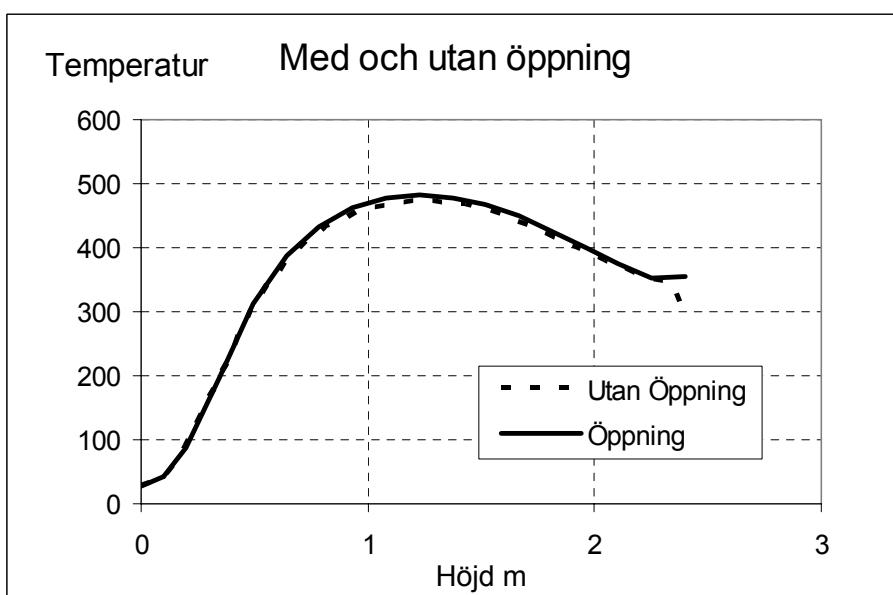
Figur 8. Temperaturen som funktion av höjd 1 cm från väggen efter 10 minuters brand 100 kW med olika takutskjut. Takhöjd 2.5 m, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW, tegelvägg.



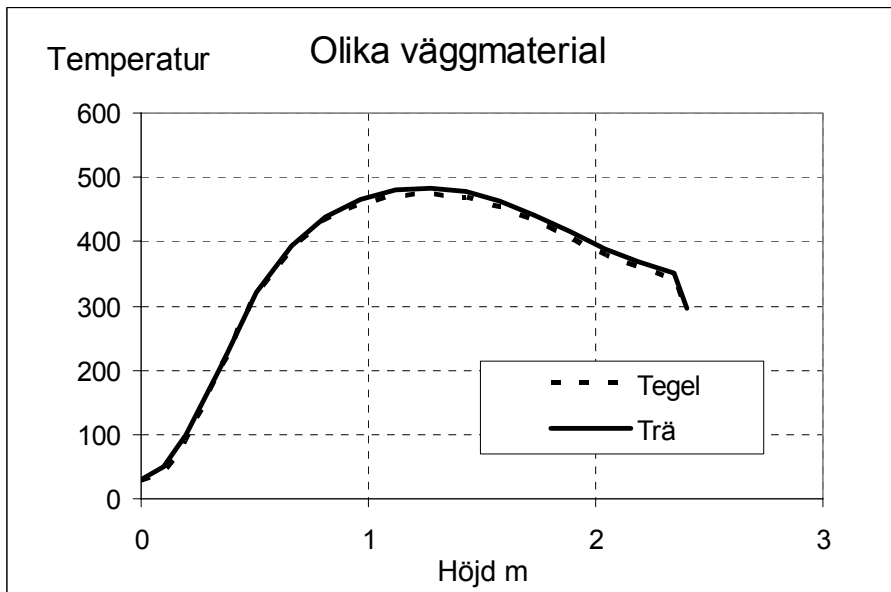
Figur 9. Temperaturen som funktion av höjd 1 cm från väggen efter 10 minuters brand 100 kW med olika takhöjd. Takutskjut 30 cm, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW, vägg tegel.



Figur 10. Temperaturen som funktion av höjd 1 cm från väggen efter 10 minuters brand 100 kW med olika form på brännare. Takhöjd 2.5 m, takutskjut 30 cm, branden 5 cm från väggen, 100 kW, vägg tegel.



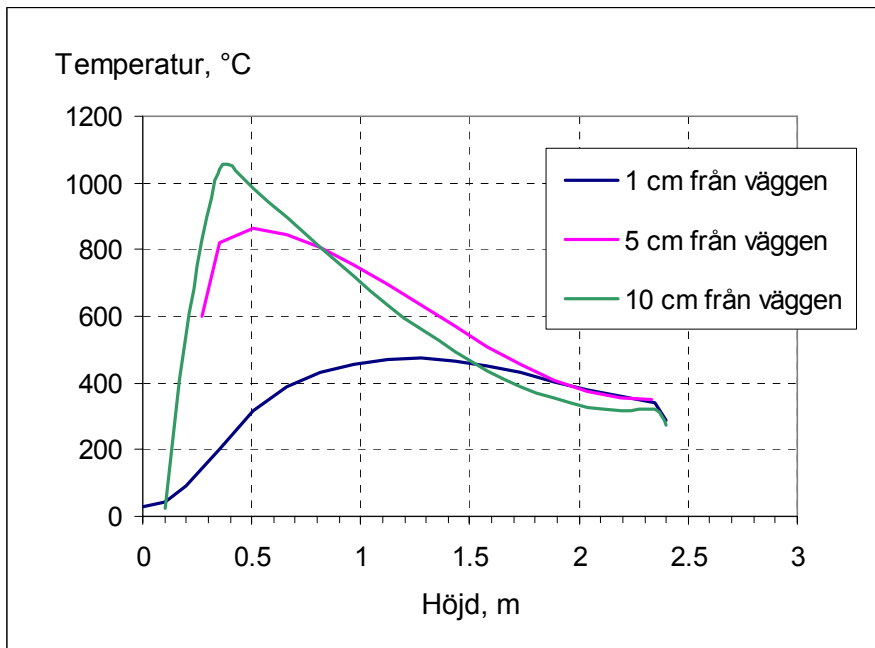
Figur 11. Temperaturen som funktion av höjd 1 cm från väggen efter 10 minuters brand 100 kW med och utan ventilationsöppning in mot vinden. Takhöjd 2.5 m, takutskjut 30 cm, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW, vägg tegel.



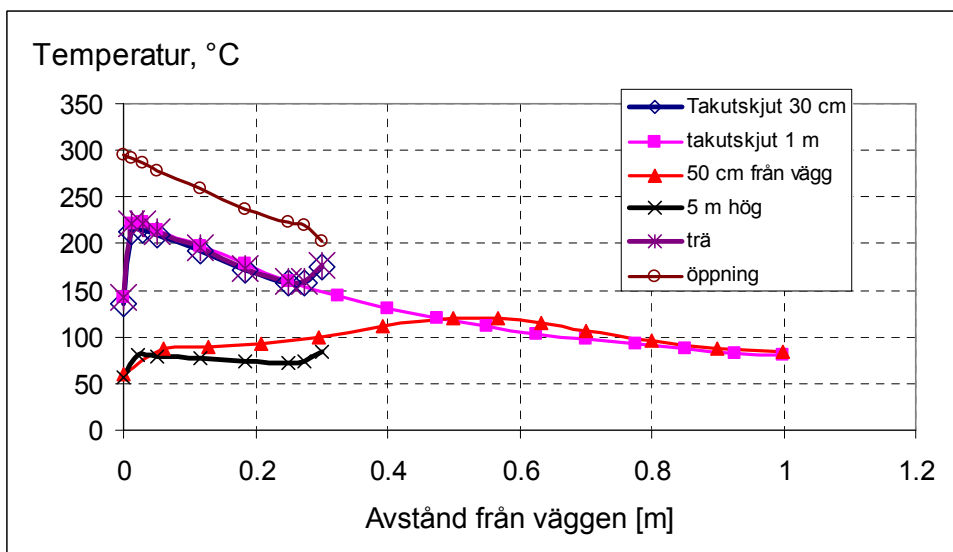
Figur 12. Temperaturen som funktion av höjd 1 cm från väggen efter 10 minuters brand 100 kW med olika väggmaterial. Takhöjd 2.5 m, takutskjut 30 cm, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW.

Av Figur 8- Figur 12 ser vi att det är få parametrar som har någon betydelse för temperaturkurvans utseende en bit ifrån väggen. Höjd ovan branden är helt avgörande för temperaturnivån. Det enda som påverkar temperaturprofilen är takfotens bredd. Vid en takfot på 75 cm och 1 m var temperaturen högre än med en takfot på 30 respektive 3 cm. Detta beror på att vid en bredare takfot blir branden mer rumslik och tvingas mot väggen något. Temperaturskillnaden är dock marginell uppe vid takfoten. Simuleringarna gjordes endast med envåningsbyggnad. Effekten av att plymen lutar mot väggen blir antagligen något mindre vid en tvåvåningsbyggnad.

Figur 13 visar beräknad temperaturprofil på olika avstånd från väggen och Figur 14 visar temperaturen under takfoten för de olika simuleringarna. Av Figur 13 ser vi att temperaturprofilen 1 cm från väggen skiljer sig avsevärt från de andra profilerna. 1 cm profilen är mycket mjukare med ett maximum högre ovan mark än de andra profilerna. Uppe vid 2 meter är dock temperaturerna ganska lika eftersom temperaturprofilen i plymen jämnas ut med höjden. Figur 14 visar att brännarens placering och takhöjden har enormt stor betydelse för temperaturen upp vid takfoten. Vidare verkar en öppning invid väggen ge en generellt högre temperatur längs takfoten. Detta är dock en följd av en tätare gridindelning i detta fall eftersom öppningen invid väggen automatiskt ger två små extra celler. I verkligheten är temperaturskillnaden marginell, en viss temperaturskillnad blir det dock alldeles invid väggen. Övriga parametrar såsom takfotens bredd och väggmaterial har knappast någon betydelse. Vi ser dock att vid en kort takfot (30 cm) är det lite varmare vid takfotens yttersta kant än en bit in. I samtliga fall utom vid fallet med brännaren placerad en halvmetr från väggen är temperaturen högst ganska nära väggen.



Figur 13. Temperaturen längs centrumlinjen av plymen för fallet med 30 cm plan takfot, en våning högt. Brandeffekt 100 kW, branden 5 cm från väggen.



Figur 14. Temperatur längs takfoten för de olika simuleringarna efter 10 minuters brand. Alla simuleringar är med plan takfot. Alla utom en är envåningsbyggnader (2.4 m). Brandeffekt 100 kW, i alla fall utom ett (= 50 cm från vägg) 5 cm från väggen

Simuleringarna visar att det bästa är att placera kabeln så långt ner som möjligt dock inte under 0.8 m höjd räknat från flammans bas. Simuleringarna visar även att det är bättre att sätta kabeln en bit ifrån väggen längre in i plymen. Under takfoten vid slät takfot är det bäst att sätta kabeln nära väggen men inte alldeles intill.

4.3 Slutsatser

Beräkningarna visar att de viktigaste parametrarna för placering av kabeln är:

1. Höjden ovan branden. Maximal temperatur nås 0.8-2 m ovan brand
2. Brandens avstånd från väggen
3. Utskjutet på takfoten

Övriga parametrar såsom väggmaterialet och ventilationsöppning mot vinden har knappast någon betydelse för bästa placering av kabeln, dock ger en ventilationsöppning en högre temperatur uppe vid takfoten.

Brandens avstånd från väggen är ju en okontrollerbar parameter dock är det viktigast att detektera bränderna intill fasaden än en bit bort eftersom dessa ger högst temperaturer invid väggen och takfoten och därigenom lättare antänder byggnaden. Mindre vikt har därför lagts vid resultaten från simuleringen av branden en bit ifrån väggen.

Vid en takfot på 75 cm och 1 m var den beräknade temperaturen högre än med en takfot på 30 respektive 3 cm. Detta beror på att vid en bredare takfot blir branden mer rumslik och tvingas mot väggen något. Temperaturskillnaden är dock marginell uppe vid takfoten. Simuleringarna gjordes endast med envåningsbyggnad. Effekten att plymen lutar mot väggen blir antagligen mindre vid en tvåvåningsbyggnad, men detta har inte studerats.

Simuleringarna visar att det bästa är att placera kabeln så långt ner som möjligt dock inte under 0.8 m höjd. Simuleringarna visar även att det är bättre att sätta kabeln en bit ifrån väggen så att den hamnar längre in i plymen. Under takfoten vid slät takfot är det bäst att sätta kabeln nära väggen men inte alldeles intill.

5 Experiment

I projektet gjordes även experiment. Experimenten gjordes för att dels verifiera CFD simuleringarna dels för att kunna dra ytterligare slutsatser.

5.1 Experimentell uppställning

Försöken utfördes längs en fasad med tre olika fasadbeklädnader; Minerite, Promatek samt trä. De tre olika fasaderna syns i Figur 15. En schematisk skiss ses i Figur 16. De flesta försöken gjordes mot Promatekfasaden. Varje fasadsektion var 2 m bred och upp till 6 m hög beroende på takfoten, dvs. vid öppen takfot var höjden 6 m medan den endast var 5.7 m vid klädd takfot. Branden placerades mitt på respektive fasadsektion. Brännaren var en 30 x 30 cm gasolbrännare, 100 respektive 150 kW användes i alla försök utom ett, då en effekt på ungefär 300 kW användes. Branden placerades antingen på golvet eller på en skiva 2 x 1 m, 2.5 m upp för att simulera en envåningsbyggnad såsom visas i Figur 18 och Figur 16. Genomförda försök listas i Appendix B.

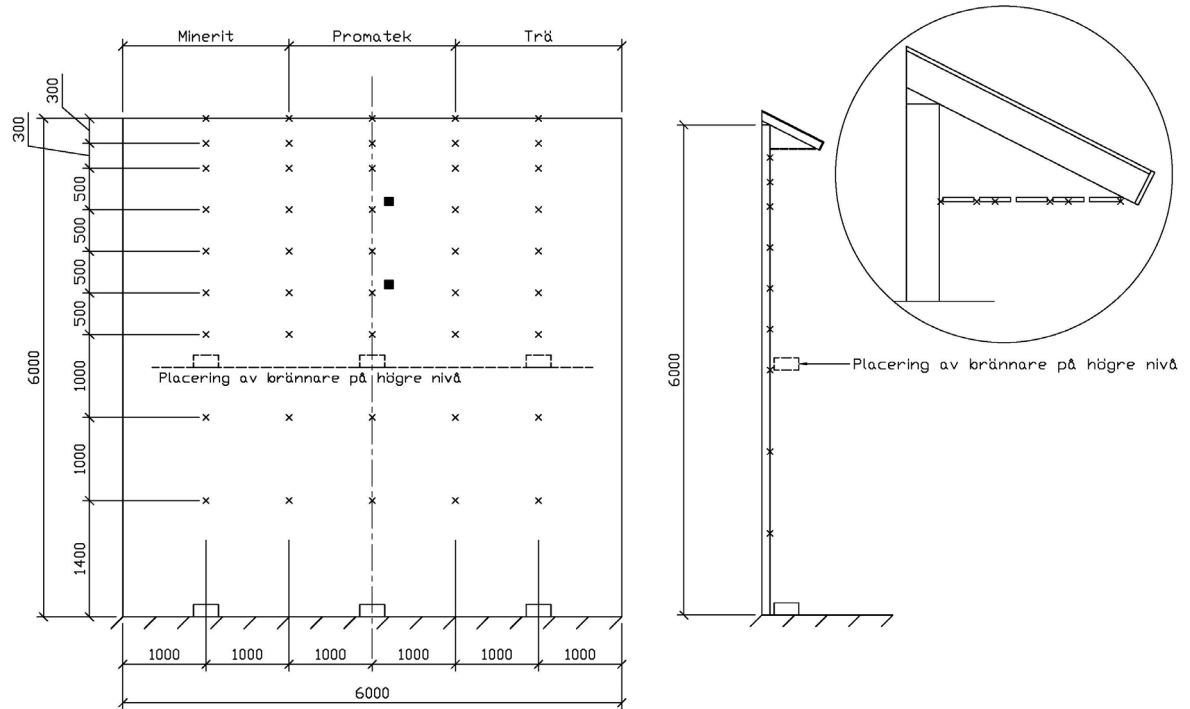
Takfotsutskjutet var i samtliga fall ca 70 cm. Lutning var antingen 27° oklädd eller 0° klädd takfot. Den klädda takfoten var antingen helt täckt med en 2 cm öppning längst ut eller täckt med glespanel med knappt 2 cm mellan varje plank. Foto på glespanel ses i Figur 17. Vid oklädd takfot (lutning 27°) var det en ett par centimeter stor öppning längst in mot väggen.



Figur 15. Försöksuppställningen där de tre olika fasaderna syns. Även platttermoelementens placering 50 cm till höger om brandens centrumlinje syns.

Temperatur mättes på 9 olika höjder; 1.4, 2.4, 3.4, 3.9, 4.4, 4.9, 5.4, 5.7 samt 6 m över golv ungefär 1 cm ut ifrån väggen. Temperaturen mättes ovanför branden samt 1 m till vänster respektive till höger om branden. Temperaturen mättes med 0.5 mm termoelement typ K. Dessutom mättes temperatur med tre platttermoelement vid brand mot

Promatekfasaden. Dessa var placerade 4 och 5 m ovan golv samt mitt på takfoten. De var i test 1 – test 13 placerade 50 cm till höger om branden på promatekfasaden och placerade mitt för branden från och med test 14 i de fall då branden var placerad vid promatekfasaden.



Figur 16. Schematisk skiss av försöksupställningen. Termoelement är markerade med x och plattermoelement med en svart ruta.



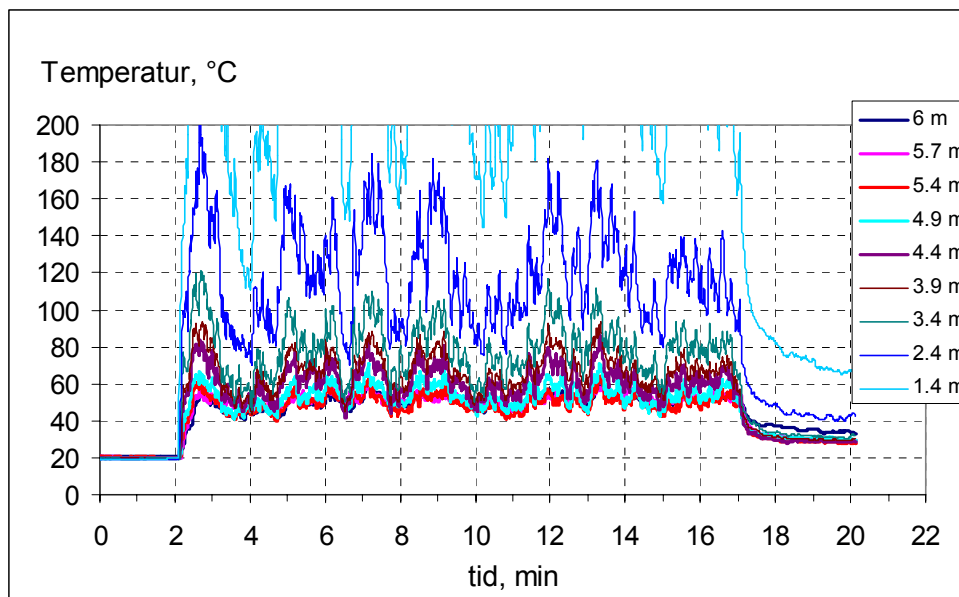
Figur 17. Takfot klädd med glespanel



Figur 18. Simulering av envåningsbyggnad genom att lyfta upp brännaren

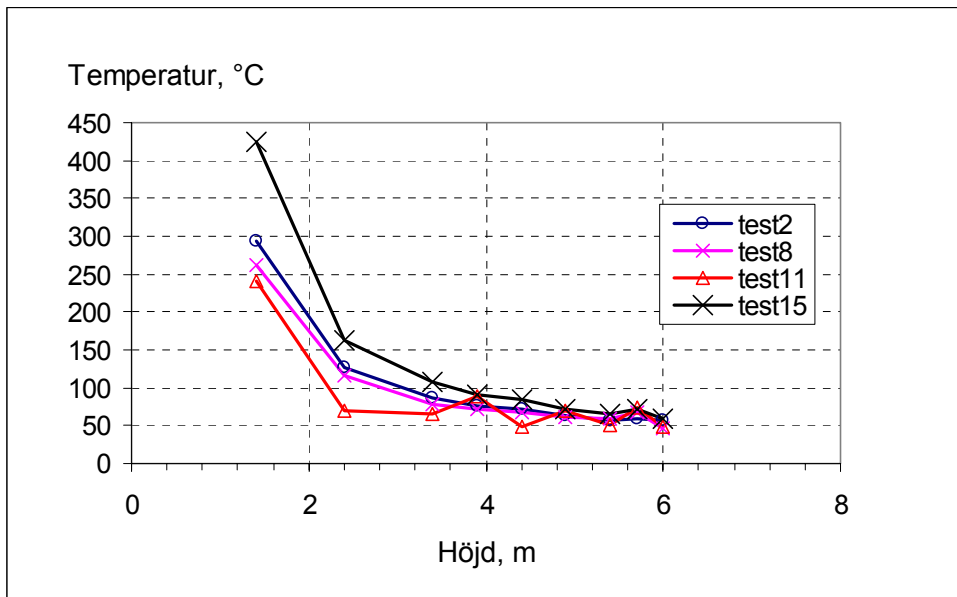
5.2 Resultat

Exempel på resultat ges i Figur 19. Skalan på figuren är vald för att visa det intressant temperaturområdet 0-200 °C. Övriga resultat redovisas i Appendix B. Resultaten visar att temperaturen inte överstiger 100 °C uppe vid takfoten vid en tvåvåningsbyggnad (höjd 5.5 – 6.0 m). Detta gör att det inte fungerar att montera en smältkabel med smälttemperatur 105 °C uppe vid takfoten på en tvåvåningsbyggnad. För att kunna studera trender och var det är lämpligast att placera värmedetektionskabeln medelvärdesbildades i många fall de uppmätta temperaturerna över tiden som brännaren var tänd, sådana resultat redovisas i Figur 20- Figur 26.

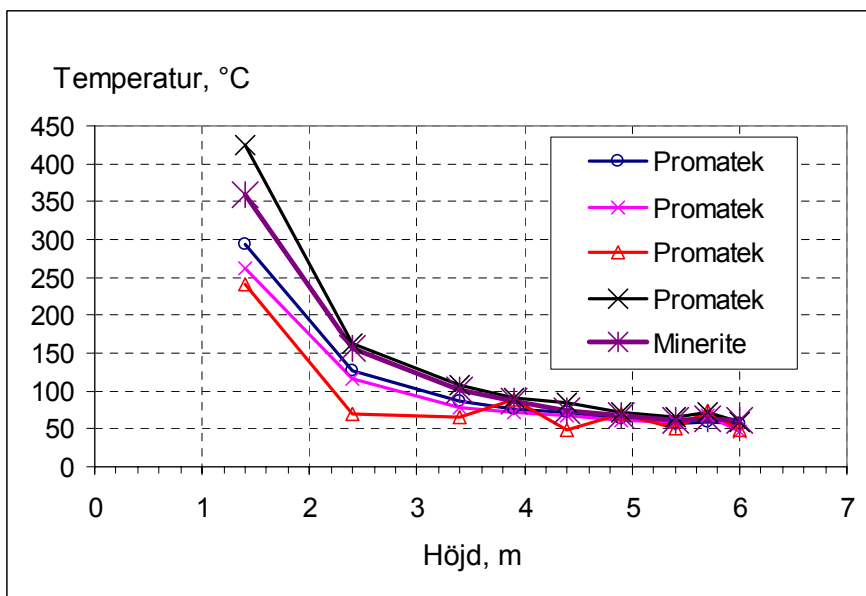


Figur 19. Uppmätt temperatur på olika höjder längs väggen mitt för branden, Test1.

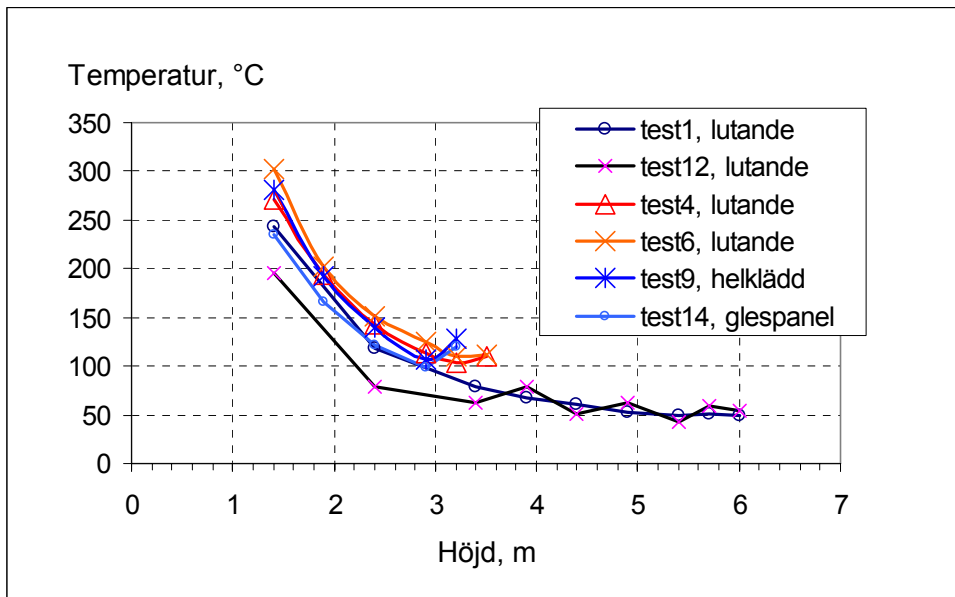
Figur 20 visar att variationerna mellan olika test var stora trots att förhållandena var till synes identiska. Temperaturskillnaderna mellan de olika testerna beror på att flamman lutade lite olika i de olika försöken. Figur 21 bekräftar resultaten från simuleringarna dvs att olika väggmaterial inte har någon inverkan på temperaturen en liten bit ifrån väggen. I Figur 22 ser man en viss stegring av temperaturen för de blå kurvorna precis i hörnet vägg/takfot, de blå kurvorna representerar fall då man inte har någon öppning in mot vinden där. Av de övriga kurvorna ser vi att temperaturprofilen är densamma oavsett takhöjd.



Figur 20. Temperatur 1 cm från väggen för 4 repetitioner av samma förhållanden, effekten var 150 kW och brännaren var placerad 5 cm från väggen i samtliga fall.

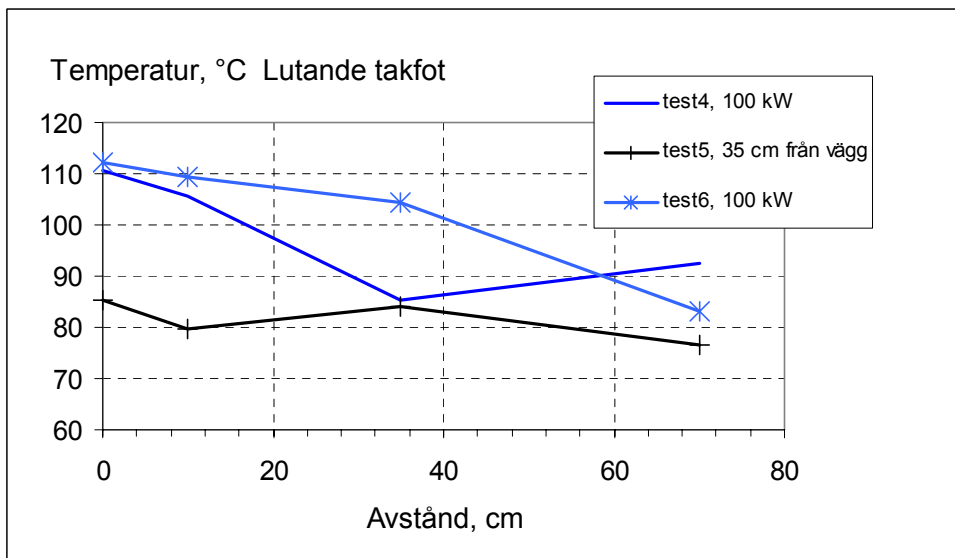


Figur 21. Temperatur 1 cm från väggen som funktion av höjden. Mätningarna visar att skillnaden mellan olika väggmaterial ligger inom variationerna för olika identiska test.

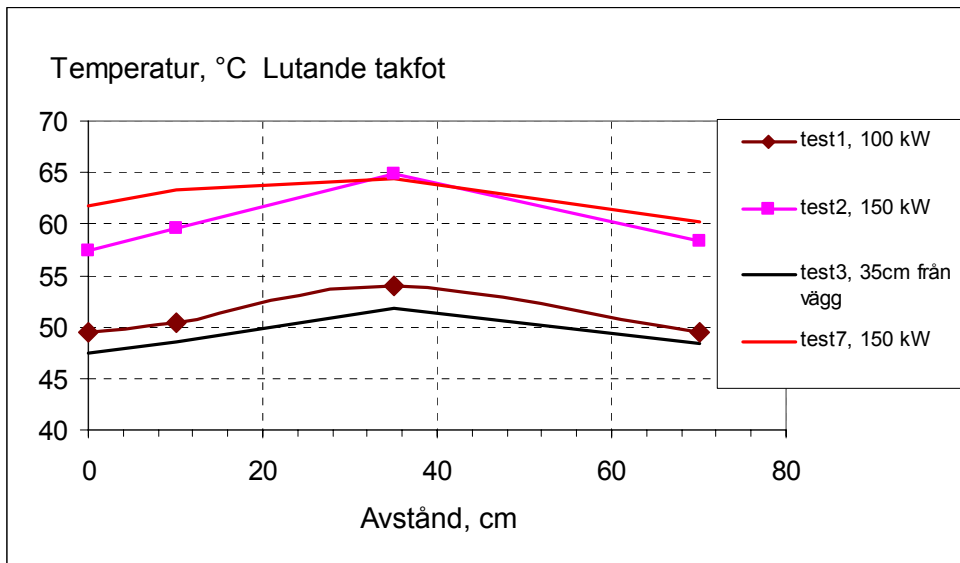


Figur 22. Temperaturen 1 cm från väggen som funktion av höjden. De blå kurvorna (test 9 och test 14) är med helklädd takfot eller glespanel. De övriga är med lutande takfot med öppning längst in mot väggen. 100 kW

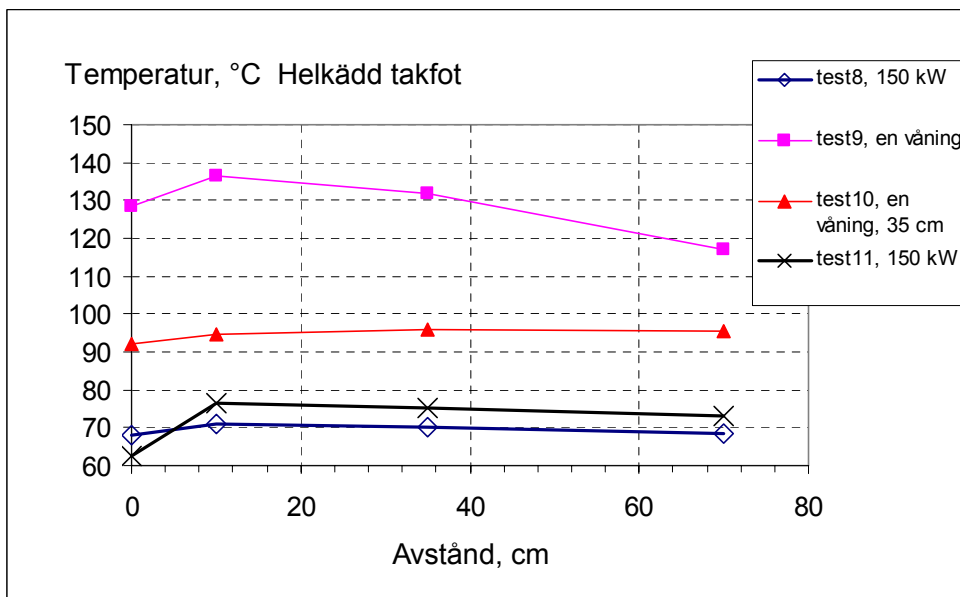
Figur 23 och Figur 24 visar temperaturen längs takfoten vid en lutande takfot. Man ser där att det är något bättre att sätta kabeln en bit ut ifrån väggen, upp till halva takfoten vid en tvåvåningsbyggnad eftersom temperaturen är något högre vid mitten på takfoten. Vid en våning är det snarare bättre att sätta kabeln invid väggen eftersom temperaturen är högre där. Vid en helklädd takfot är resultaten inte entydiga som man ser i Figur 25 och det går inte att ge något särskilt råd utifrån dessa experiment.



Figur 23. Temperaturen längs takfoten, envåningsbyggnad. Öppning invid väggen, 27° lutning på takfoten.

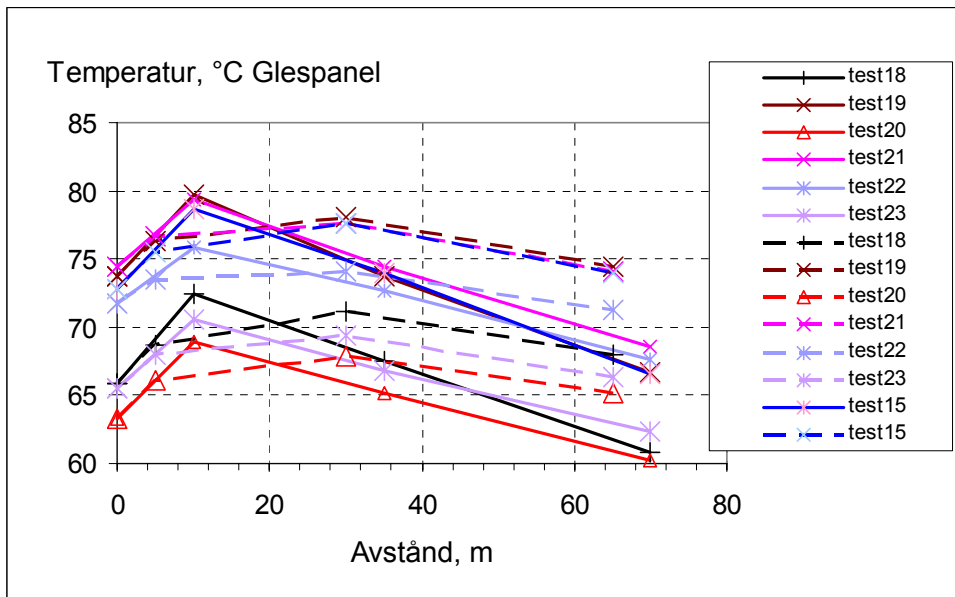


Figur 24. Temperaturen längs takfoten, tvåvåningsbyggnad, Öppning invid väggen, 27° lutning på takfoten.



Figur 25. Temperatur längs takfoten vid helklädd takfot

Figur 26 visar temperaturen längs takfoten vid glespanel. De streckade linjerna visar temperaturen på plankorna medan de heldragna visar temperaturen mellan plankorna. Temperaturen är något högre mellan första och andra plankan än i övriga punkter.



Figur 26. Temperatur längs takfoten med glespanel. De streckade linjerna är temperaturen på plankorna, de heldragna emellan plankorna. Färgen visar vilket test data är hämtat från

5.3 Test med värmedetektkablar

Förutom de rena temperaturmätningarna monterades det i ett par experiment två olika värmedetektkablar. Kablarna användes i Test 14- Test 18 samt Test 21 och Test 23 enligt nedan.

Test 14: En 105 °C smältkabel monterades under takfoten invid väggen. Takfoten var glespanel. Branden 100 kW. Takhöjden en våning. Kabeln löste efter 3 minuters brand

Test 15: Fyra smältkablar monterades; en 105 °C på väggen på 4.5 m höjd, en 105 °C strax under takfoten invid väggen (5.65 m höjd), en 105 °C på plank 4 inifrån väggen räknat samt en 68 °C kabel under takfoten invid väggen. Dessutom monterades en differentialkabel strax under takfoten invid väggen. Branden var 150 kW, takhöjden två våningar. Differentialkabeln larmade efter 15 s och 68° kabeln efter 3 minuter, 105 °C smältkablarna larmade ej.

Test 16: Samma kabelmontering som i test15. Branden var 150 kW + stående fjällpanel. Takhöjden två våningar. Differentialkabeln larmade efter 12 s, 68° smältkabeln efter 2 minuter och 105° smältkabeln på 4.5 m höjd efter 14 minuter i samband med att brännaren flyttades närmre väggen för att få bättre fart på branden.

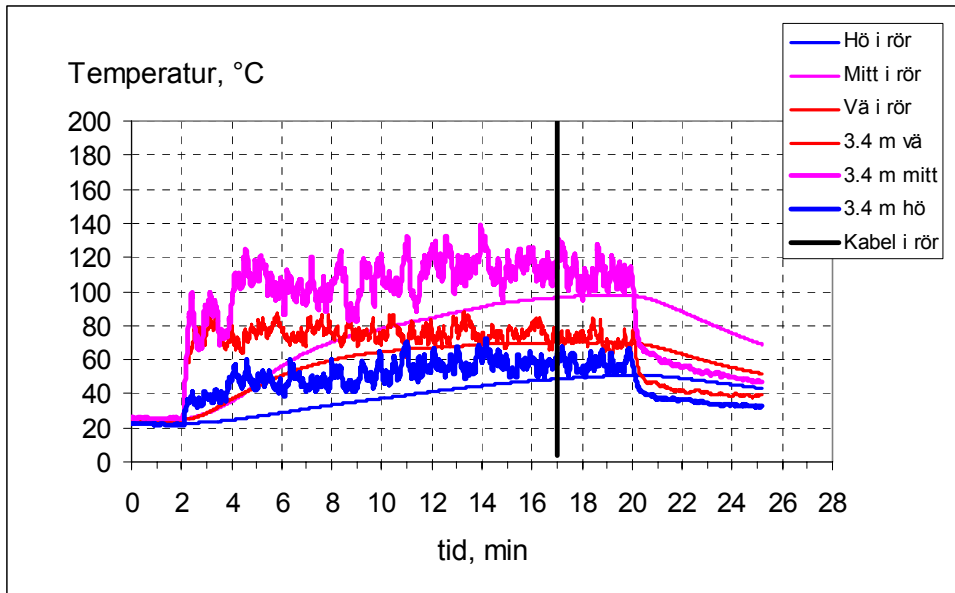
Test 17: En 105 °C smältkabel monterades under en 3 m lång plåt typ fönsterbleck eller dropplåt på 3.4 m höjd. Plåten var 10 cm djup med ca 5° lutning och 1 cm nedhäng över kanten. Smältkabeln under plåten löste efter ca 2 minuter och differentialkabeln som satt kvar vid takfoten på 5.65 m höjd löste efter ca 12s.

Test 18: Samma kabelmontering som i Test17 men plåten plockades bort. Smältkabeln löste efter 2.5 minuter och differentialkabeln efter ca 12s.

En jämförelse mellan temperaturerna i test 17 och test18 ger att temperaturen med i dropplåtstestet var något högre också för mätpunkter som inte var i anslutning till

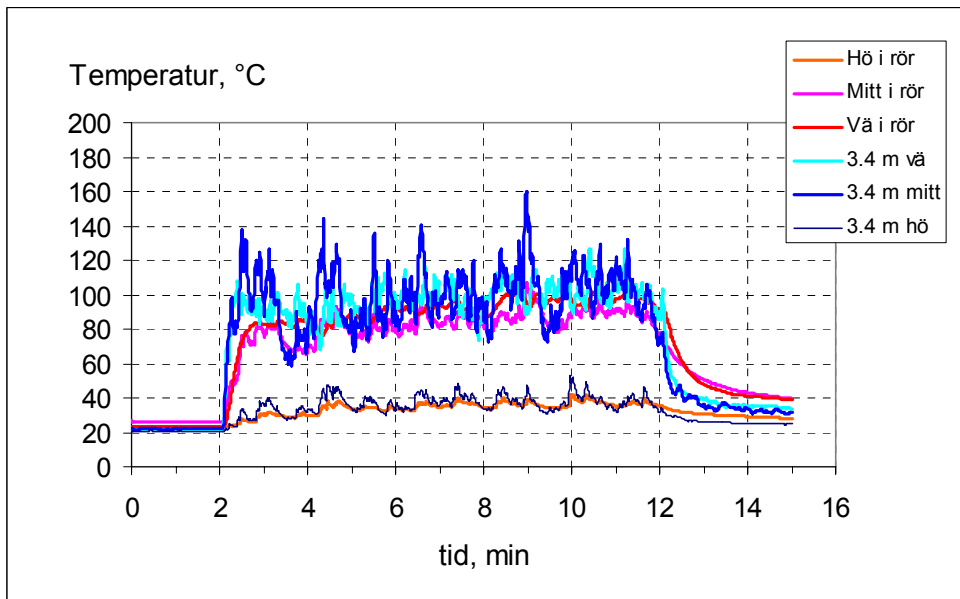
dropplåtsplatsen och därigenom går det inte att säga om dropplåten hade någon positiv effekt. Plåten fångar visserligen upp rökgaserna och värms själv upp så det strålar mer till kabeln, men samtidigt blir hastigheten lägre och därigenom minskar den konvektiva värmeöverföringen.

Test 21: En 105 °C smältkabel och differentialkabeln monterades i ett rör på 3.4 m höjd. Branden var 150 kW. Differentialkabeln löste inte ut. 105 °C kabeln löste efter 15 minuter. Temperaturen i och utanför röret ses i Figur 27. Som synes tar det avsevärd tid för temperaturen i röret att nå upp till samma temperatur som utanför röret.



Figur 27. Temperatur i och utanför röret test 21, termoelement med samma horisontella placering har samma färg, dvs termoelement placerade till vänster är röda, de i mitten rosa och de till höger blåa. Linjerna för termoelementen utanför röret är tjockare än de placerade i röret. Den svarta lodräta linjen visar när kabeln i röret larmade

Test 23. Kablarna monterades i en perforerad plåt istället för ett rör på 3.4 m höjd. Differentialkabeln löste efter ca 12 s och smältkabeln efter 7 minuter. Studerar man temperaturerna vid de två olika försöken (test 18 och test 23) ser man att temperaturen var lägre i test 23. Detta gör att det inte går att uttala sig om hur stor fördröjning det perforerade röret utgör. Om man studerar temperaturen i och utanför det perforerade röret i Figur 28 ser man att temperaturen i röret endast är något lägre än utanför.



Figur 28. Temperaturen i och strax utanför röret av perforerad plåt. De jämnare röda, rosa och orange kurvorna är i röret av perforerad plåt medan de blåa taggiga kurvorna är temperaturen utanför den perforerade plåten

5.4 Observationer gjorda utifrån genomförda experiment

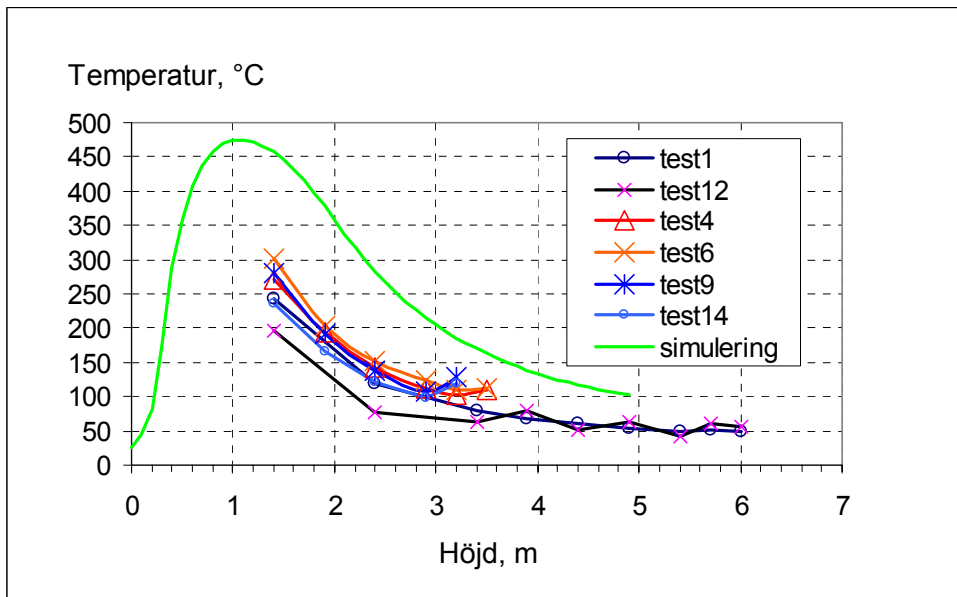
Utifrån de genomförda experimenten kan man göra följande observationer:

- Vid envåningshus är det bäst att sätta kabeln under takfoten ganska nära väggen oavsett om takfoten är öppen eller klädd.
- Vid två våningar fungerar det inte att sätta kablarna vid takfot om det är vanlig maxtemperaturkabel med en brand på 150 kW.
- Kabeln ska inte monteras i "skuggan" av något material.
- Att montera kabeln i ett skydds rör fördröjer aktiveringen avsevärt. Speciellt för differentialkabeln ändrades tiden till aktivering från 10-15 s till att inte aktiveras alls. Påverkan på maxtemperaturkabeln var dock inte lika dramatisk. Ett perforerat rör (perforerad plåt) fördröjer aktiveringen något.

JANY som donerade smältkablarna till dessa försök anger till installatörer att det troligen behövs en slinga HDC-105 på lägre nivå vid fasader över 4 m. Ur estetisk synpunkt kan det vara problem att montera kabel mitt på en fasad och därför finns HDC-105 både i svart och i vitt utförande. Den vita kabeln har tagits fram för att vara mindre synlig på ljusa fasader.

5.5 Jämförelse experiment – simuleringar

För att bättre kunna jämföra resultaten av försöken med simuleringarna medelvärdesbildas temperaturen över tiden som branden är tänd och redovisas på samma sätt som resultaten från simuleringarna. I Figur 29 visas temperaturen 1 cm från väggen längs centrumlinjen för simulering och experiment.



Figur 29. Jämförelse simulering och experiment längs väggen, 1 cm från väggen.

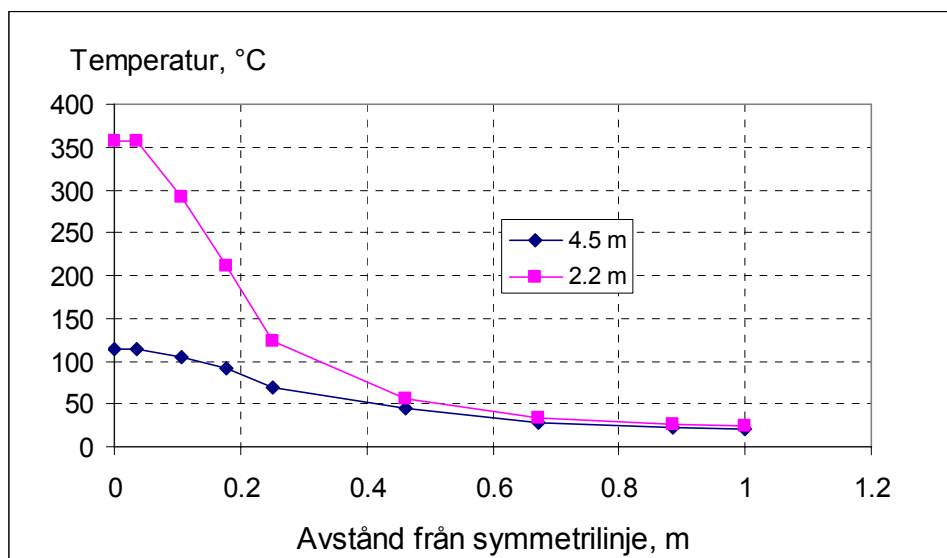
Skillnaderna mellan simuleringarna och experimenten är avsevärda. Det finns flera bidragande orsaker till detta.

Gasttemperaturerna som redovisas är i närheten av väggen dvs det är en ganska kraftig temperaturgradient här. Datorprogrammet som presenterar resultaten från simuleringarna interpolerar mellan gridpunkterna. Detta innebär att visningsprogrammet tar ett medelvärde mellan en punkt på väggen och en punkt närmre flamman vilket i detta fall antagligen ger en överskattning av temperaturen.

I experimenten användes rätt grova termoelement (0.25 mm) för att bättre simulera en kabel. De grova termoelement är känsliga för strålning vilket innebär att de känner av den, i dessa fall, kalla väggen och därigenom visar en lägre temperatur. CFD programmet SOFIE kan även beräkna termoelementtemperatur. En simulering av termoelementtemperaturen vid ett typiskt fall visade att termoelementtemperaturen skulle ha legat ca 5-10 % lägre än de simulerade gasttemperaturerna vid maxtemperaturen.

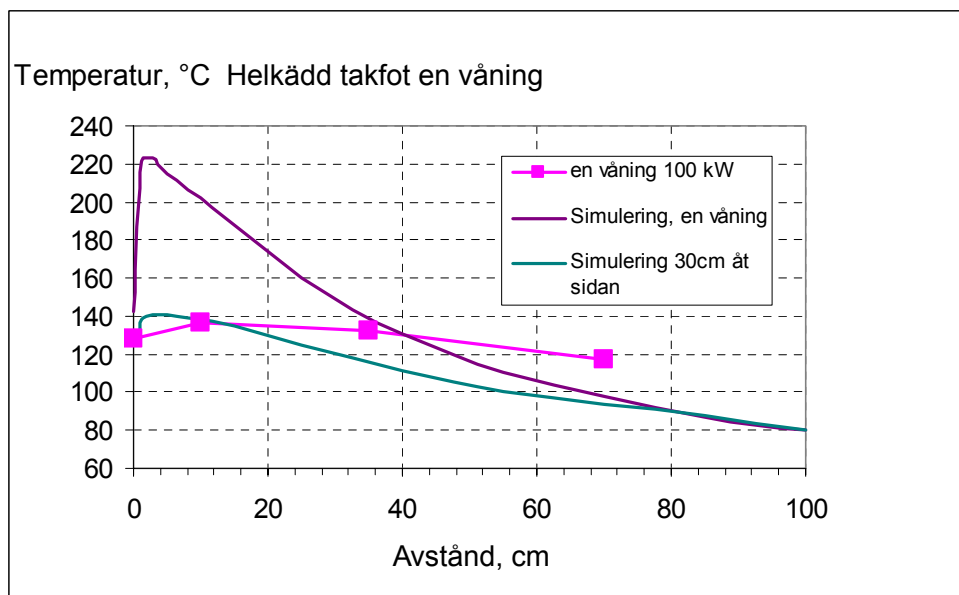
Den största förklaringen är dock att flamman lutade ofta åt vänster vid försöken. I Figur 30 ser vi utifrån simuleringarna att en lutning på 10 cm på 2.2 m höjd ger en skillnad på 50 °C, medan skillnaden blir 10 °C vid en 10 cm lutning vid höjden 4.5 m. I Figur 29 ser vi en temperaturskillnad på ca 130 °C mellan simuleringarna och experimenten vid höjden 2.2 m vilket skulle kunna tyda på en 15-20 cm lutning vid denna höjd vilket inte är otroligt om man tänker på hur flamman såg ut ibland vid försöken.

Även om nivån inte stämmer överens mellan simuleringar och experiment så ser man av Figur 29 att kurvaturen i simuleringar respektive experiment stämmer väl överens vilket gör att det går bra att studera trender och optimal placering.



Figur 30. Beräknad temperaturen 1 cm från väggen på höjden 2.2 (rosa kurva) respektive 4.5 m (blå kurva).

I Figur 31 ses temperaturen för experiment och simulering längs takfoten för envåningsfallet. Takhöjden skiljer sig dock åt något mellan experimenten där takhöjden är 3.15 m och simuleringen där takhöjden är 2.5 m. Av Figur 31 ser man då att kurvaturen för simuleringarna skiljer sig från kurvaturen i experimenten, avståndsberoendet är avsevärt större för simuleringarna än för experimenten framförallt då man tittar på temperaturen längs centrumlinjen för simuleringarna. Dock lutade flamman ofta i experimenten och den simulerade temperaturen redovisas därför även för 30 cm sidan om centrumlinjen. Som synes är temperaturprofilen mycket flackare i detta fall. Dessutom är som tidigare nämnts takhöjden något högre i experimenten, detta gör kurvan ytterligare något flackare.



Figur 31. Jämförelse mellan simulering och experiment längs takfoten. Takhöjden är 3.15 i experimentet medan den är 2.4 m i simuleringen.

Både simuleringar och experiment ger att den viktigaste parametern är takhöjden. Väggmateriell spelar ingen roll en bit ifrån väggen. Simuleringarna visar att det är bäst att placera kabeln ganska nära väggen men inte alldeles intill väggen, medan experimenten

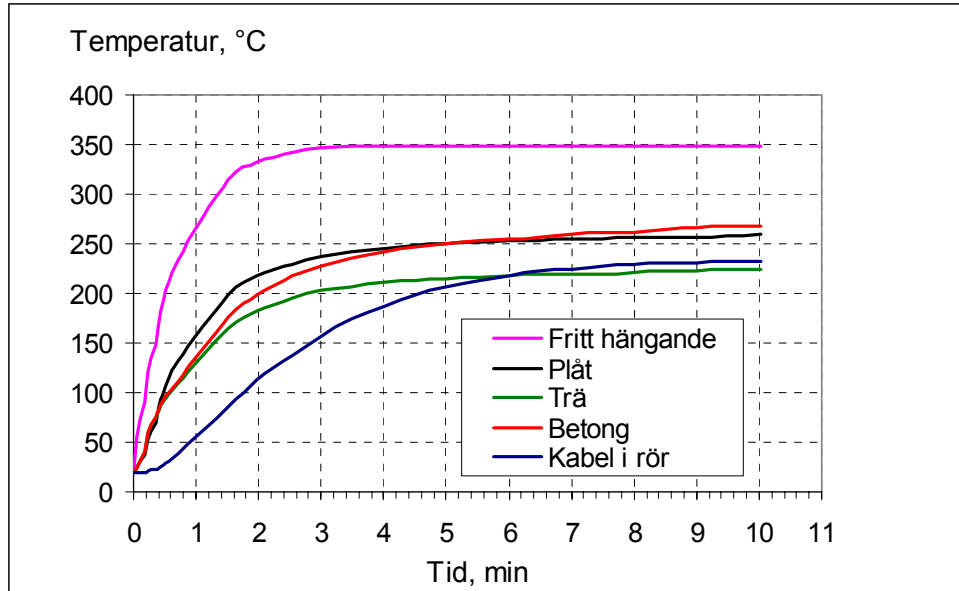
snarare anger att man ska placera kabeln en bit ut, ca 10 cm om man ska placera kabeln under takfoten. Dock mättes inte temperaturen med särskilt täta mellanrum i takfoten, det är möjligt att även experimenten skulle kunna visa på en maxtemperatur kanske en 2 cm från väggen. Vid glespanel bör kabeln placeras i första springan efter väggen, dvs. en plankbredd ut enligt experimenten.

6 TASEF simuleringar

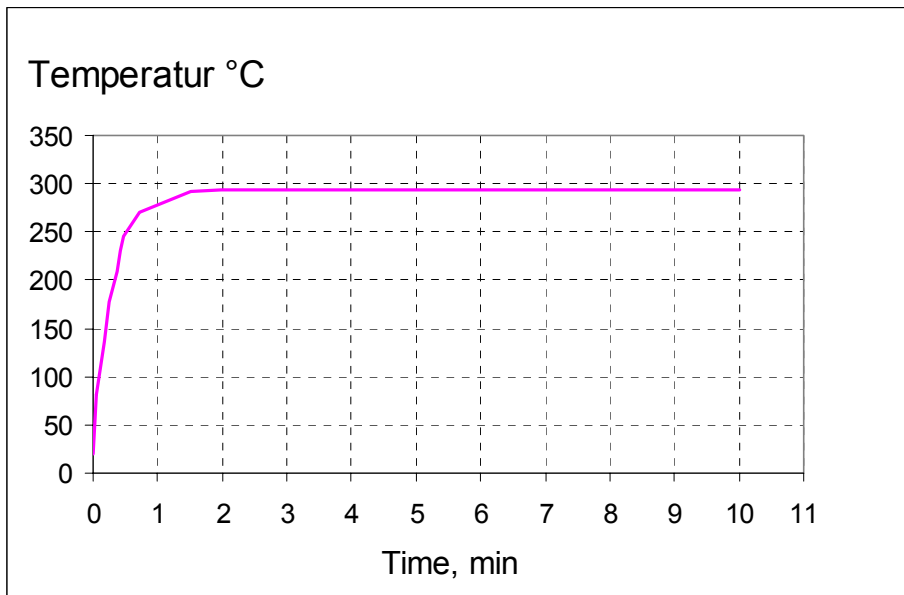
Simuleringar med temperaturberäkningsprogrammet TASEF¹⁶ gjordes för att bestämma inverkan av olika monteringsätt och fasadmateriels termiska egenskaper. De monteringsätt som simulerades var:

- kabeln monterad fritt från väggen
- kabeln monterad dikt an mot väggen, väggmaterial betong, trä eller stål + isolering
- kabeln monterad i rör, röret antas vara 3 cm i diameter med en godstjocklek på 1 mm i stål

Vid simuleringarna antas kabeln sitta på 2 m höjd vilket ger en temperatur på 350 °C och en hastighet på 5 m/s enligt CFD simuleringarna. Kabeln antas vara 5 mm i diameter med en stålkärna på 1 mm. Material runt kärnan antas vara PVC. Vid beräkningarna beräknas först yttemperaturen på väggen. Denna temperatur används sedan som ett ingångsvärde för de beräkningar där kabeln sitter dikt an mot väggen. När kabeln sitter fritt monterad antas kabeln vara cirkulär medan den antas vara kvadratisk när den är monterad i direktkontakt med väggen. Resultaten redovisas i Figur 32. Vid montering dikt an mot väggen fördröjs tiden till aktivering. I just detta fall mer än fördubblas tiden om man antar att aktivering sker vid en temperatur på 105 °C. Monteras kabeln i ett rör fördröjs aktivering i detta fall en faktor nästan åtta. Dock antas vid simuleringen att kabeln hänger fritt i mitten på röret, i verkligheten kommer kabeln antagligen att röra vid röret och därigenom värmas upp snabbare. Vid experimenten fördröjdes aktiveringen en faktor sex.



Figur 32. Temperatur i centrum av kabeln som funktion av tiden med en omgivningstemperatur på 350 °C och en hastighet på 5 m/s.



Figur 33. Temperaturen inne i differentialkabeln. Kabeln antas vara 3 mm ytterdiameter och 1 mm innerdiameter i stål.

Dessutom gjordes en simulering av temperaturen inne i differentialkabeln då den sitter fritt monterad i 350 °C och 5 m/s. Kabeln antas vara 3 mm ytterdiameter och 1 mm innerdiameter i stål. Resultaten redovisas i Figur 33. Simuleringarna visar på en snabb temperaturökning under de första 45 sekunderna, 340 °C / minut. Tyvärr har resultaten från simuleringarna inte gått att jämföra med experimentella resultat eftersom uppgifter om aktiveringsnivå, dimensioner etc. saknas för denna kabel. Den enda uppgift som givets är att aktiveringsnivån är inställd på ”normal”.

7 Diskussion

Både simuleringar och experiment visar att den dominerande faktorn för temperaturstegringen är höjd ovan branden. För en tvåvåningsbyggnad överstiger inte temperaturen uppe vid takfoten 100 °C med en brand på 150 kW placerad på marken vilket gör det olämpligt att montera en smältkabel med smälttemperatur på 105 °C på denna höjd. JANY som donerade smältkablarna till dessa försök anger till installatörer att det troligen behövs även en slinga HDC-105 på lägre nivå vid fasader över 4 m. Ur estetisk synpunkt kan det vara problem att montera kabel mitt på en fasad och därför finns HDC-105 både i svart och i vitt utförande. Den vita kabeln har tagits fram för att vara mindre synlig på ljusa fasader. Smältkabeln med den lägre smälttemperaturen (68 °C) hade fungerat men denna har i något fall visa sig kunna lösa ut om den sitter monterad på en södervägg under soliga varma dagar. Dock har mantelmaterialet bytts ut i denna kabel på senare tid och det är därför inte säkert om detta problem kvarstår. Differentialkabeln som användes vid försöken kan monteras vid takfoten även på tvåvåningsbyggnader. Dock är data kring kabeln begränsade och/eller obekräftade och det har därför t.ex. inte gått att göra några beräkningar på hur kabeln skulle reagera då t.ex. ett fönster öppnas en kall vinterdag.

Optimal höjd för kabelplacering är enligt simuleringarna 0.8 – 2.5 m. Experimenten bekräftar att temperaturen avtar snabbt med ökande höjd. Den lägre gränsen ökar om branden placeras längre ifrån väggen. Dock är den största begränsningen sabotage, vid montering på för låg höjd finns risken att branden placeras ovanför kabeln, dessutom ökar risken för att kabeln förstörs eller klipps av om den installeras under 2 ms höjd.

När man studerar resultaten från försöken med värmedetektionskablarna monterade är det viktigt att ha i åtanke att resultaten varierar rätt kraftigt även emellan till synes lika uppställningar och under de kontrollerade förhållanden som försöken utgör. Med en värmedetektionskabel monterad horisontellt försvinner dock det mesta av dessa variationer då kabeln alltid kommer att mäta även maxpunkten längs med väggen, dvs. det gör inget om branden lutar åt höger eller vänster förutom att plymen blir något mer utspädd. I det verkliga fallet kommer dock andra variationer att påverka såsom vindpåverkan, växande brand, olika placering av branden etc. vilket försvårar detektion.

I något försök användes en plåt typ fönsterbleck för att fånga upp rökgaser och se om detta kan förkorta tid till aktivering. Vid försöken ändrades tid till aktivering för 105 °C kabeln från 2.5 minuter utan plåt till 2 minuter med plåt. Tittar man på temperaturavläsningarna under plåten (temperaturen på 2.4 m höjd) ser man att temperaturen fram till 2 minuters brand var lägre i fallet utan plåt än med plåt och det går därigenom inte att säga att plåten ger den kortare tiden. Plåten fångar visserligen upp rökgaserna och värms själv upp så det strålar mer till kabeln, men samtidigt blir hastigheten lägre och därigenom minskar den konvektiva värmeöverföringen. Den konvektiva värmeöverföringen är direkt proportionell mot temperaturskillnaden mellan gasen och kabeln samt vid strömning runt en cylinder såsom en kabel ungefär proportionell mot roten ur strömningshastigheten. Detta innebär att en fördubbling av temperaturskillnaden t.ex. från 50 till 100 grader äts upp av en hastighetsminskning från 4 m/s till 1 m/s. Exakt hur strömningsskild etc. ser ut under en plåt är ganska svårt att beräkna och uttala sig generellt om, det är därför svårt att dra några bestämda slutsatser om eventuell nytta av en fönsterblecksplåt, dock verkar skillnaderna vara små om man använder en plåt eller ej.

En möjlig väg att använda smältkabel är att montera den längre ner på väggen och då i ett rör för att skydda mot sabotage. Tid till aktivering ökas avsevärt när kabeln monteras i ett rör jämfört i det fria. Vid det försök som gjordes med kabeln monterad i ett rör ändrades tid till aktivering en faktor 6. Simuleringarna visade att tid till aktivering fördröjs upp till en faktor 8 med ett 1 mm tjockt rör beroende på var i röret kabeln sitter. Man kan beräkna

hur stor termisk massa ett lämpligt rör maximalt bör ha, men detta är en ganska omständlig process som inte genomförts här. Dessutom är risken att resultatet inte visar sig praktiskt genomförbart. Differentialkabeln är direkt olämplig att montera i ett rör, den aktiverades inte alls då.

Vid ett försök monterades kablarna i ett perforerat rör. Tiden till aktivering ökades då en faktor tre för smältkabeln. Studerar man temperaturerna vid de två olika försöken (test 18 och test 23) ser man dock att temperaturen var lägre i test 23. Detta pekar på att aktiveringsfördröjningen är mindre än en faktor tre vid identiska förhållanden, kanske snarare en faktor två. Tyvärr är det inte möjligt att simulera perforerad plåt så det går inte att göra en sådan jämförelse. Temperaturavläsningarna i och utanför röret av perforerad plåt pekade dock på att perforerad plåt bör ha en liten inverkan. Tiden till aktivering av differentialkabeln var i samma storleksordning som vid montering vid takfoten.

En vanlig 105 °C smältkabel visade sig inte kunna detektera en 150 kW brand om kabeln monterades under takfoten på en tvåvåningsbyggnad eftersom temperaturen under takfoten i detta fall inte överstiger aktiveringstemperaturen. En brand på ca 300 kW detekteras på några minuter. Varken 150 eller 300 kW branden visade dock några tendenser att antända takfoten i dessa försök med en tvåvåningsbyggnad. I ett verkligt fall kan man dock misstänka att branden växer och kan därigenom antända takfoten så småningom eller så kan den antändas via gnistbildning. Brandeffekterna som använts i försöken är så pass kraftiga att det är risk att de kan antända intilliggande material och därigenom få branden att växa och därför bedöms de som en rimlig nivå på en brand som måste detekteras.

I projektet har studerats var man lämpligast monterar värmedetektionskablar beroende på byggnadens utformning. Dock har olika typer av värmedetektionskablar olika prestanda och man kan även tänka sig att system bestående av sabotage skydd och kabel utvecklas. Dessa behöver då karakteriseras i komponentprovningstest för att avgöra t.ex. på vilken maximal höjd dessa kan monteras för att ge aktivering inom rimlig tid. Tyvärr har det dock, i dagsläget inte gått att få finansiering för att utveckla komponentprovningstest.

I inledningen av rapporten listades ett antal frågor som skulle besvaras i projektet. Frågorna och deras svar listas nedan

- Vilken typ av brand är det som ska detekteras?
Branden som ska detekteras är en anlagd brand. Denna består ofta av t.ex. en soptunna som dras fram intill fasaden. Ibland förekommer även brännbara vätskor som t.ex. bensin. Denna kastas ofta mot fasaden.
- Hur snabbt behöver man upptäcka branden, t.ex. vad tål en fönsterruta?
När en fönsterruta spricker beror till stor del på hur den är inspänd i fönsterbågen, om det redan finns spänningar i rutan. Fönstertillverkare säger att en fönsterruta tål en temperaturgradient på 40 °C, det är dock oklart om denna gradient är längs med fönstret eller skillnad på de olika sidorna av glaset. Glas spricker lättare med en snabbt varierande last, t.ex. en snabbt stigande temperatur. Detta innebär att är branden placerad precis under fönstret finns det en ganska stor risk att glaset spricker rätt så direkt om branden startar plötsligt som den gjorde i experimenten. Är branden sidan om fönstret finns det knappast någon risk för att fönstret spricker. Det finns inga försök rapporterade vad vi känner till med brand utomhus där man har tittat på hur lång tid det tar innan fönstret går sönder.
- Fasadhöjdens inverkan på optimal placering av kabeln.

Vid envåningsbyggnader kan kabeln placeras under takfoten. Vid tvåvåningsbyggnader räcker dock inte en smältkabel om den placeras under takfoten utan bör då placeras längre ner. Differentialkabeln klarade dock att detektera branden även om den var placerad under takfoten

- Väder och vind, hur påverkar det detektionen? Vad är maxtemperatur en solig dag?

Vind kan försena detektionen avsevärt. Dock så minskar risken för antändning av väggen eller takfoten i de fall när vinden fördröjer detektionen. Man kan dock tänka sig fall då vinden gör att den anlagda branden antänder buskar etc. och att man på så vis får en kraftigare brand som kan antända takfoten.

Färgtillverkare räknar med att temperaturen på en mörk fasad en solig dag blir max 70 °C. Detta innebär att det inte är lämpligt att en smältkabel har en aktiverings-temperatur lägre än 70 °C. Teoretisk maxtemperatur på en fasad är 91 °C om man antar att fasaden har emmissiviteten 1 och det inte förekommer någon konvektiv avsvälning. Temperaturen på en verklig fasad blir dock lägre eftersom den antagligen kyls något konvektivt, inte är vinkelrät mot solen samt inte har emmissiviteten 1.

- Optimal placering under takfoten

Vid montering under takfoten monteras kablarna med fördel ganska nära väggen, ej längre ut än halva takfoten. Vid glespanel spelar det ingen större roll om man monterar kabeln emellan panelen eller på en plank, huvudsaken är att det är ganska nära väggen. Alternativt kan man med fördel montera kabeln på väggen ganska nära takfoten.

- När är det bättre att sätta kabeln på väggen respektive under takfoten?

Det är inte lämpligt att använda smältkabel vid montering under takfoten på tvåvåningshus. Optimal placering av värmedetektionskabel är så långt ner som är praktiskt möjligt dock ej under 1 m höjd.

- Skyddsplåt för att skydda kabeln samt att fånga upp brandgaserna, är det en bra lösning?

Tid till aktivering fördröjs avsevärt när kabeln monteras i rör och skall därför undvikas. Bättre är då att montera kabeln i perforerad plåt eller något nät som skydd mot sabotage. Tid till aktivering kan då fördröjas upp till ungefär en faktor två. Om man kan lägga röret en bit ifrån väggen så kan man till viss del väga upp denna fördröjning, dock blir det kanske inte så estetiskt tilltalande med ett perforerat rör en bit ifrån väggen och dessutom gör det monteringen omständligare.

- Hur påverkar fasadens termiska egenskaper (trä, plåt, betong) detektionstiden?

Fasadens termiska egenskaper har liten inverkan på detektionstiden.

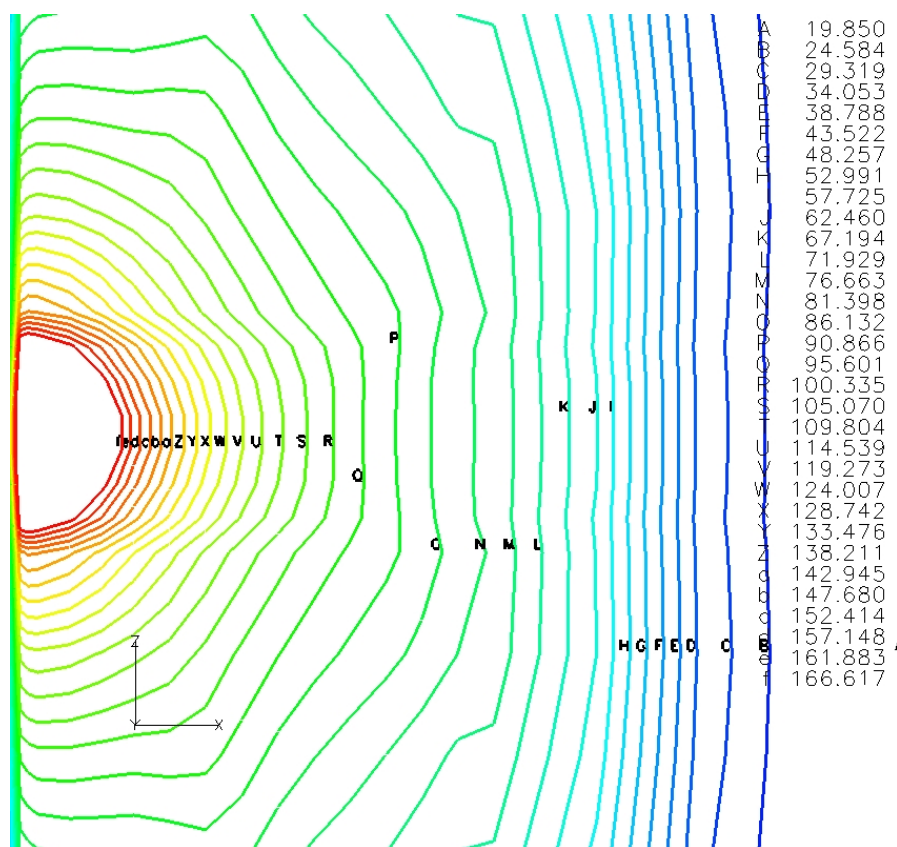
- Ska kabeln monteras en bit ut ifrån fasaden?

Kablarna monteras med fördel en bit ifrån väggen/takfoten för att undvika kylning ifrån denna. Det finns upp till en faktor två att tjäna på monterings sättet. Dessutom är gastemperaturen något högre en bit ifrån väggen.

För att direkt kunna beräkna när en viss typ av kabel kommer att detektera en viss brand om den sitter på en viss plats så behöver man förutom att ha kännedom om kabelns egenskaper även veta temperatur och i viss mån hastighetsfördelning på olika platser för olika brandeffekter. Det finns plymformler som beräknar temperaturen för en fri brandplym, dvs. en plym som inte står invid en vägg¹⁷. Dessa ger att centerlinjetemperaturen är

proportionell mot brandeffekten upphöjt till $2/3$. Dessutom är den ungefär omvänt proportionell mot höjd ovan branden upphöjt till $5/3$. Temperaturen utanför centrumlinjen har ett något avvikande beroende från centrumlinjen. Ekvationerna gäller dock för en fri plym och vi har i vårt fall en plym invid en vägg så därför går vi inte här in på att mer i detalj bestämma temperaturens höjd och effektberoende utanför centrumlinjen.

Exempel på temperaturprofilen kan ses i Figur 34 där temperaturen under takfoten för en takfotsbredd på 1 m och en våning högt med slät takfot redovisas. De samband som går att hitta i litteraturen för denna typ av uppställning är endast för flamhöjd som även denna är proportionell mot effekten upphöjt till $2/3$ och vi antar därför att detsamma gäller för temperaturen för att kunna göra en beräkning av temperaturen vid andra brandeffekter utifrån de experiment och simuleringar som gjorts. Dock eftersom flaman lutade i många fall används simuleringsresultaten för denna beräkning. Resultaten av beräkningen ges i Tabell 2.



Figur 34. Simulerad temperatur under takfoten 2.5 m takhöjd, 100 kW takfotsbredd 1m. Området som visas är 1 m stort till höger och vänster om centrumlinjen.

Tabell 2. Beräknad temperatur som funktion av höjden för några olika brandeffekter

| höjd | 100 kW | 150 kW | 200 kW | 300 kW | 500 kW | 1000 kW |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 2 m | 337 °C | 442 °C | 536 °C | 703 °C | 991 °C | 1576 °C |
| 3 m | 184 °C | 241 °C | 293 °C | 384 °C | 541 °C | 861 °C |
| 4 m | 114 °C | 150 °C | 181 °C | 238 °C | 335 °C | 533 °C |
| 5 m | 103 °C | 135 °C | 163 °C | 215 °C | 303 °C | 482 °C |

8 Rekommendationer

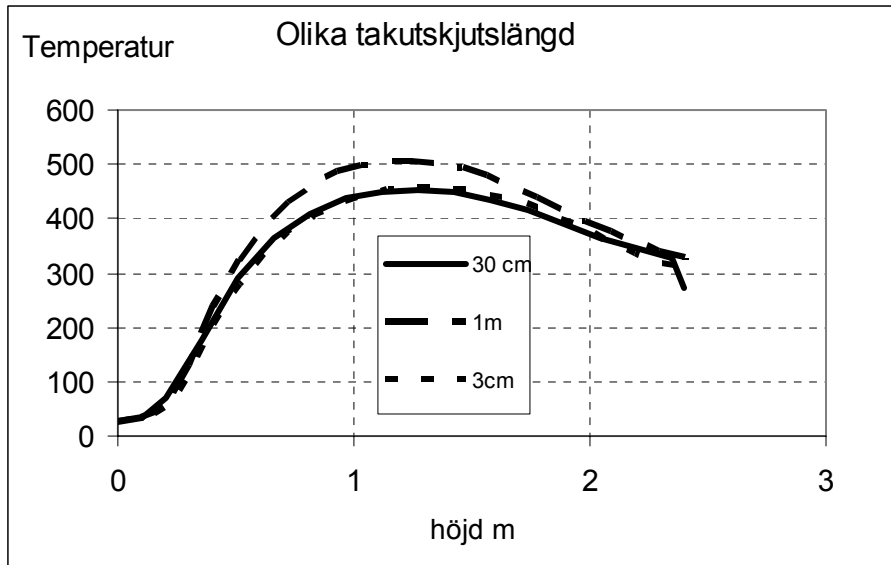
Resultaten mynnar ut i följande rekommendationer för installation av värmedetektkablar:

- Optimal placering av värmedetektkabel är så långt ner som är praktiskt möjligt dock ej under 1 m höjd. Man kan dock tänka sig att sätta kabeln i underkant på fasadbeklädnad som en komplettering.
- Det är inte lämpligt att använda smältkabel vid montering under takfoten på tvåvåningshus.
- Kabeln ska inte monteras i skuggan från branden av något annat material.
- Kablarna monteras med fördel en bit ifrån väggen/takfoten för att undvika kylning ifrån denna. Det finns upp till en faktor två att tjäna på monteringsättet. Dessutom är gastemperaturen något högre en bit ifrån väggen.
- Vid montering under takfoten monteras kablarna med fördel ganska nära väggen, ej längre ut än halva takfoten. Vid glespanel spelar det ingen större roll om man monterar kabeln emellan panelen eller på en plank, huvudsaken är att det är ganska nära väggen. Alternativt kan man med fördel montera kabeln på väggen ganska nära takfoten.
- Tid till aktivering fördröjs avsevärt när kabeln monteras i skydds rör och skall därför undvikas. Bättre är då att montera kabeln i perforerad plåt eller något nät som skydd mot sabotage. Tid till aktivering kan då fördröjas upp till ungefär en faktor två. Om man kan lägga röret en bit ifrån väggen så kan man till viss del väga upp denna fördröjning, dock blir det kanske inte så estetiskt tilltalande med ett perforerat rör en bit ifrån väggen och dessutom gör det monteringen omständligare.
- Inverkan av perforerad plåt/rör bör snarare provas i en komponenttest än i brandförsök av det slag som gjorts i detta projekt. Det är viktigt att ett komponentprovningssystem utvecklas som kan kopplas till resultaten i detta projekt. Detta gäller oavsett om kabeln ska monteras för sig själv eller i skydd av t.ex. ett perforerat rör.

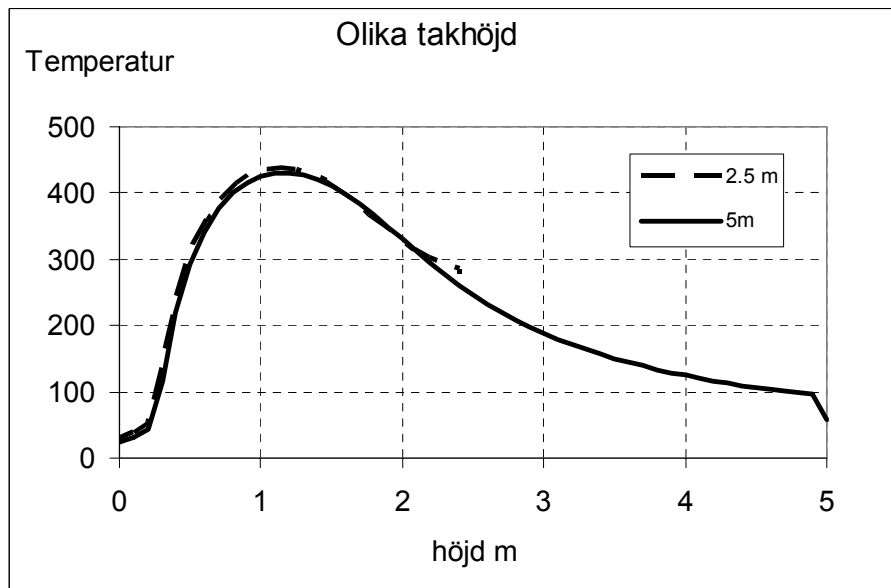
Referenser

- 1 Brand och Räddning Nr 9-10, 2004
- 2 Brand och Räddning Nr 3-4, 2004
- 3 EN 54-22, Line type heat detectors (under utarbetande inom TC 72/WG 18)
- 4 SS-EN 54-5:2001, Heat detectors-Point detectors (Värmedetektorer)
- 5 FM Approval standard 3210, Thermostats for Automatic Fire Detection, 1978
- 6 UL 521, Standard for Heat Detectors for Fire Protective Signaling Systems, 1999
- 7 NFPA 72: National Fire Alarm Code, 2002
- 8 Jan Arvid Sandvik, Geir Sandal och Kristian Grimstvet, "Evaluering av varmedetekterande linjer" HOvedprosjekt utfört ved Högskolen Stord/Haugesund – Avd for ingeniørfag, Haugesund 2002.
- 9 Trygg-Hansa
- 10 www.traguiden.se
- 11 SBF "Åtgärdsprogram Gemensamma tag mot anlagda bränder" November 2002
- 12 Brandsäkert Nr 1, 2005
- 13 Personlig kommunikation med Jim Alsterberg Göteborgs lokalförsörjning
- 14 Welch, S. , Rubini, P., SOFIE - Simulation of Fires in Enclosures, Users Guide, Cranfield University, Cranfield, UK, 1996.
- 15 McGrattan, Glenn Forney, Fire Dynamics Simulator (Version 4), Users Guide, National Institute of Standards and Technology Special Publication 1019, February 2005
- 16 TASEF
- 17 Heskestad SFPE

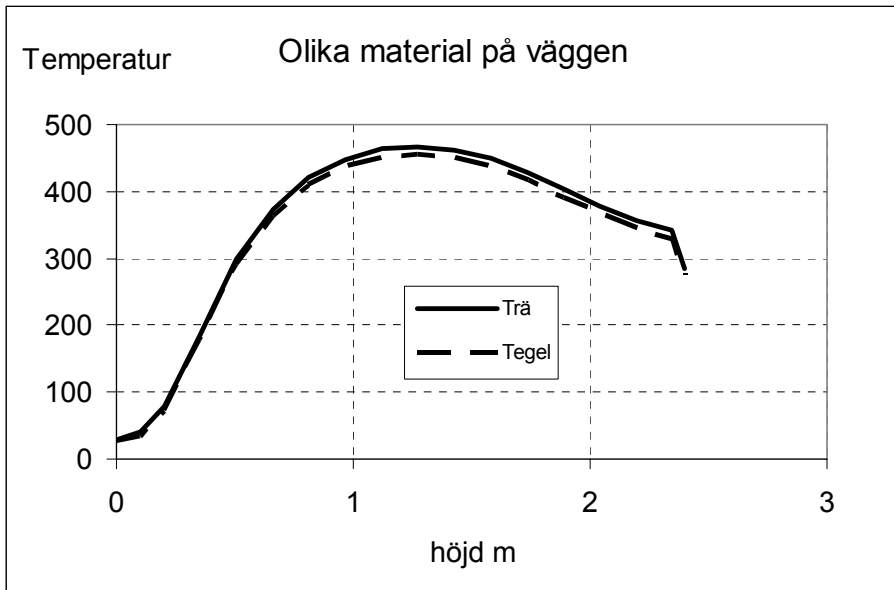
Appendix A Simuleringsresultat efter 1 minuts brand



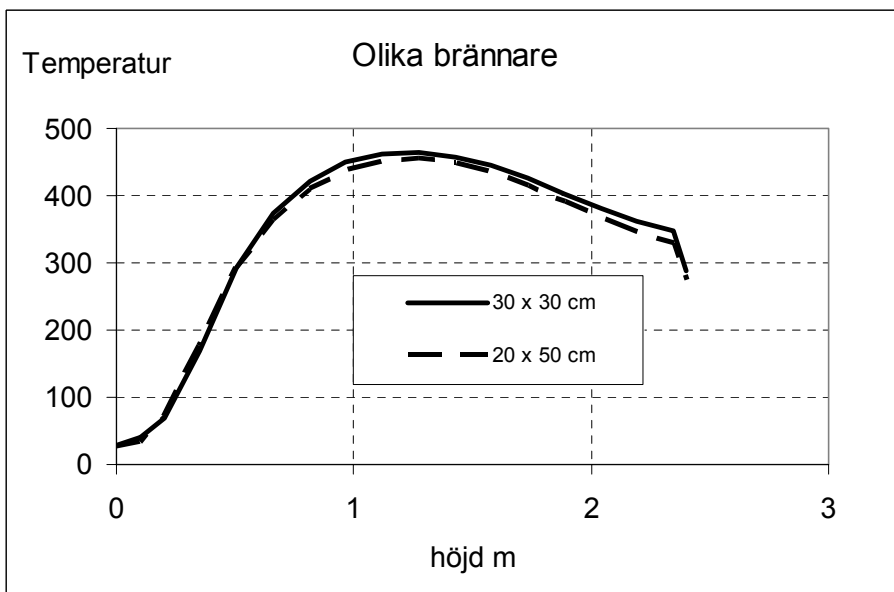
Figur 35. Temperaturen 1 cm ifrån väggen efter 1 minuts brand med olika takfotsutskjut. Brandeffekt 100 kW, 2,5 m höjd.



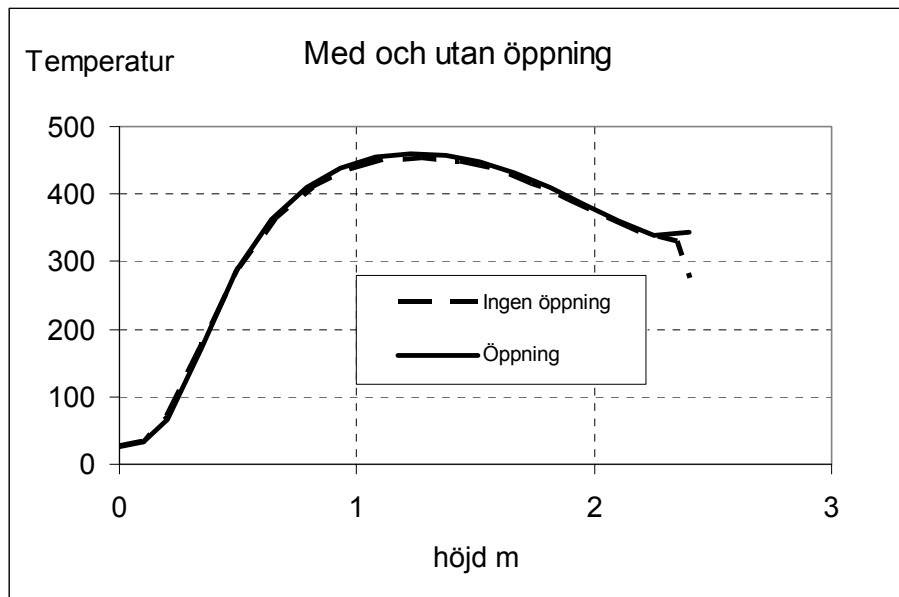
Figur 36. Temperaturen 1 cm ifrån väggen efter 1 minuts brand med olika takhöjd. Takfotsutskjut 30 cm, väggmaterial tegel, branden 5 cm från väggen, 100 kW.



Figur 37. Temperaturen 1 cm ifrån väggen efter 1 minuts brand med olika material på väggen. Takhöjd 2.5m, takutskjut 30 cm, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW.



Figur 38. Temperaturen 1 cm ifrån väggen efter 1 minuts brand med olika form på brännaren. Takhöjd 2.5m, takutskjut 30 cm, branden 5 cm från väggen, 100 kW.



Figur 39. Temperaturen 1 cm ifrån väggen efter 1 minuts brand med och utan ventilationsöppning in mot vinden. Takhöjd 2.5m, takutskjut 30 cm, branden 20 x 50 cm, 5 cm från väggen, 100 kW, vägg tegel.

Appendix B Experimentella resultat

De genomförda försöken listas i Tabell 3.

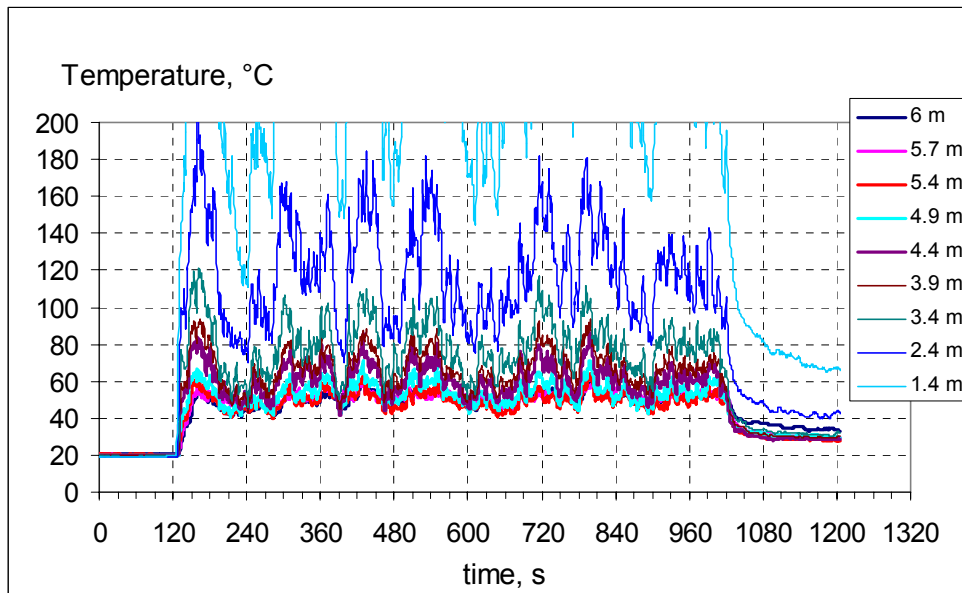
Tabell 3. Genomförda försök

| Test | Fasad | Brand källa (kW) | Brandläge | Takfot | Höjd (m) | Kommentar |
|------|--------------|------------------|-----------|----------------------|----------|---|
| 1 | Promatek | 100 | 5 cm | 27° öppen | 6 m | |
| 2 | Promatek | 150 | 5 cm | 27° öppen | 6 | |
| 3 | Promatek | 100 | 35 cm | 27° öppen | 6 | |
| 4 | Promatek | 100 | 5 cm | 27° öppen | 3.5 | Liten uppsamlingsplåt typ fönsterbleck monterad 4 m från golv. Termoelementet "3.9 m" till vänster om brand i Promatekfallet (= tc16 i datafilerna) sattes under plåten |
| 5 | Promatek | 100 | 35 cm | 27° öppen | 3.5 | |
| 6 | Minerite | 100 | 5 cm | 27° öppen | 3.5 | |
| 7 | Minerite | 150 | 5 cm | 27° öppen | 6 | |
| 8 | Promatek | 150 | 5 cm | Helklädd takfot = 0° | 5.65 | |
| 9 | Promatek | 100 | 5 cm | Helklädd takfot = 0° | 3.15 | |
| 10 | Promatek | 100 | 35 cm | Helklädd takfot = 0° | 3.15 | |
| 11 | Promatek | 150 | 5 cm | Helklädd takfot = 0° | 5.65 | Turbulensplattor monterades. TC36 flyttades till motsvarande plats som termoelementet under blecket (TC16). Mätningen föll ur efter drygt 7 minuters brand |
| 12 | Promatek | 100 | 5 cm | Ingen låda | 5.65 | "Omprov av 11" Dock är takmätningen ej relevant. Efter försöket monterades turbulensplattorna ner |
| 13 | Trä /plywood | 100 | 5 cm | 27° lutning öppen | 6 | Efter 50 s började första skivan att brinna efter ytterligare en minut även andra skivan. Brännaren stängdes av efter 11 minuter |
| 14 | Promatek | 100 | 5 cm | Glespanel | 3.15 | TC1-3 sätts ovan brand på takpanel på plank 1, 3 o 5. TC 6 o 7 vänster på plank 2 o 4, TC8 o9 höger på plank 2 o 4. Plattermoelementen flyttas till centrummätning. Värmekabel 105° i takövergången, löste efter 3 minuter. |

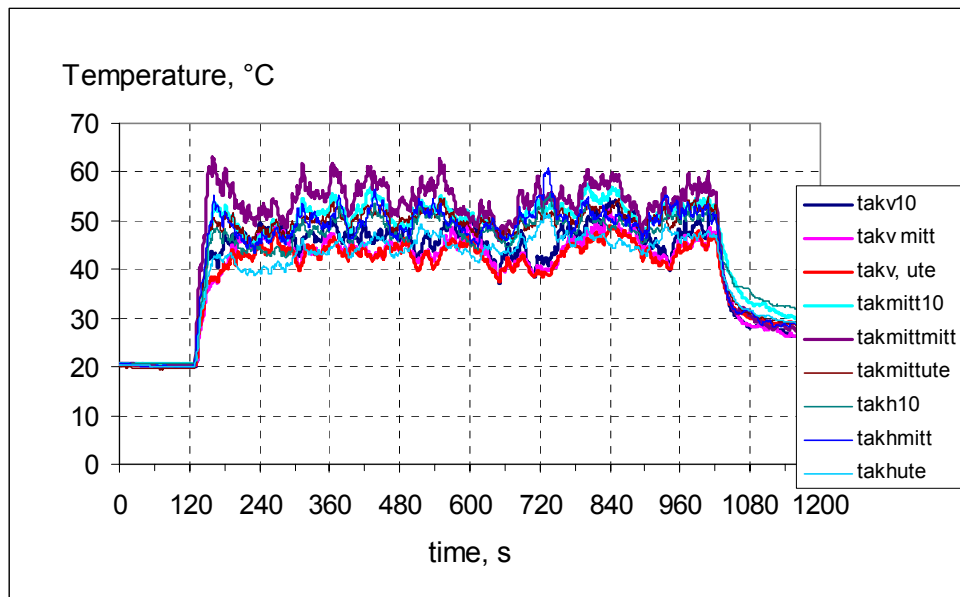
| Test | Fasad | Brand källa (kW) | Brandläge | Takfot | Höjd (m) | Kommentar |
|------|------------------------------|------------------|--|-----------|----------|---|
| 15 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | 5 värmekablar, 1 105° på 4.5 m höjd, tre (diff + 68° + 105° i övergången och en 105° på plank 4. Differential larmade efter 15s, 68° kabeln efter drygt 3 minuter, 105-kablarna larmade ej |
| 16 | Träpanel, stående fjällpanel | 150 | 5cm flyttades efter 14 minuter intill väggen | Glespanel | 5.65 | 5 värmekablar, 1 105° på 4.5 m höjd, tre (diff + 68° + 105° i övergången och en 105° på plank 4. Differential larmade efter ca 12 s, 68° kabeln efter 2 minuter och 105 kabeln 4.5 m ovan golv efter 14 minuter Filmades |
| 17 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Plåt 3 m lång monterades på 3.4 m höjd. En 105° monterades under den, den larmade efter 2 minuter. Differentialkabeln som satt kvar i taket larmade efter ca 12s. Takmätning ej relevant |
| 18 | Promatek | 150 | 5cm | Glespanel | 5.65 | Plåten togs bort, men kabel monterades på samma sätt som tidigare. Differentialkabeln som satt kvar i taket larmade efter ca 10s. 105° kabeln på 3.4 m höjd larmade efter 2.5 minuter. |
| 19 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Upprepning av Test19 fast utan kablar. |
| 20 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Rör 2.20 långt på 3.4 m höjd. Termoelement i röret 48 (vä), 47 och 46 (hö), med 47 i mitten och 46 och 48 40 cm från änden. TC 17, 27 och 37 inflyttade för att hamna på samma plats som 48, 47 och 46. Differential satt kvar i övergång takfot/vägg, löste efter 10s. |
| 21 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Samma som test20 men kablar monterades i röret. Differentialkabeln löste inte ut. 105° löste ut efter 15 minuter. |
| 22 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Röret flyttades ut 1 cm från vägg. Differentialkabeln löste inte ut. Ingen 105-kabel mätning |
| 23 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Termoelement och kablar monterades i perforerad plåt istället för rör. Differential löste efter 12 s. 105° kabeln löste efter 7 minuter |
| 24 | Promatek | 150 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | Kraftig vind från lite olika håll |

| Test | Fasad | Brand källa (kW) | Brandläge | Takfot | Höjd (m) | Kommentar |
|------|----------|------------------|-----------|-----------|----------|---|
| 25 | Promatek | Ca 300 | 5 cm | Glespanel | 5.65 | 105° kabel monterad i övergången, löste efter 3 minuter |

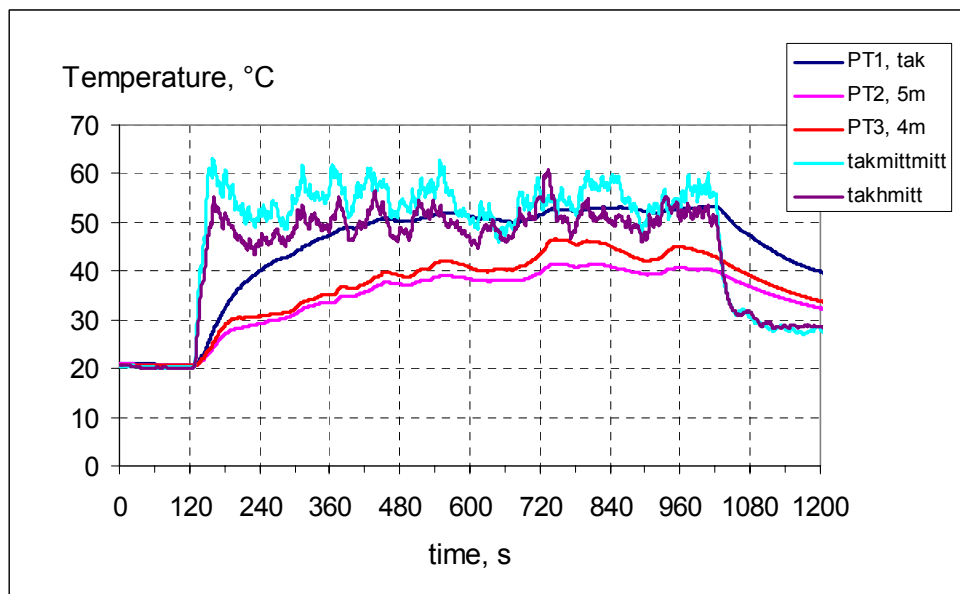
Exempel på resultat ges i Figur 40 - Figur 88. I samtliga figurer redovisas uppmätt temperatur som funktion av tiden i sekunder (figurtexten är på engelska). Det temperaturområde som är intressant är upp till 200 °C därför har redovisas temperaturerna upp till denna nivå. Temperaturen mättes både med termoelement och med plattermoelement. Plattermoelementen ger en jämnare kurva och är därigenom lättare att läsa av för denna tillämpningen. I figurerna är höjden hela tiden redovisad som höjd ovan golvet i försökshallen. Detta innebär att för de fall takhöjden endast är 5.65 m är termoelementet på 6 m ej relevant. Vidare vid de fall takhöjden endast är 3.15 m så ska man dra bort 2.5 m för att få höjd ovan det fiktiva golvet/markplanet. Testkonfigurationen ses i Tabell 3.



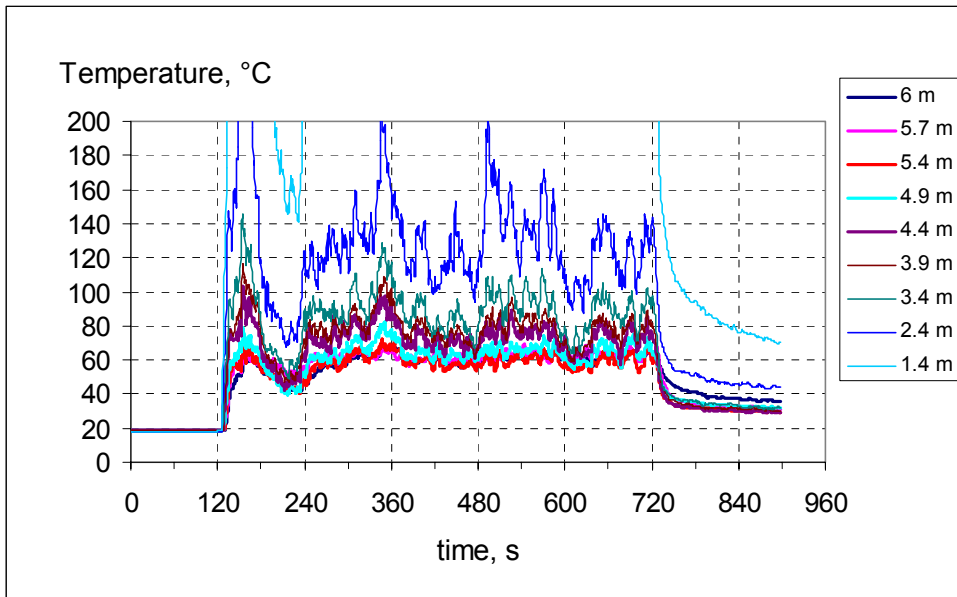
Figur 40. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test1.



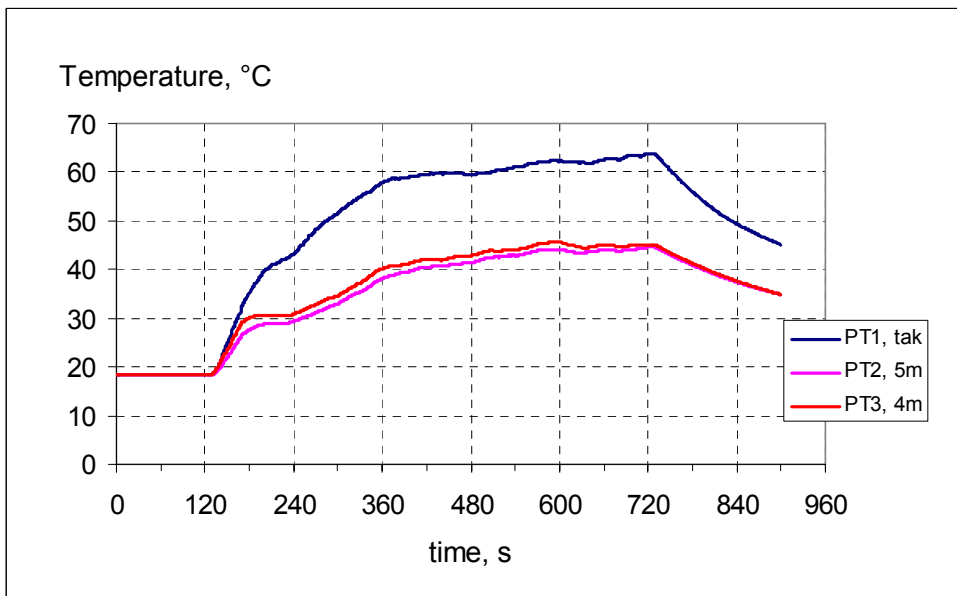
Figur 41. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. 10 cm, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 1.



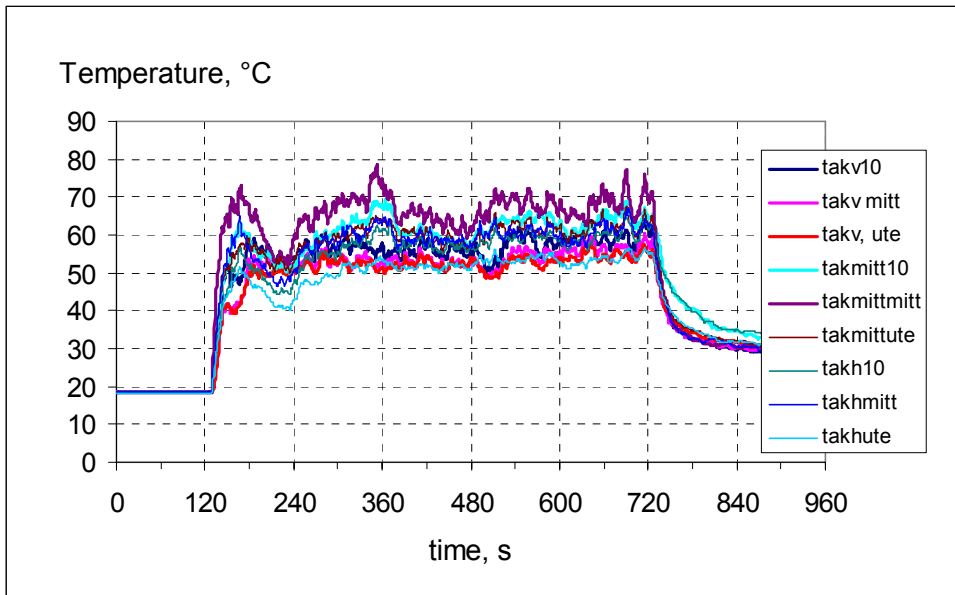
Figur 42. Temperaturen på de tre plattermoelementen och de termoelementmätningar som sitter i närheten av plattermoelementen för test 1.



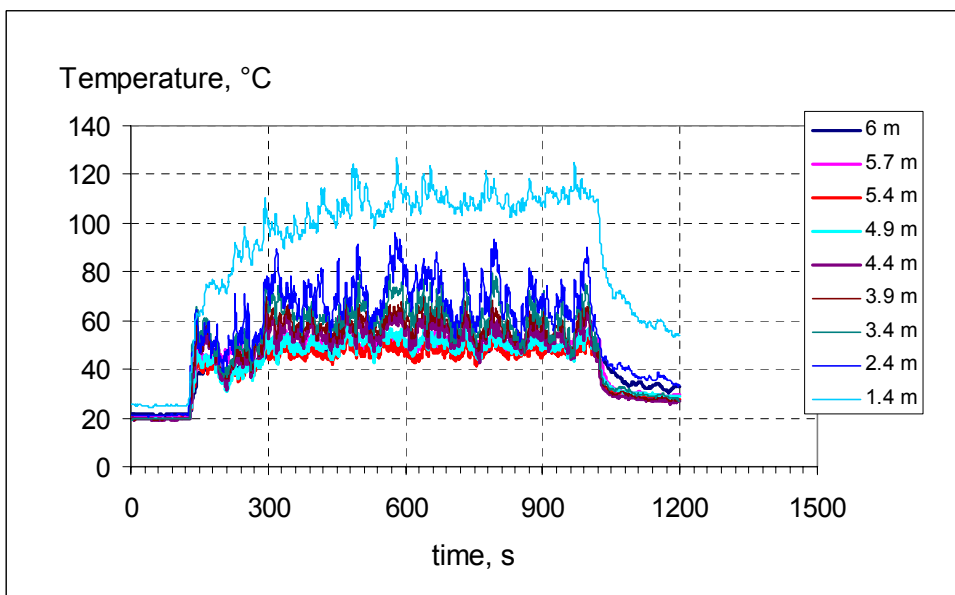
Figur 43. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 2.



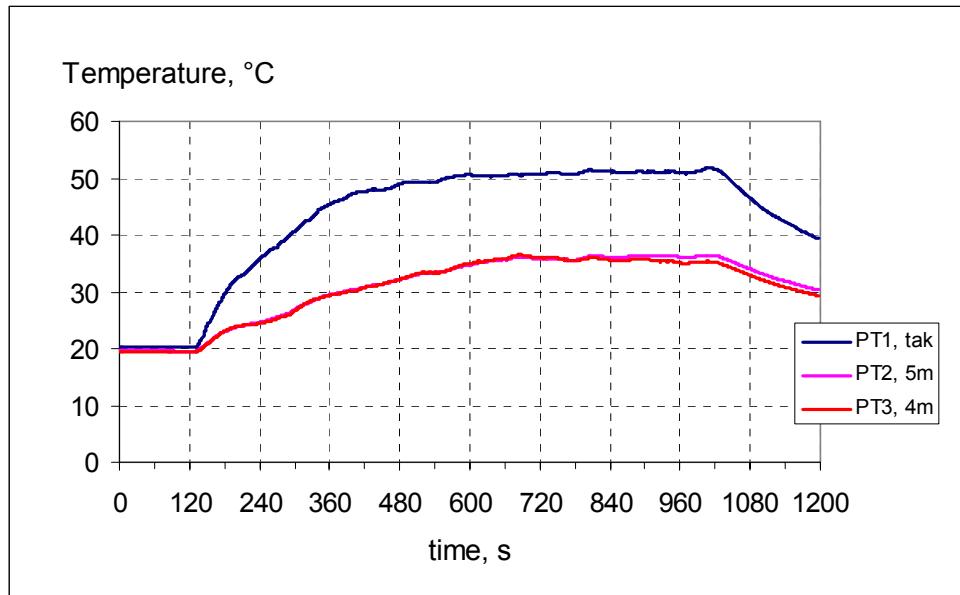
Figur 44. Plattermoelementtemperaturer i test 2.



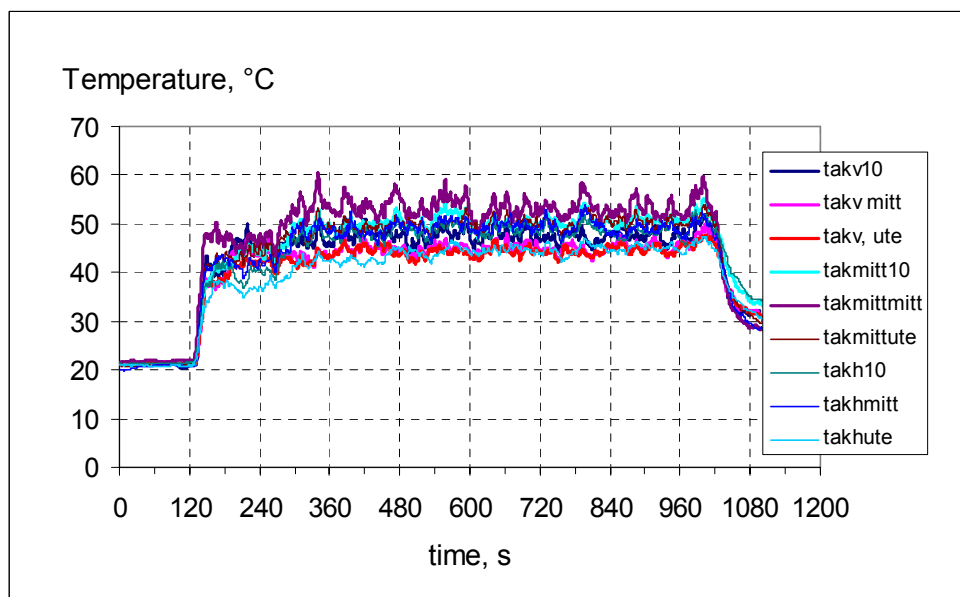
Figur 45. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 2.



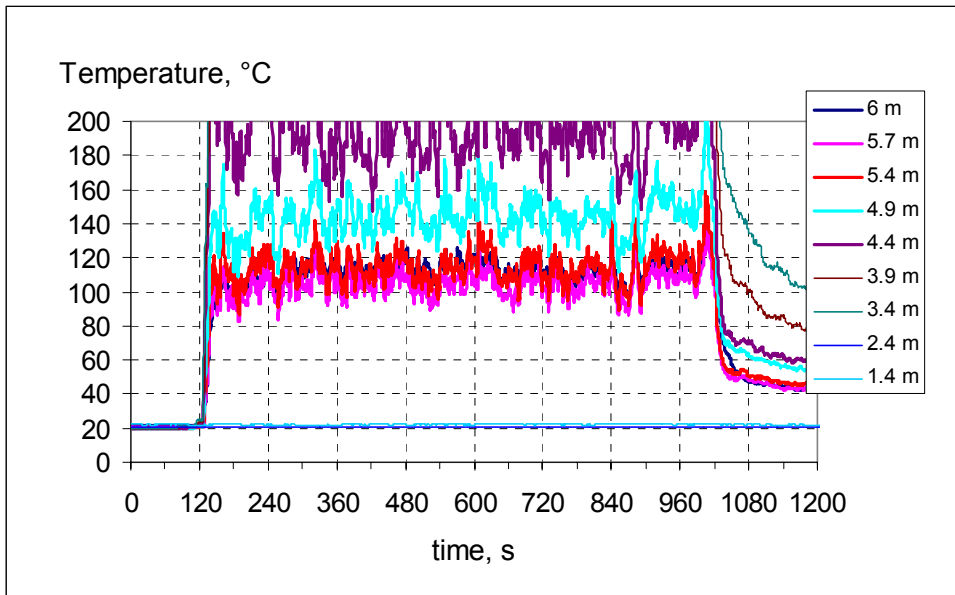
Figur 46. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 3.



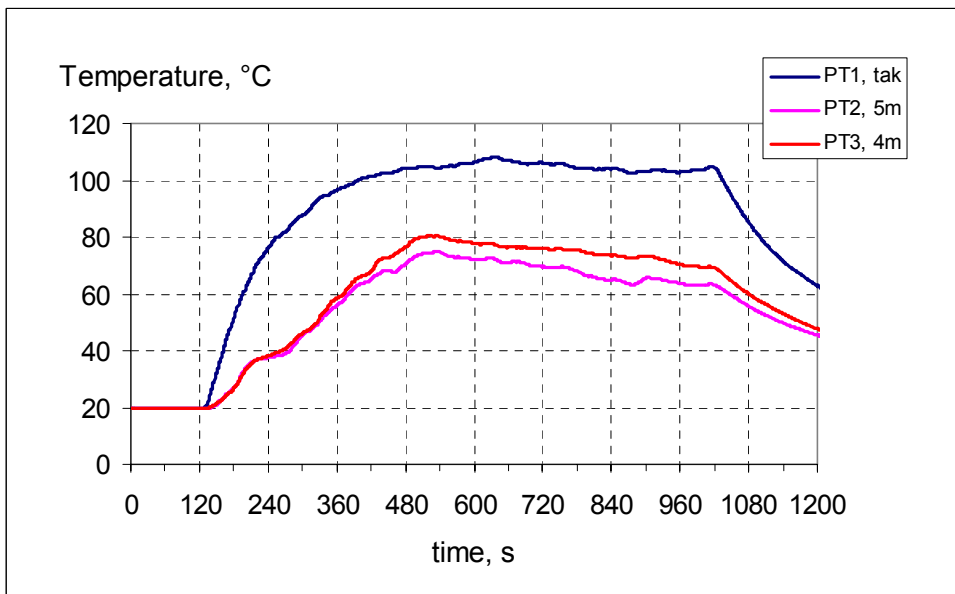
Figur 47. Plattermoelementtemperaturer för test 3.



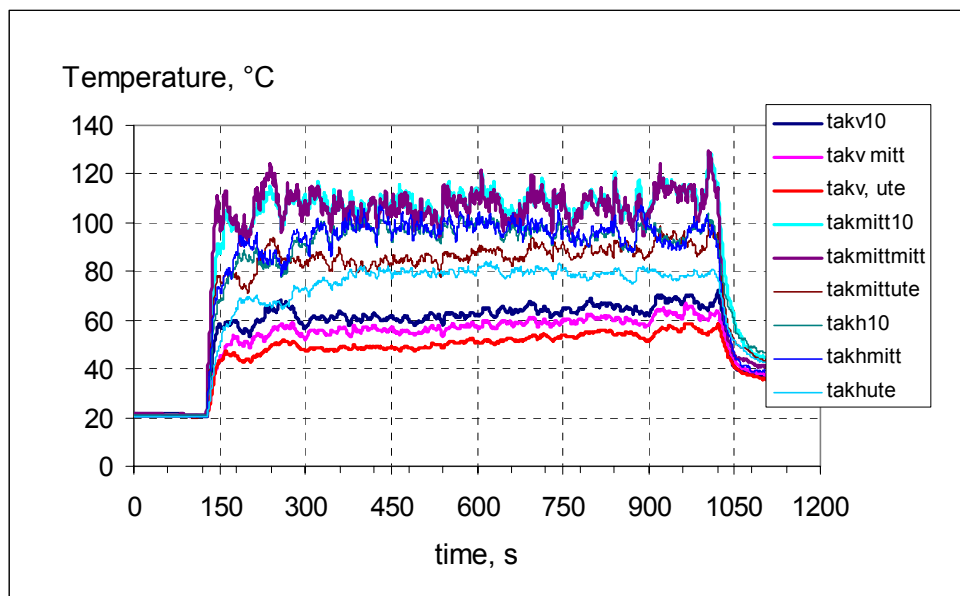
Figur 48. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 3.



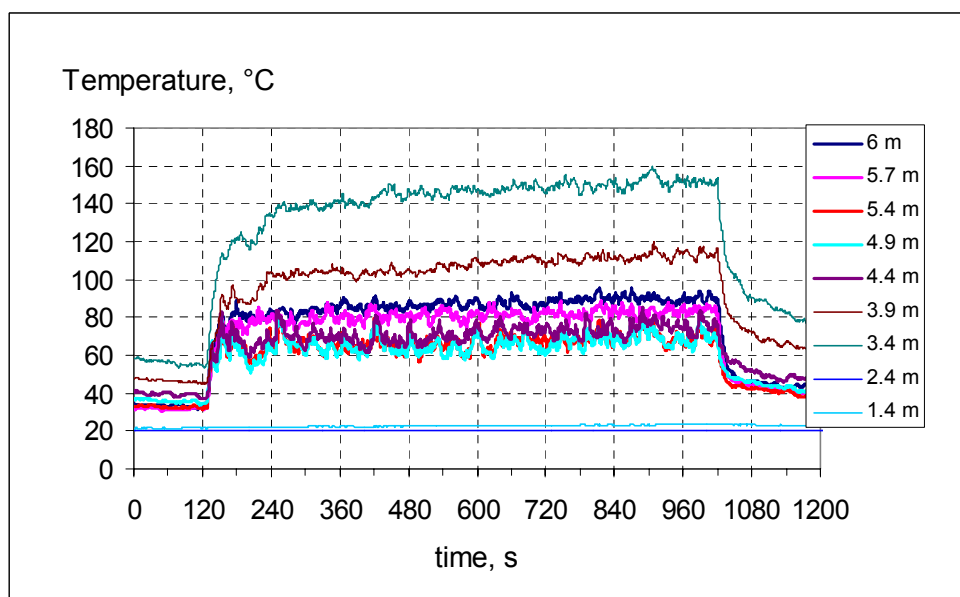
Figur 49. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 4.



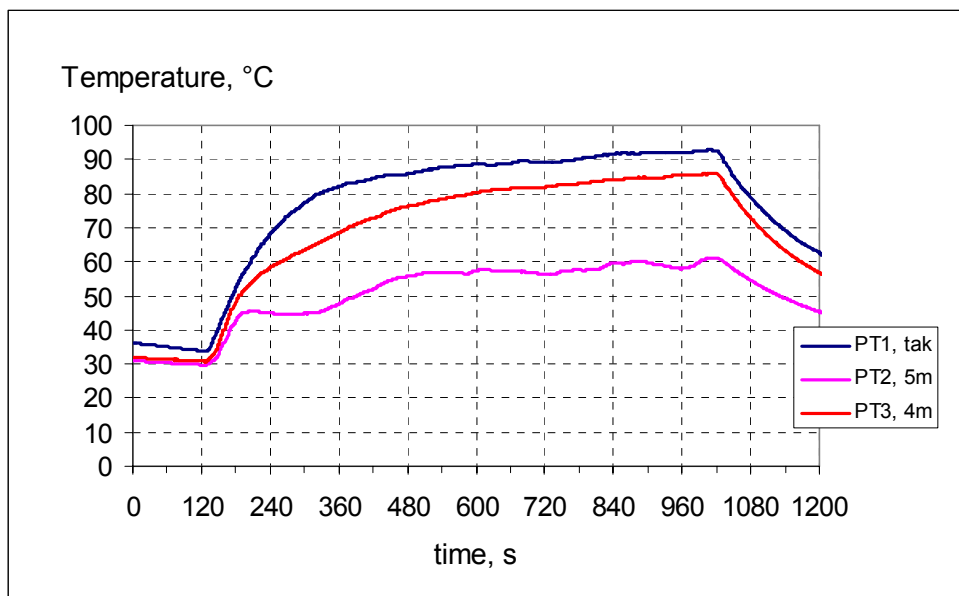
Figur 50. Plattermoelementtemperaturer i test 4.



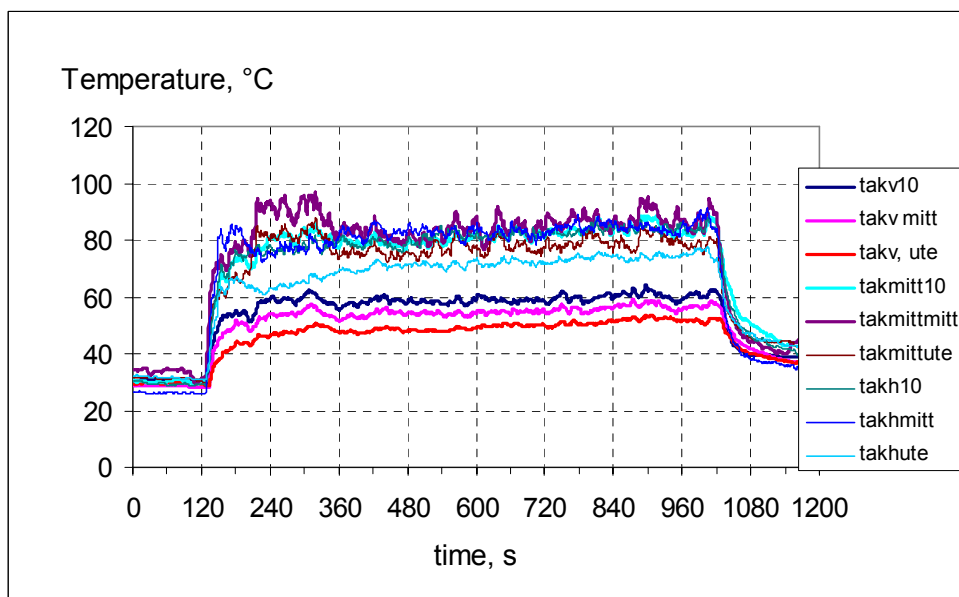
Figur 51. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 4.



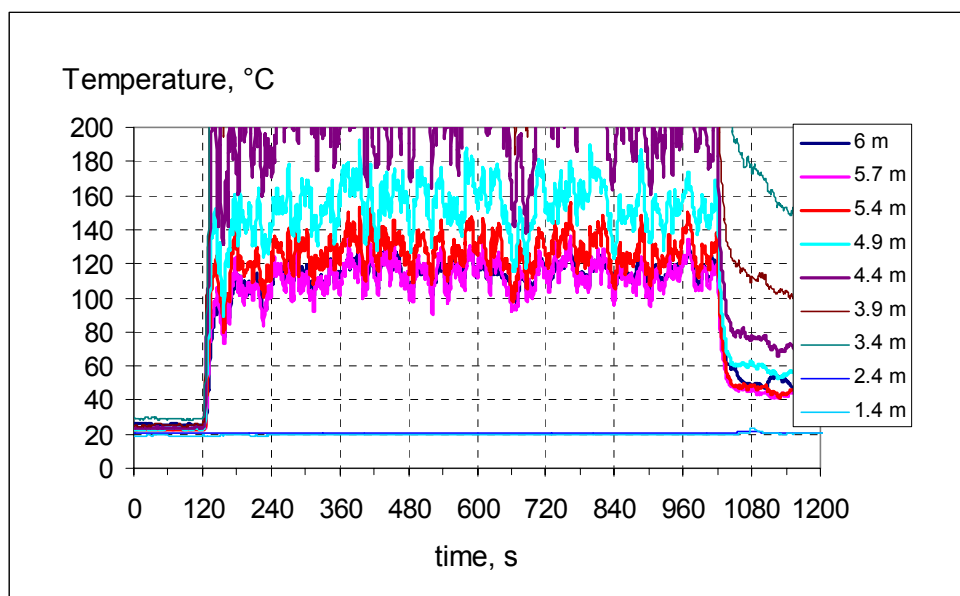
Figur 52. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 5.



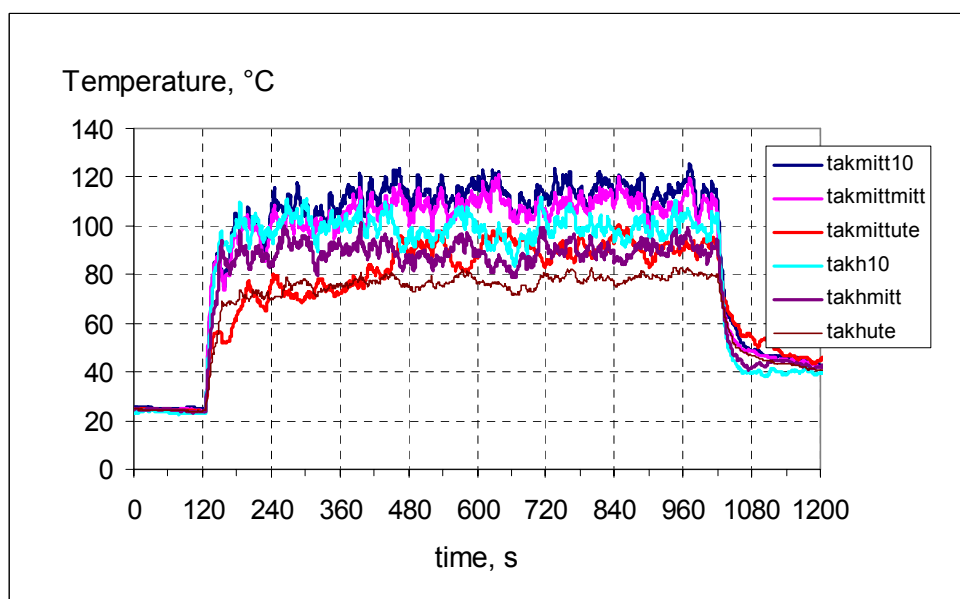
Figur 53. Plattermoelementtemperaturer för test 5.



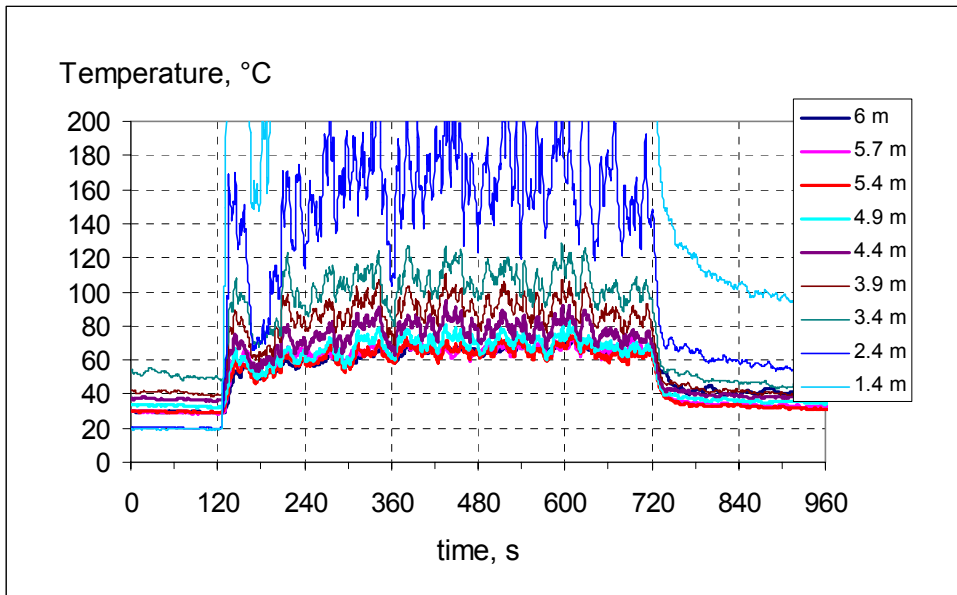
Figur 54. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 5.



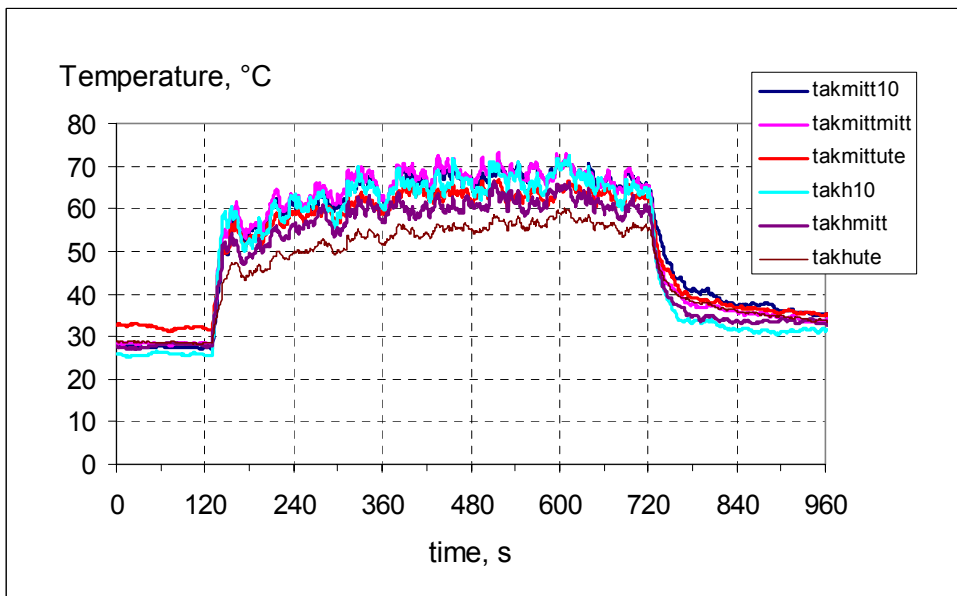
Figur 55. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen i test 6.



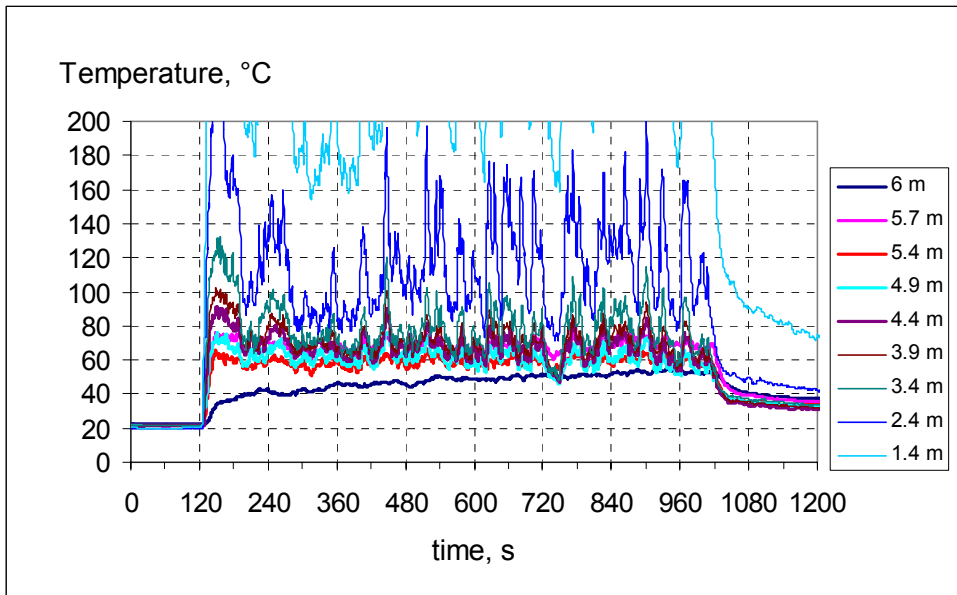
Figur 56. Temperaturen under takfoten, 1 m till höger och mitt för branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 6.



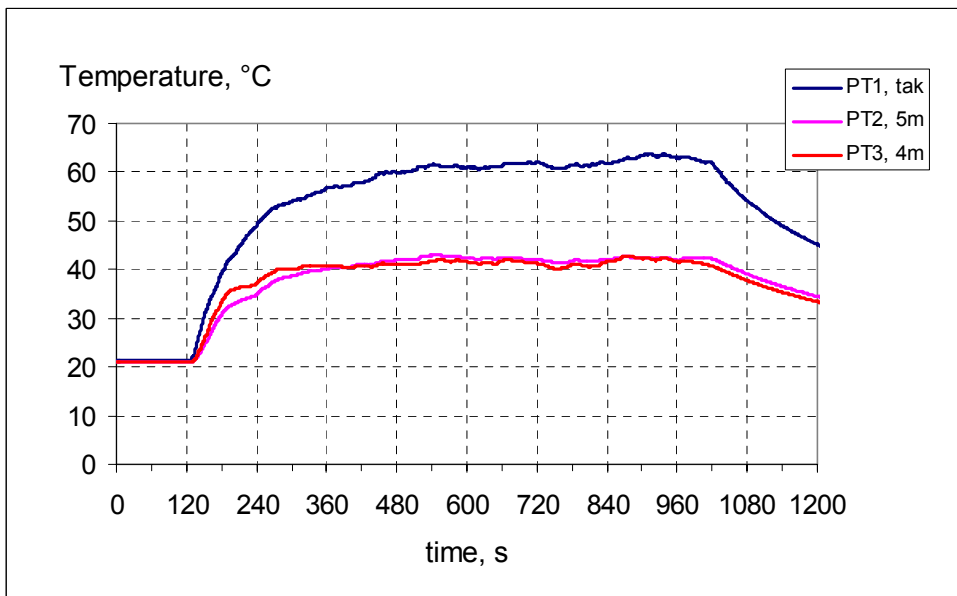
Figur 57. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 7.



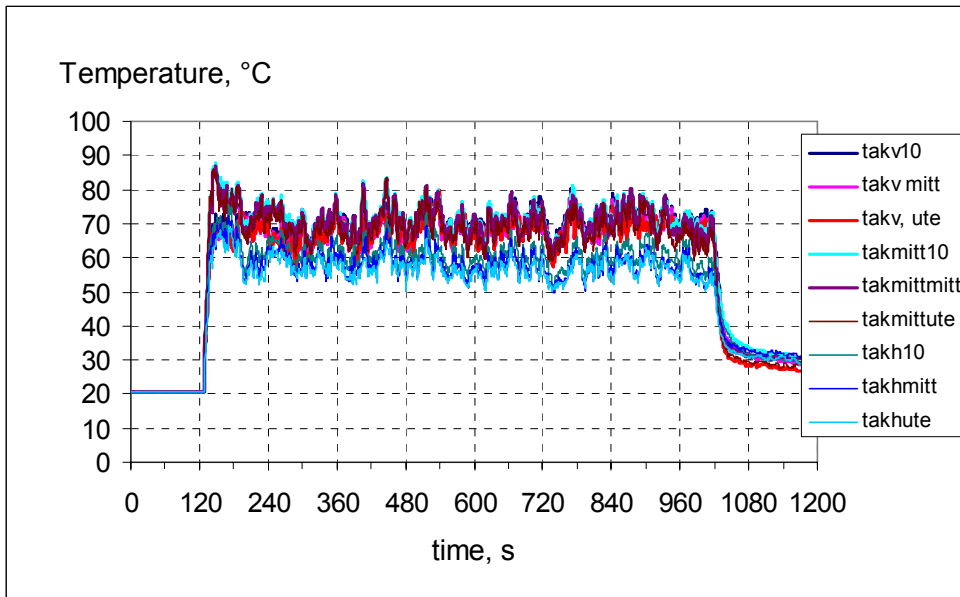
Figur 58. Temperaturen under takfoten, 1 m till höger och mitt för branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 7.



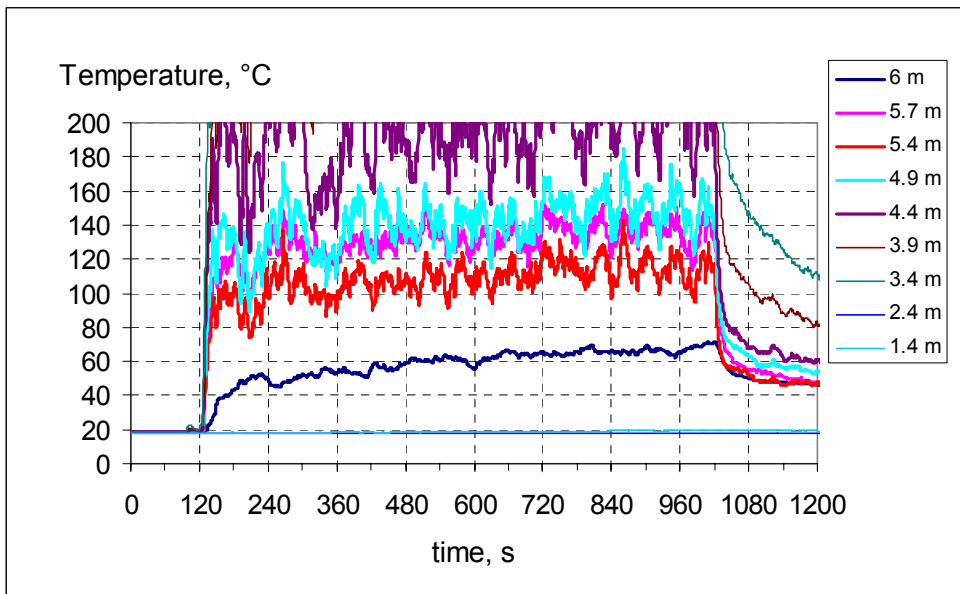
Figur 59. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 8.



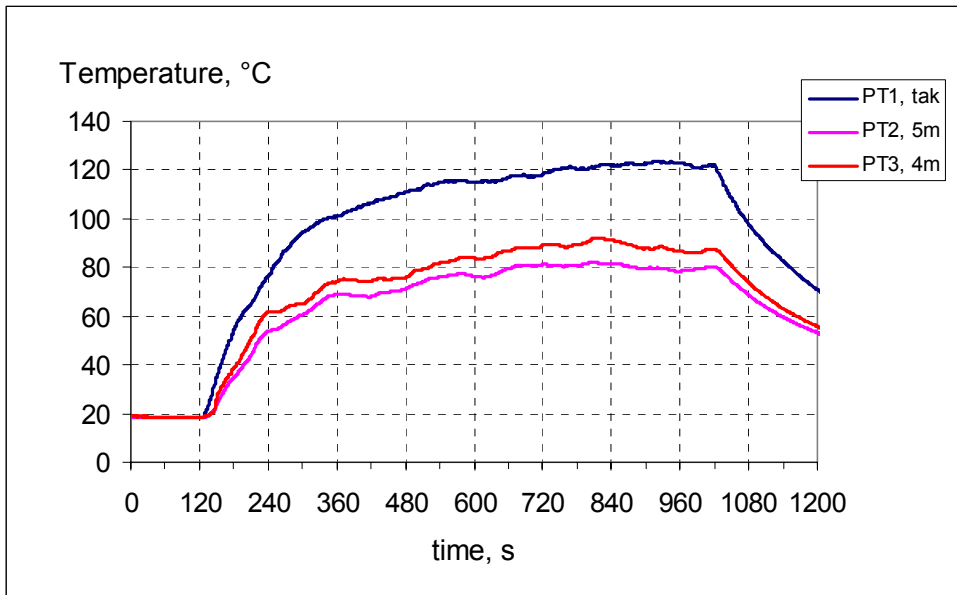
Figur 60. Plattermoelementtemperaturer för test 8.



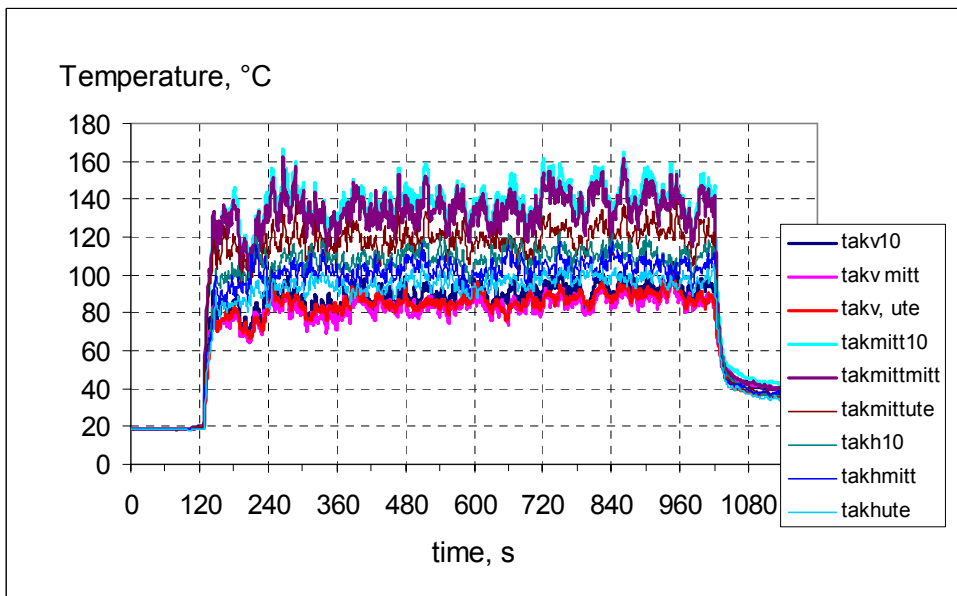
Figur 61. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 8.



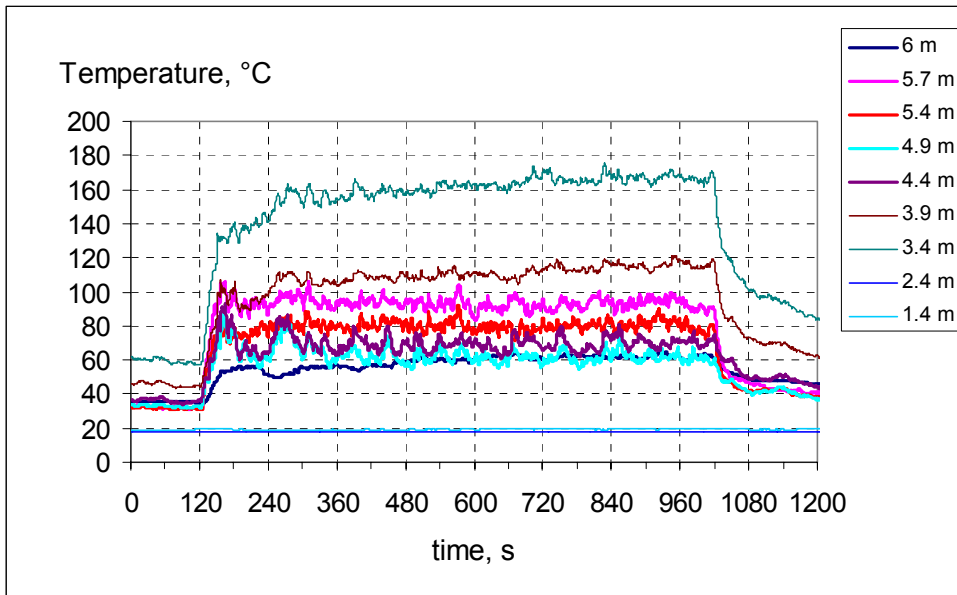
Figur 62. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 9.



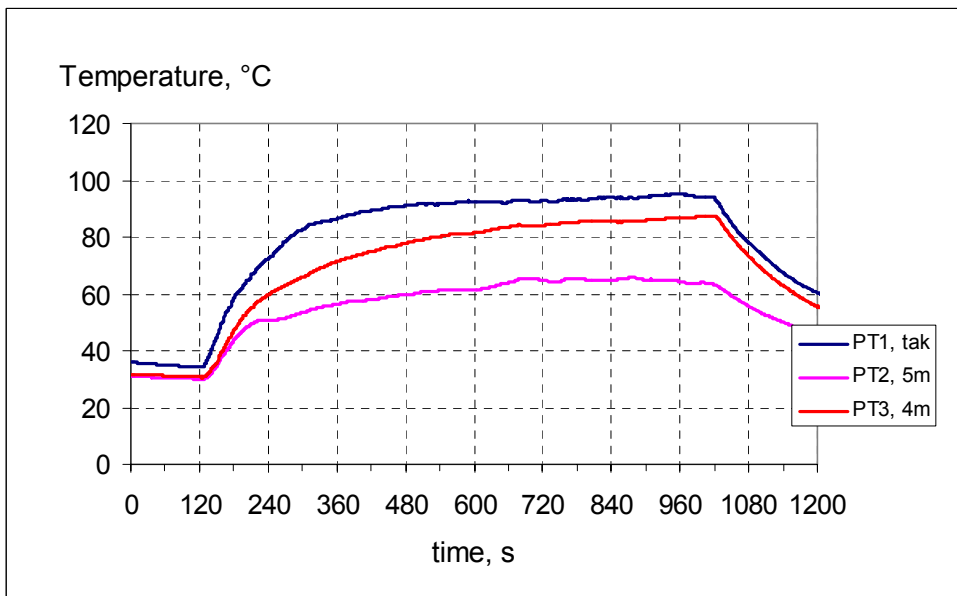
Figur 63. Plattermoelementtemperaturer test 9.



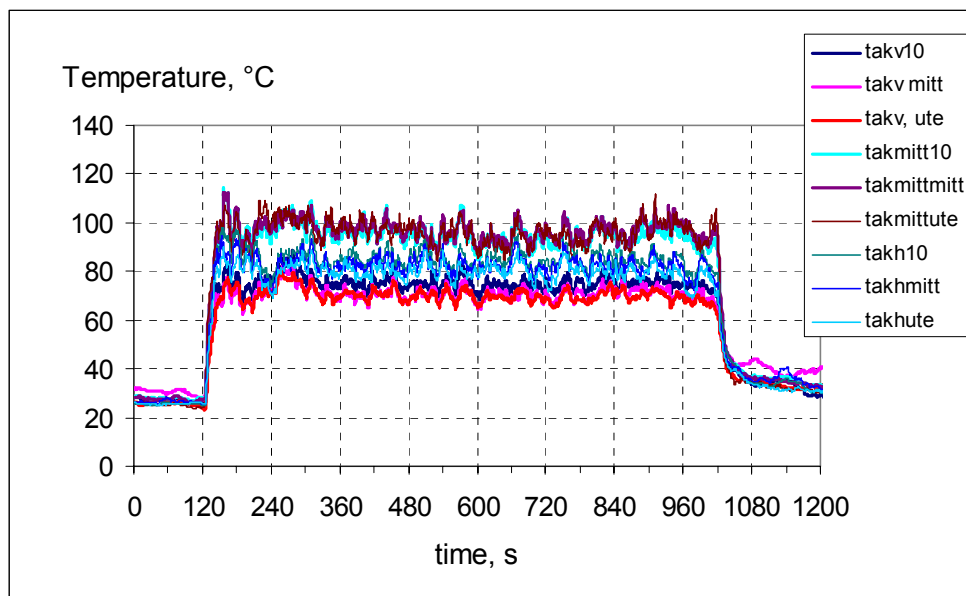
Figur 64. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 9.



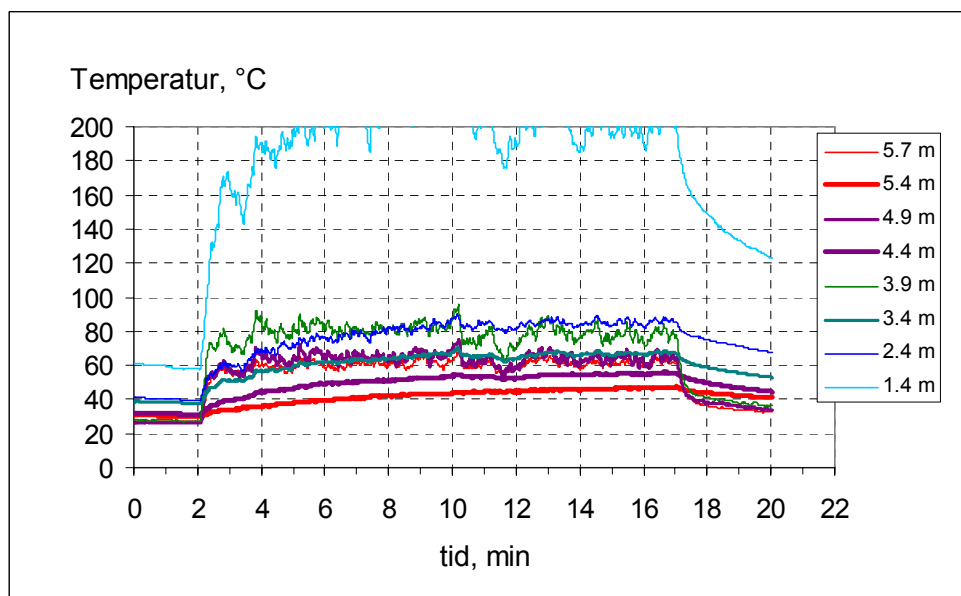
Figur 65. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen i test 10.



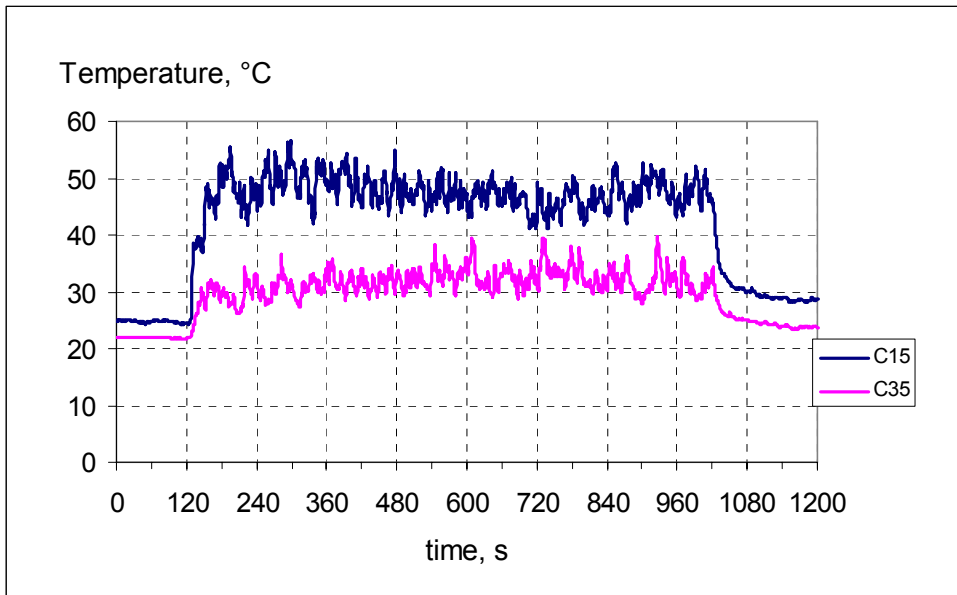
Figur 66. Plattermoelementtemperaturer test 10.



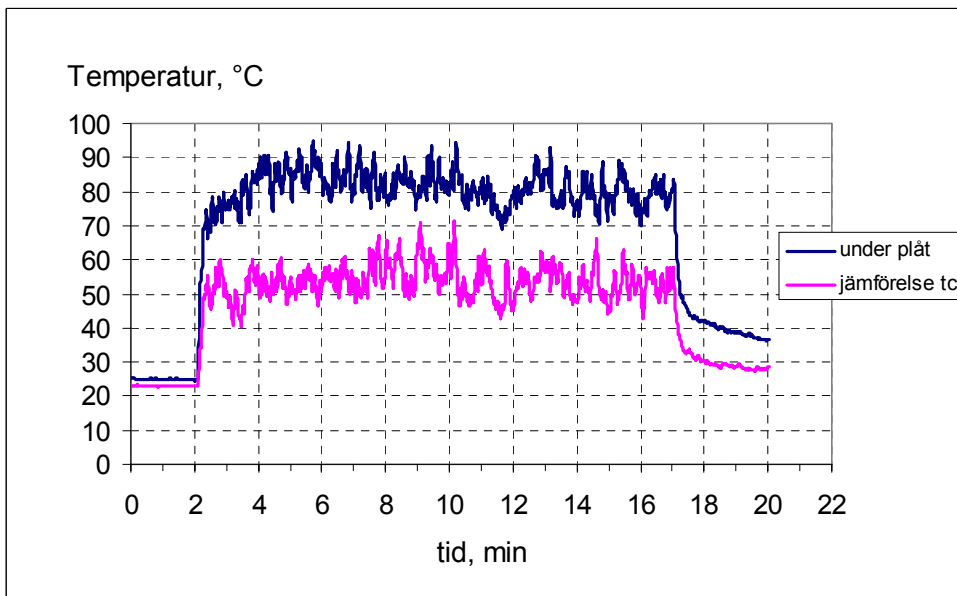
Figur 67. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster, mitt för branden och 1 m till höger om branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 10.



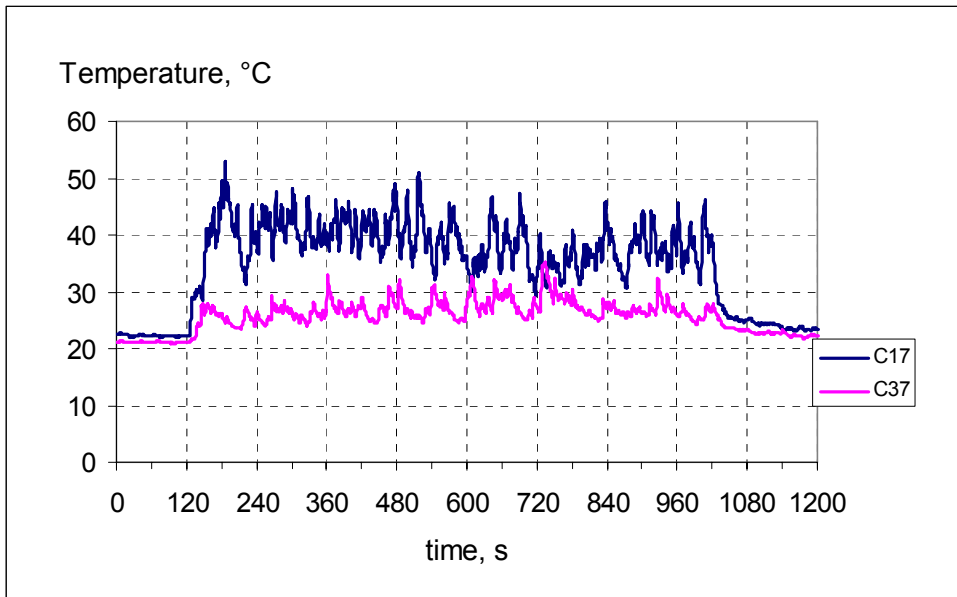
Figur 68. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test12. De termoelement som sitter i skugga av en turbulensplatta har markerats med ett tjockare streck. Vi ser tydligt att skuggan sänker temperaturen avsevärt. I övrigt är det inte möjligt att dra några ytterligare slutsatser.



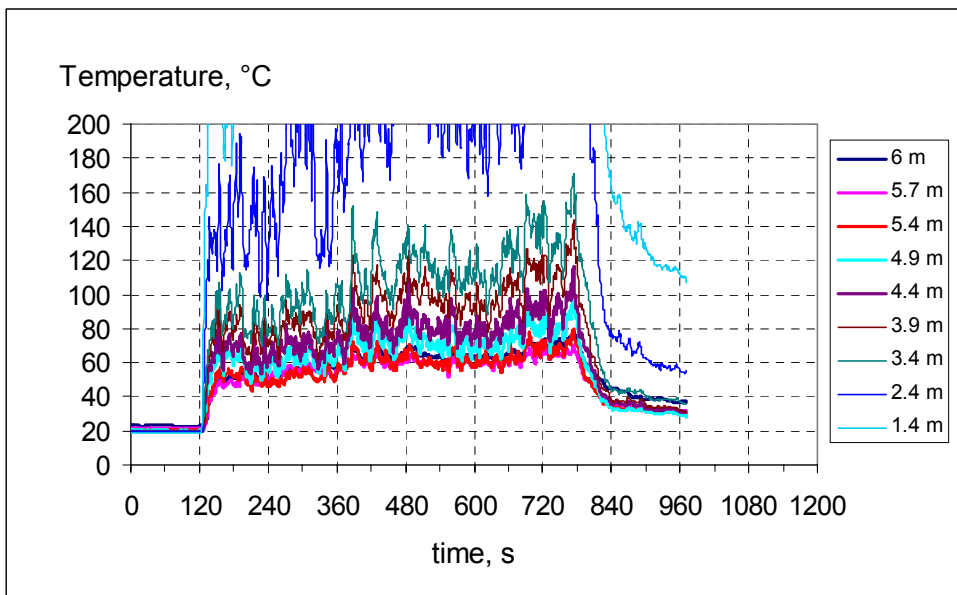
Figur 69. Jämförelse till vänster och höger om plym test 12



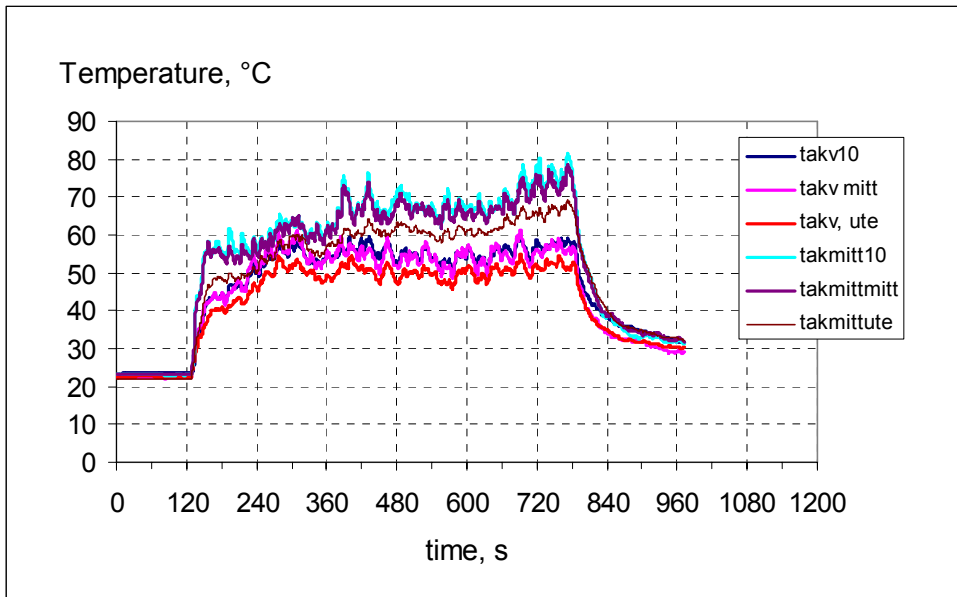
Figur 70. Jämförelse under plåt och motsvarande plats till höger om plym för test 12



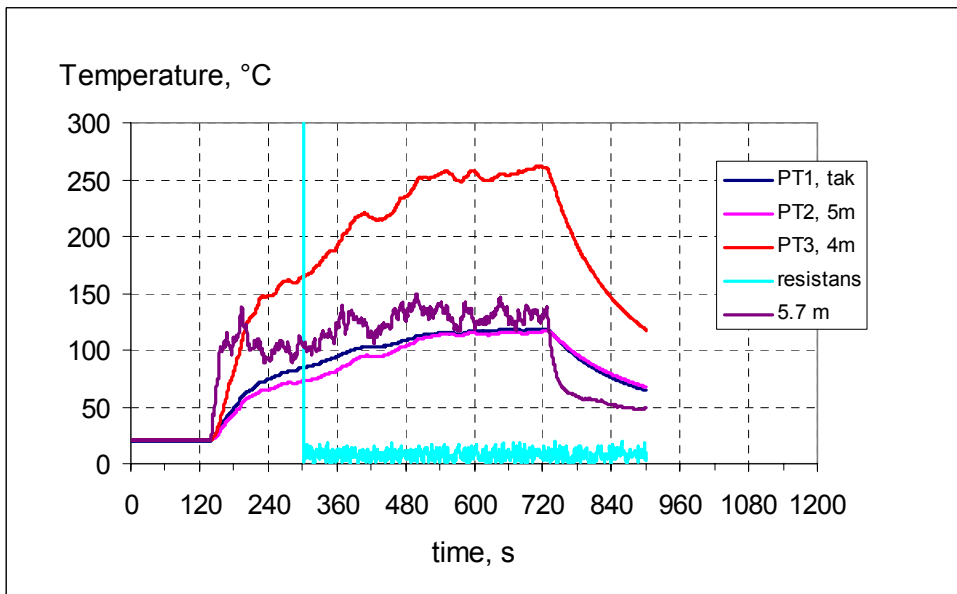
Figur 71. Jämförelse till vänster och höger om plym för test 12.



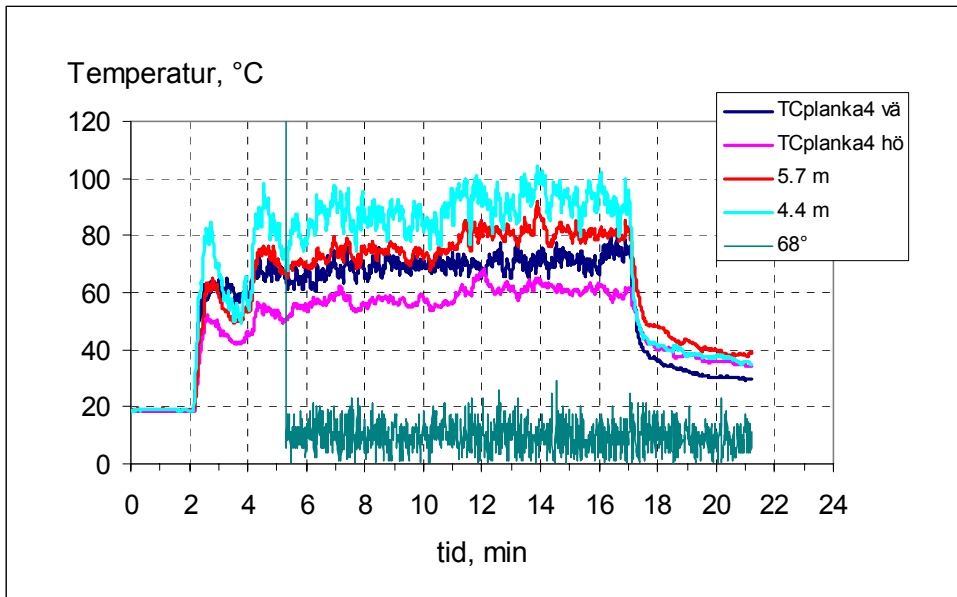
Figur 72. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen för test 13.



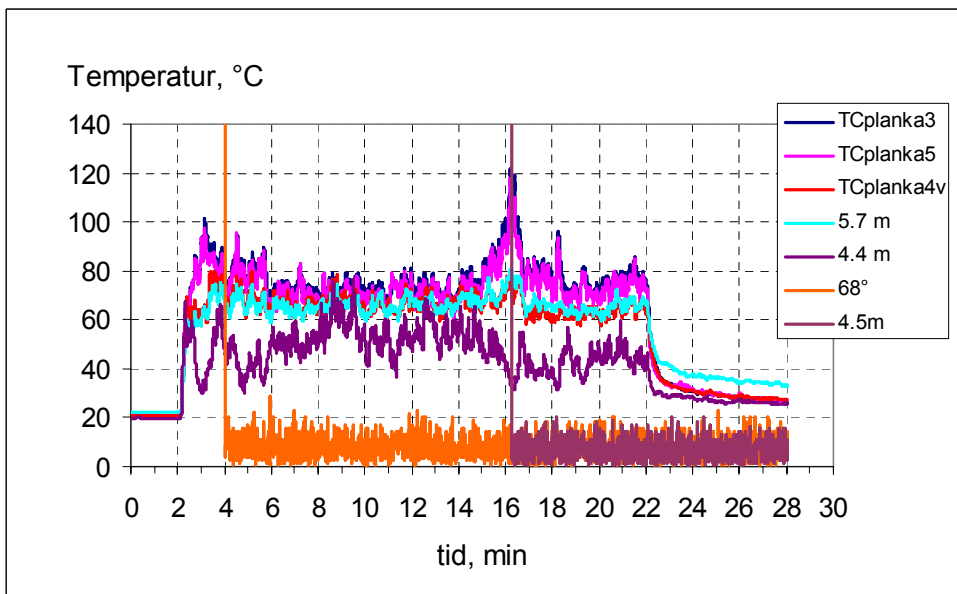
Figur 73. Temperaturen under takfoten, 1 m till vänster och mitt för branden. Temperaturer 10 cm från vägg, på halva takfoten och längst ut på takfoten i test 13.



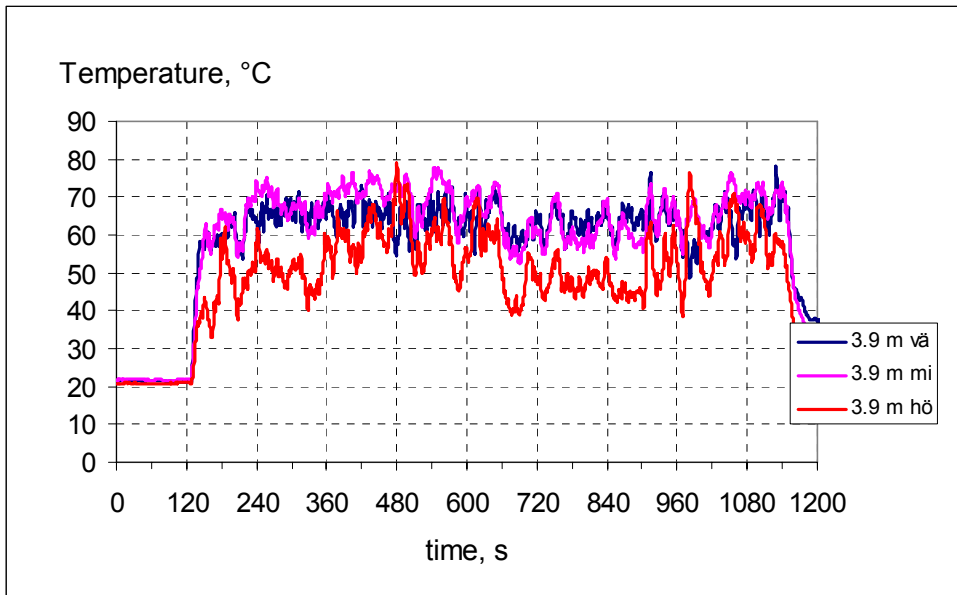
Figur 74. Plattermoelementntemperaturer, temperatur vid övergång vägg- takfot samt värmekabelns aktivering (turkos) i test 14.



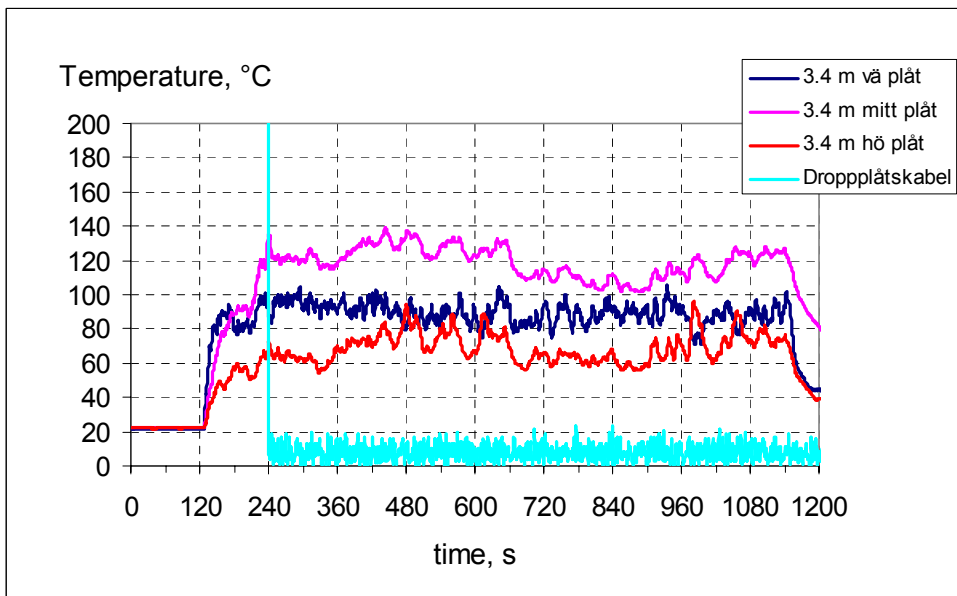
Figur 75. Termoelementavläsningar i närheten av ställen där detektionskablar placerats i test15. Identifikation av detektion togs endast med för den smältkabel som aktiverades, dvs för 68 °C kabeln, det lodräta strecket vid drygt fem minuter innebär aktivering av kabeln.



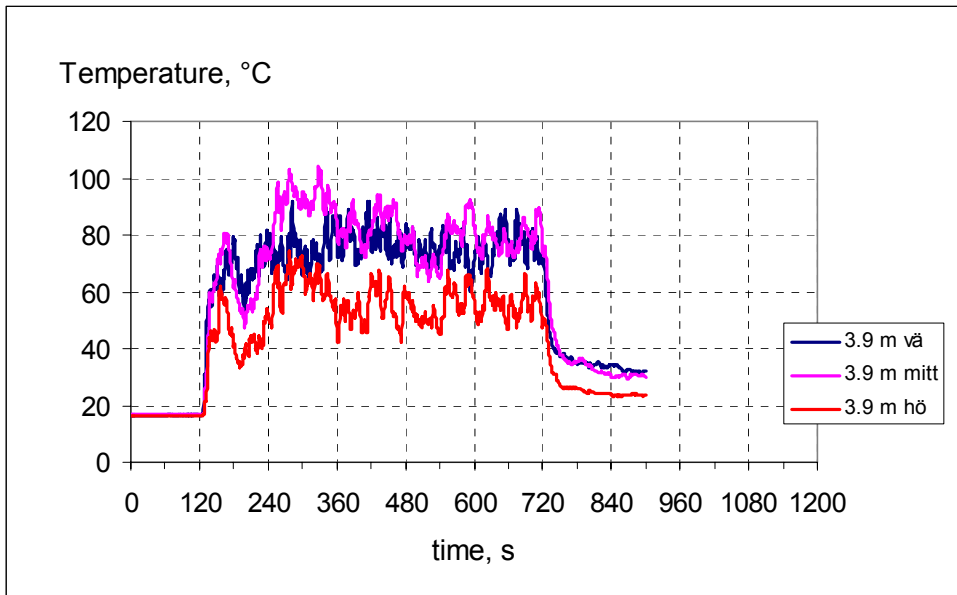
Figur 76. Termoelementavläsningar i närheten av ställen där detektionskablar placerats i test 16. Identifikation av detektion togs endast med för de smältkablar som aktiverades, dvs för 68 °C och kabeln på 4.5 m, de lodräta strecken innebär aktivering av respektive kabel.



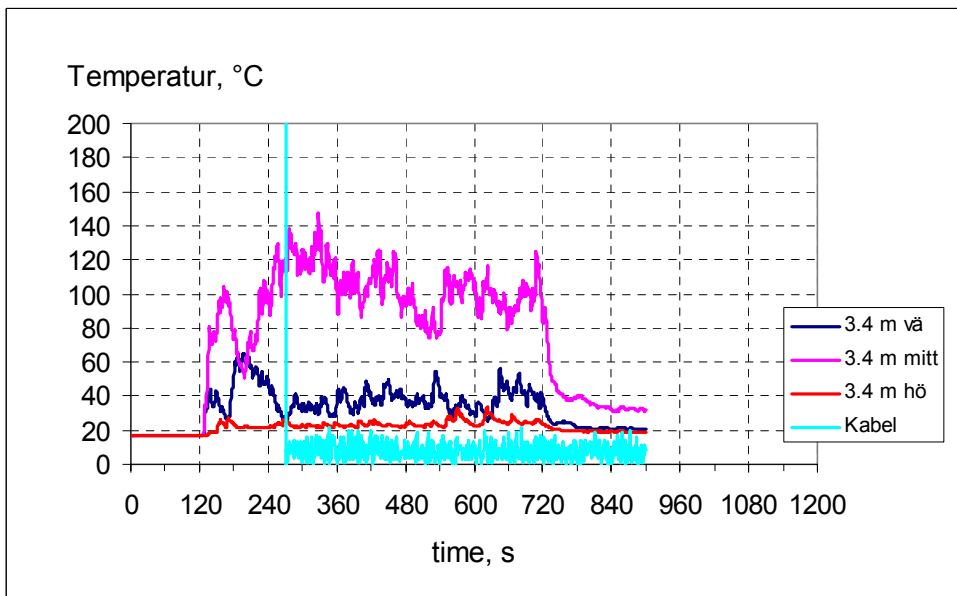
Figur 77. Temperatur ovanför plåten i test 17.



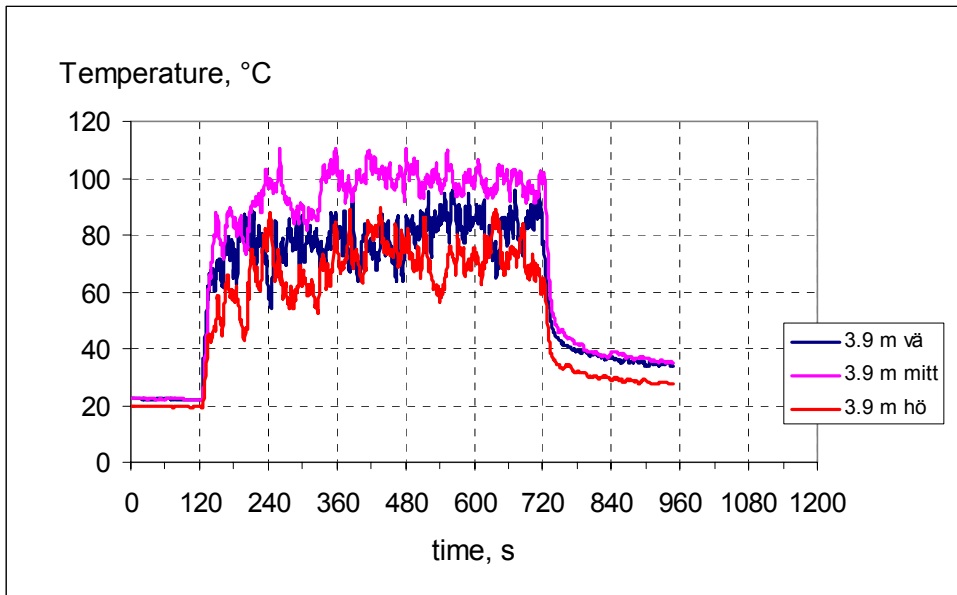
Figur 78. Temperatur under plåten i test 17



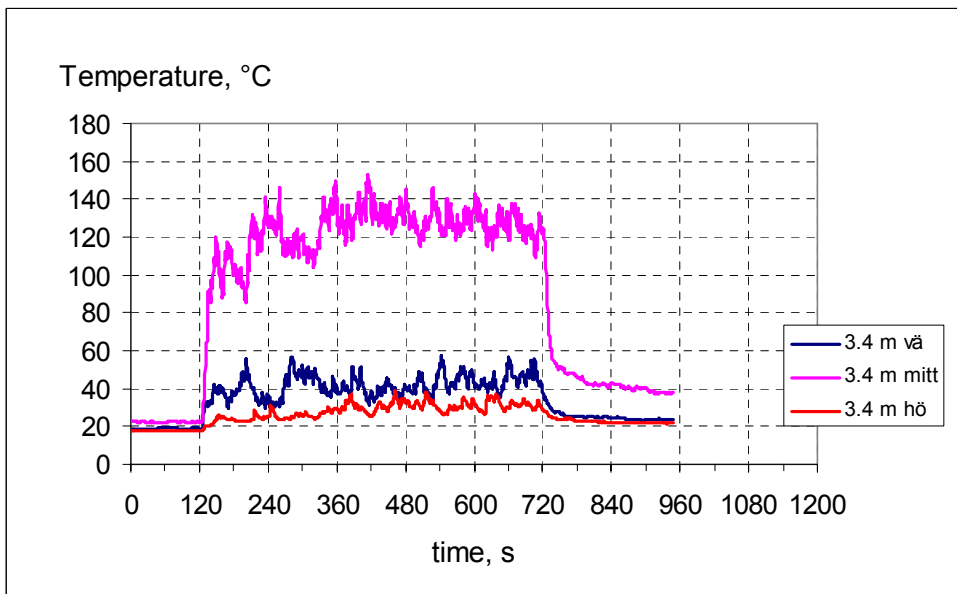
Figur 79. Temperatur ovanför plåten i test 18.



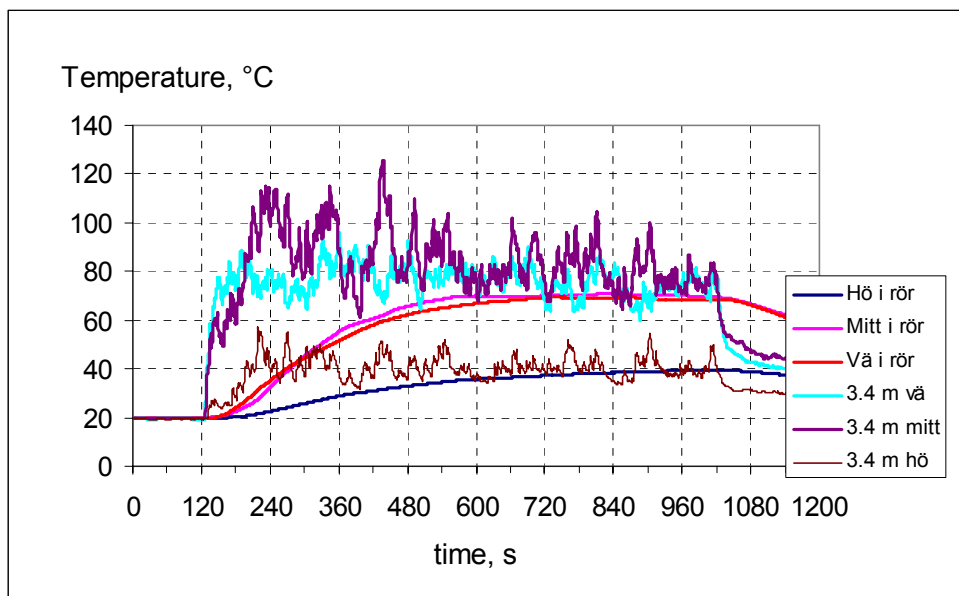
Figur 80. Temperatur på plåtplatsen i test 18



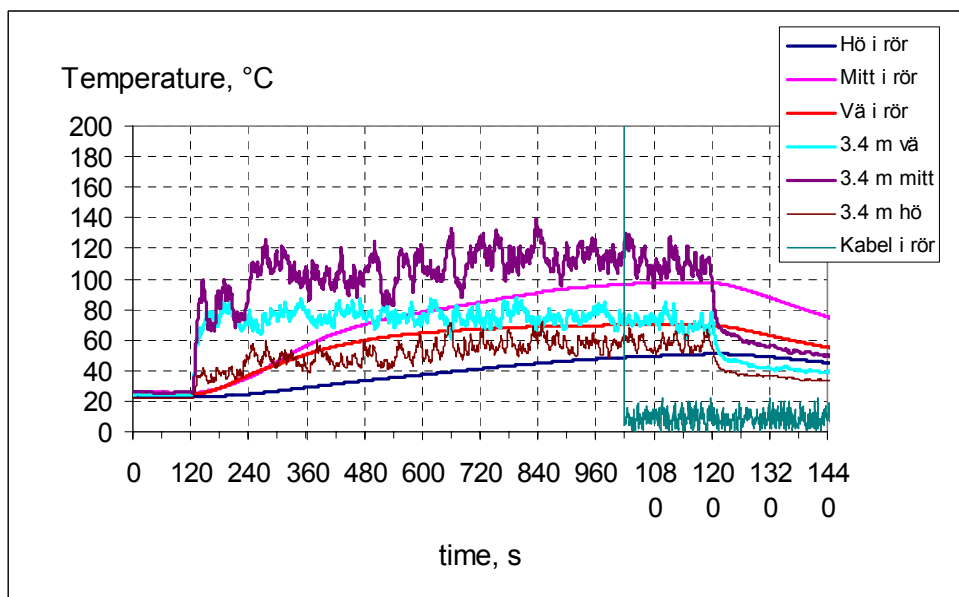
Figur 81. Temperatur ovanför plåten i test 19.



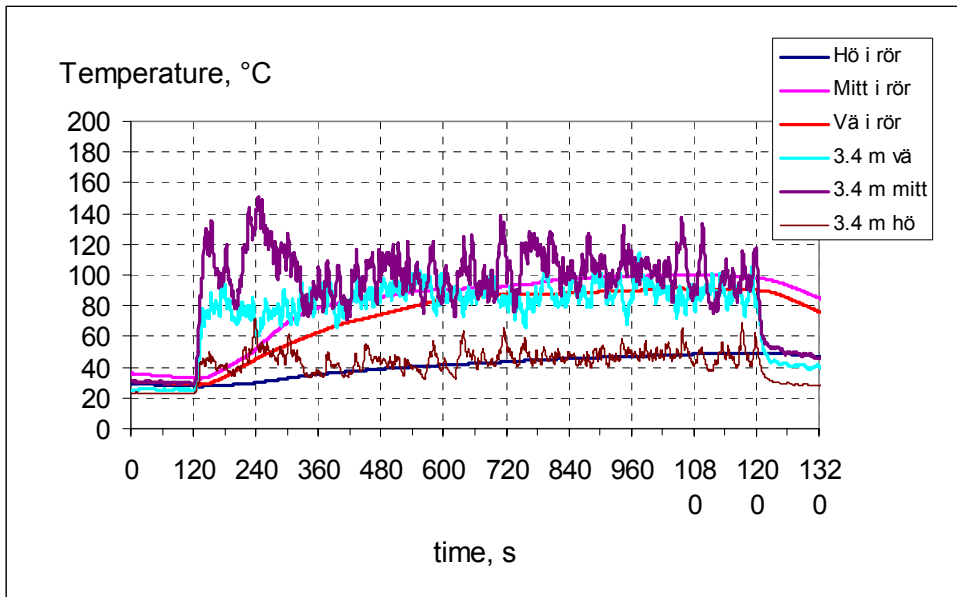
Figur 82. Temperatur på plåtplatsen i test 19.



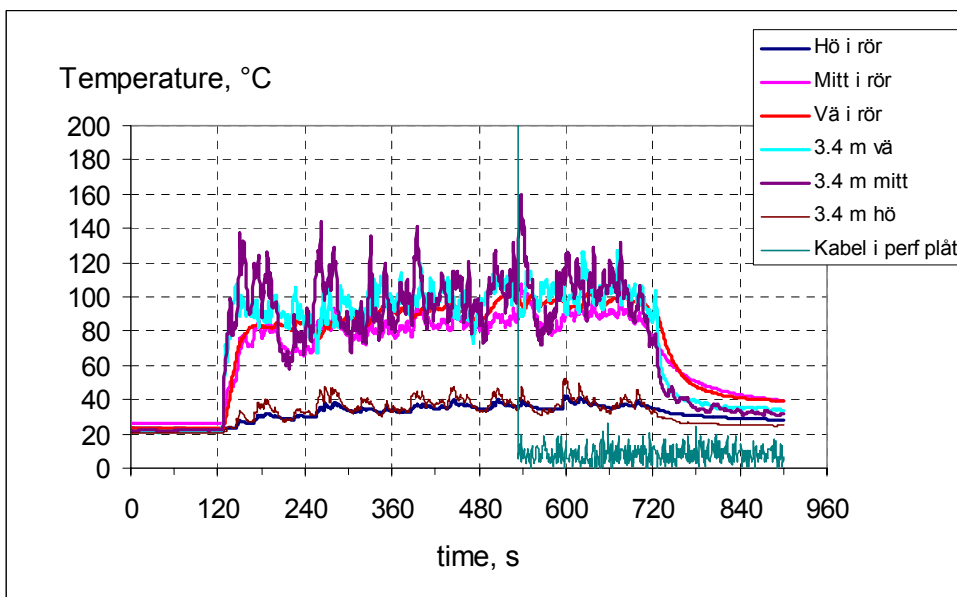
Figur 83. Temperatur i och utanför rör för test 20.



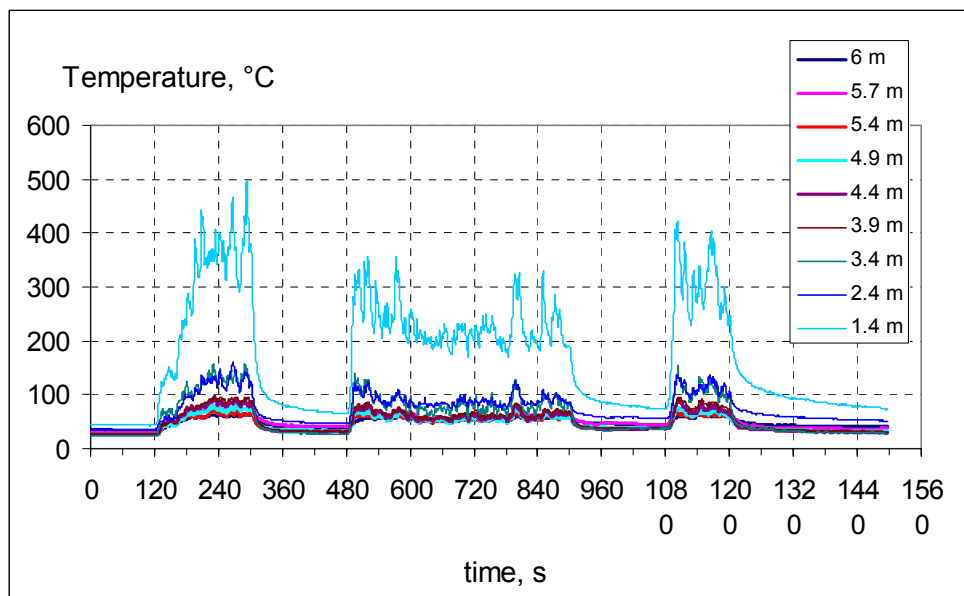
Figur 84. Temperatur i och utanför rör för test 21.



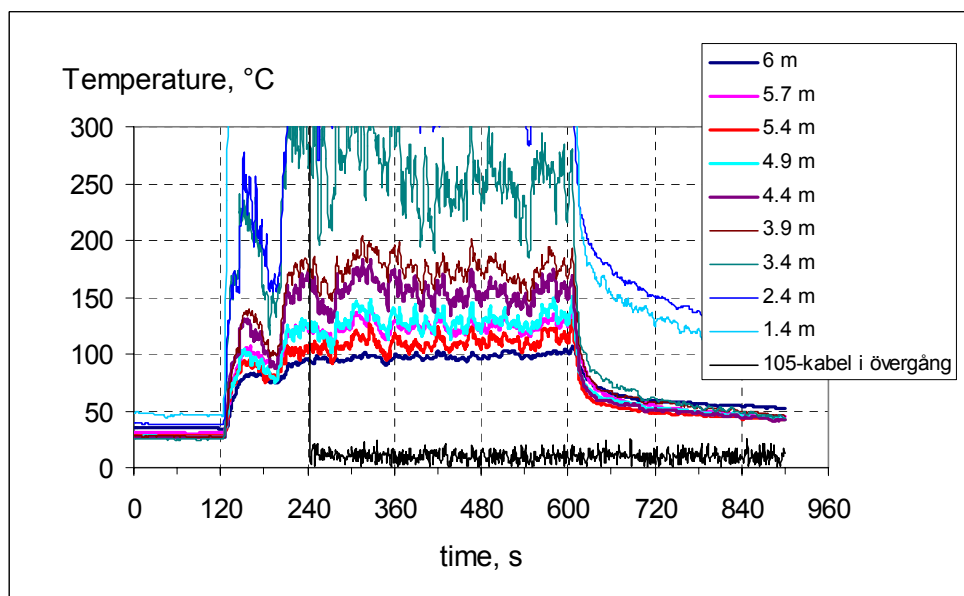
Figur 85. Temperatur i och utanför rör för test 22.



Figur 86. Temperatur i och utanför rör av perforerad plåt i test 23.



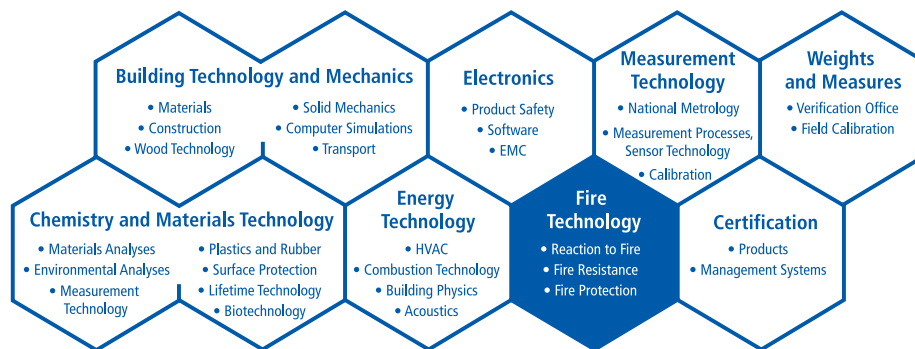
Figur 87. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen i test 24. Vind snett från sidan (höger 45°) under tiden 300s till 480 s, vind rakt framifrån tiden 600-780 och vind helt från andra sidan (vänster) under tiden 900-1080s.



Figur 88. Temperatur 1 cm från väggen längs centrumlinjen test 25.

SP Swedish National Testing and Research Institute develops and transfers technology for improving competitiveness and quality in industry, and for safety, conservation of resources and good environment in society as a whole. With Swedens widest and most sophisticated range of equipment and expertise for technical investigation, measurement, testing and certification, we perform research and development in close liaison with universities, institutes of technology and international partners.

SP is a EU-notified body and accredited test laboratory. Our headquarters are in Borås, in the west part of Sweden.



SP Fire Technology
 SP REPORT 2006:09
 ISBN 91-85303-93-3
 ISSN 0284-5172



SP Swedish National Testing and Research Institute

Box 857
 SE-501 15 BORÅS, SWEDEN
 Telephone: + 46 33 16 50 00, Telefax: +46 33 13 55 02
 E-mail: info@sp.se, Internet: www.sp.se

A Member of

United Competence