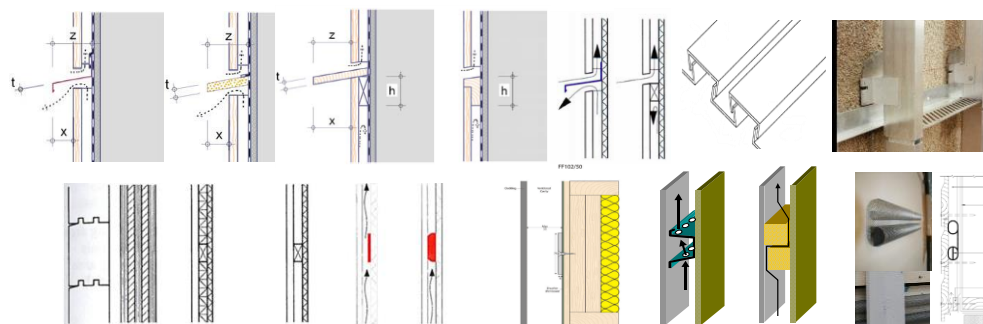


Brandstopp i byggnadskonstruktioner

Resultat från SBUF projekt 12993



Alar Just, Daniel Brandon och Birgit Östman
SP Hållbar samhällsbyggnad, Stockholm

2016-10-20

FÖRORD

Detta SBUF projekt har bedrivits vid SP Hållbar samhällsbyggnad och stötts av Lindbäcks Bygg AB och Moelven Byggmodul AB.

Vi vill tacka särskilt Helena Lidelöw Lindbäcks Bygg och Henrik Ödeen, Moelven Byggmodul för konstruktiva idéer, diskussioner och praktiska tips. Vi vill också tacka Magdalena Sterley och Joakim Norén, SP Hållbar samhällsbyggnad för skicklig assistans vid provningarna.

Stockholm oktober 2016

SP Hållbar samhällsbyggnad

Alar Just

Daniel Brandon

Birgit Östman

SAMMANFATTNING

Bristande brandteknisk funktion hos byggnadstekniska detaljlösningar är ofta en starkt bidragande orsak till brandspridning. Flera incidenter de senaste åren visar tydligt att byggsystem med hålrum kan ha stor inverkan på brandförloppet och medföra stora egendomsskador i alla typer av byggnader. Befintliga rekommendationer om att brandstopp måste installeras i hålrum för att hindra att dolda bränder uppstår och sprids mellan brandceller följs tyvärr ofta inte inom praktiskt byggande.

Syftet med projektet är att utveckla en lämplig metodik för att verifiera funktionen hos olika typer av brandstopp i byggnader, att dokumentera funktionen hos några typer av brandstopp enligt relevant metodik samt att ge underlag för riktlinjer om hur brandstopp ska utformas och användas. Resultaten ska även kunna användas för att bedöma befintliga detaljlösningar.

Arbetet har inriktats främst på brandstopp för hålrum i modulhus. Olika typer av brandstopp för sådana hålrum har studerats bland annat genom provningar i modellskala. Befintlig provningsteknik har vidareutvecklats och en reviderad metodik har föreslagits.

Som ett första resultat för praktisk användning har riktlinjer tagits fram för hur brandstopp ska utformas och användas i modulkonstruktioner. De främsta målgrupperna är bygg- och byggmaterialindustrin samt brandkonsulter

INNEHÅLL

BAKGRUND.....	4
<i>Detaljlösningar viktiga</i>	4
BRANDPROVNINGAR.....	5
<i>Provade brandstopp</i>	5
<i>Provelement</i>	5
<i>Ugnsbrandprovning</i>	7
<i>Kravkriterier</i>	8
RESULTAT	8
RIKTLINJER FÖR BRANDSTOPP I MODULKONSTRUKTIONER	9
SLUTSATSER.....	10
LITTERATUR.....	11
Appendix:	12
Just A. Model scale tests with fire stops. SP Report 4P04857 for SBUF project 12993, 2016-02-29 (35 sidor)	

BAKGRUND

Detaljlösningar viktiga

Bristande brandteknisk funktion hos byggnadstekniska detaljlösningar kan vara en bidragande orsak till brandspridning och stora egendomsskador. Befintliga rekommendationer om att brandstopp måste installeras i hålrum för att hindra att dolda bränder uppstår och sprids mellan brandceller följs tyvärr ofta inte inom praktiskt byggande /1/. Två bränder i Sverige de senaste åren kan utgöra exempel, en brand i en betongbyggnad /2/ och en i en träbyggnad /3/. I båda fallen var det en liten spisbrand på översta planet, som spred sig först upp till vinden och sen neråt i byggnaden, vilket är mer ovanligt. Räddningstjänstens olycksundersökningar för bränderna redovisar flera brister i utförandet. Bränder med bristande funktion hos detaljlösningar är kända även från utlandet, bl. a. från Österrike. Detta tyder på brist på verifieringsmetoder för den brandskyddande funktionen, kunskapsbrist, brist på regelverk och systematiska problem som kan leda till stora egendomsskador.

Detaljlösningar får allt större betydelse när man bygger stora, höga och komplexa hus, som ofta dimensioneras med övergripande brandteknisk ingenjörsvetenskap, då detaljlösningar ofta inte ingår i konceptet. Korrekt utförda detaljlösningar har betydelse främst för skydd mot brandspridning mellan brandceller. Detta måste kontrolleras noggrant i hela byggprocessen.

Brandstopp i modulkonstruktioner är normalt inte ventilerade. Hålrum innehåller ofta brännbara material som inte kan provas enligt nuvarande verifikationsmetoder /4/. Därför utvecklades en ny metod för oventilerade brandstopp i modulkonstruktioner med brännbara material.



Figur 1. Brandspridning neråt i modulskarvar, bild med IR kamera /3/.

BRANDPROVNINGAR

Totalt har tolv brandprov genomförts i modellskala och beskrivs detaljerat i en separat rapport /5/. Rapporten återges i Appendix. Därutöver har ett fullskaleförsök genomförts i europeiskt samarbete /6/. En översikt av provningar och resultat ges i denna slutrapport.

Provade brandstopp

Brandstoppen bestod främst av mineralullsprodukter med och utan inplastning, se tabell 1. Både stenull, högttemperaturextruderad (HTE) mineralull och traditionell glasull ingick. Två svällande brandstopp provades också för ventilerade hålrum, en av dessa produkter var inplastad och en var täckt med ett stålnät.

Provelement

Provelementen består av två självstående delar med var sitt hålrum. De innehåller två träreglar (50 x 50 mm) som ger ett hålrum och skyddas av stenull (133 kg/m³), se figur 2 och 3. Denna träram täcktes med gipsskivor (typ F, 15 mm) och spånskivor (11 mm) på hålrummets insida, som fästes med träskruvar (längd 41 mm och diameter 3,0 mm) mot träramen.


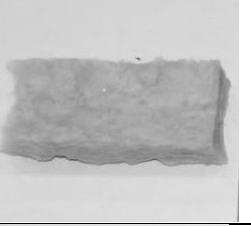


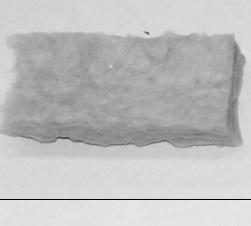


Inledande provningar gjordes enligt nuvarande metodik /4/. Här redovisas resultat för provning enligt en ny metod med två brandstopp, se figur 3, för att kunna studera eventuell förbränning i hålrummet.

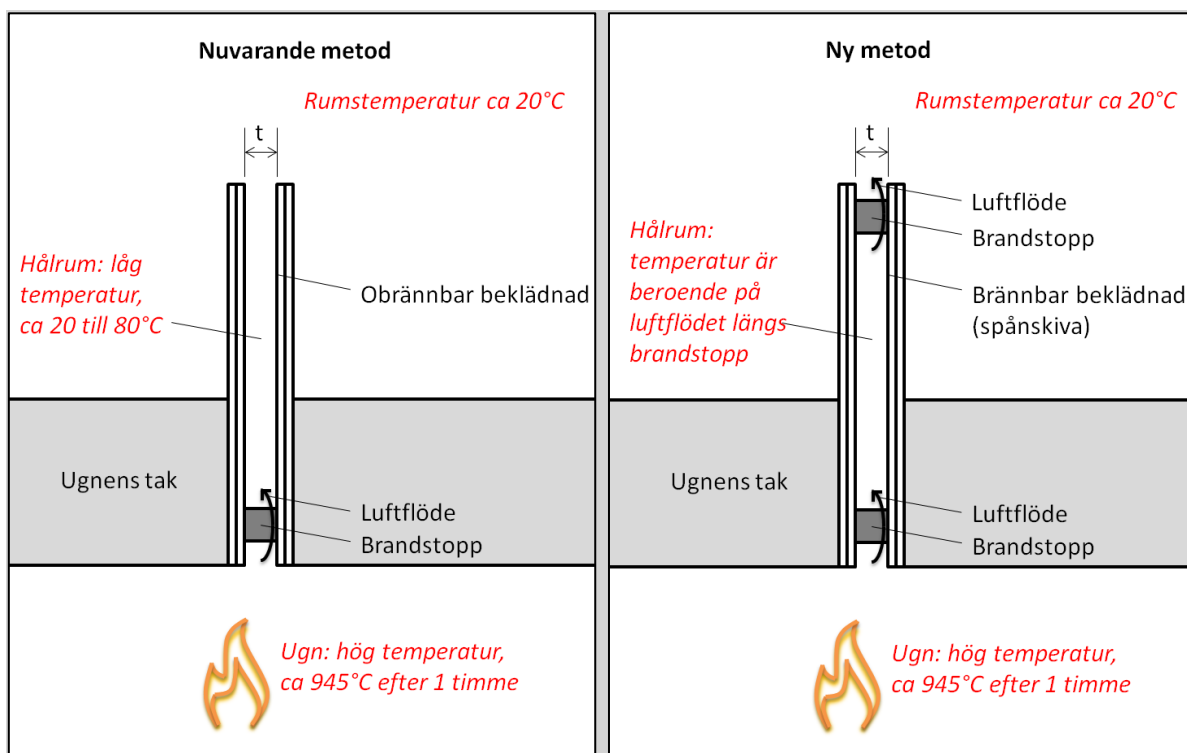
Provelementen hade trätyr och hålrum med vidden 50 mm och längden 425 mm.



Figur 2. Exempel på provelement för provning av brandstopp i modulkonstruktioner.

Tabell 1. Brandstopp som provats /5/.

Brandstopp			Dimensioner [mm]	Densitet [kg/m ³]
A och C	Plastad HTE mineralull		30 x 95	20
B	HTE mineralull		30 x 95	20
D	Plastad glasull		50 x 160	20
E	Plastad glasull		20 x 60	20
F	Glasull		20 x 100	20
G	Plastat svällande brandstopp (ventilerat hålrum vid rumstemperatur)		4 x 73	650
H	Svällande brandstopp i stål nät (ventilerat hålrum vid rumstemperatur)		40 Ø svällande massa: 4 x 44	1310



Figur 3. Provelement enligt nuvarande /4/ och föreslagna ny metod /8/.

Ugnsbrandprovning

Brandstoppen provades i modellskala i en kubikmetersugn, se figur 4. Provelementen placerades över ugnen och brandexponerades underifrån, se figur 5. Alla fogar tätades med stenull och ugnslöcket slöts genom stålramar. Provelementen utsattes för s. k. standardbrand under en timme. Därefter stängdes brännarna, men provelementen fick ligga kvar i ytterligare tre timmar och temperaturmätningar och observationer fortsatte.



Figur 4. Kubikmetersugn för brandprovning.



Figur 5. Provelementen placeras över ugnen och brandexponeras underifrån.

Kravkriterier

Två kravkriterier har utvecklats på basis av studierna:

- Temperaturen i hålrummen får inte överstiga 300°C under brandexponeringen
- Temperaturen får inte öka med mer än 10°C under tre timmar efter brandexponeringen

Kraven baseras på att brandstopp ska förhindra brandspridning, förbränning i hålrum kan därför inte accepteras och träprodukter börjar förkola vid ca 300°C samt att temperaturökning direkt efter brandexponering kan tyda på förbränning.

RESULTAT

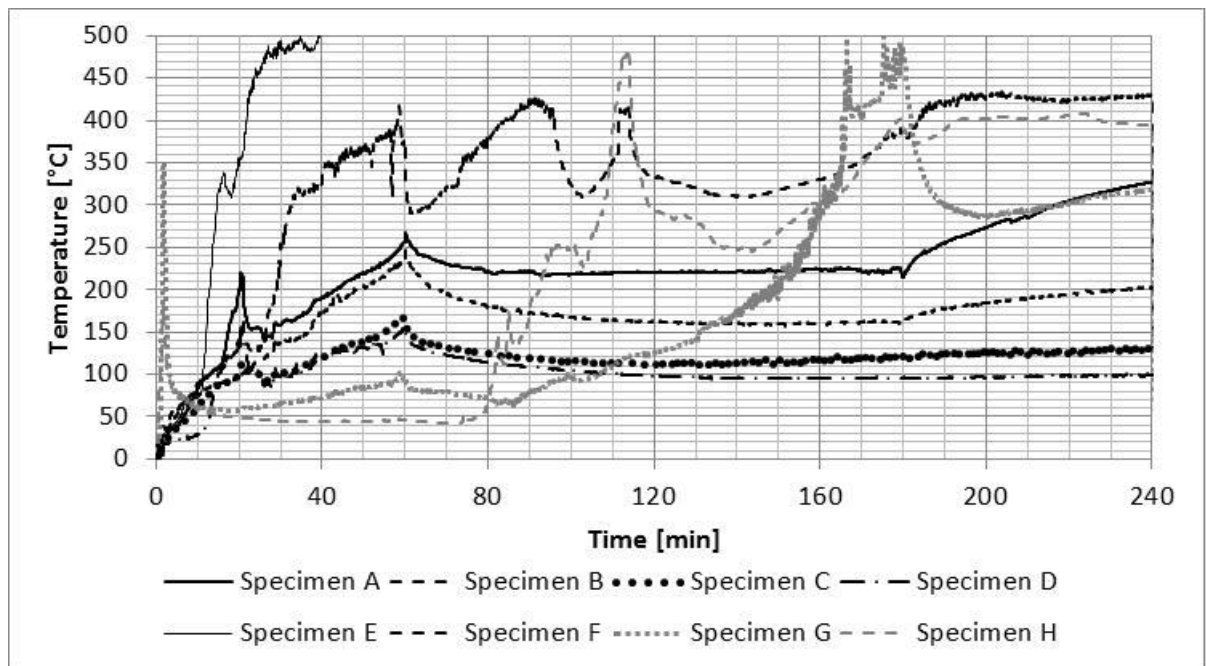
Det finns en tydlig korrelation mellan brandbeteendet och brandstoppets storlek. Det enda brandstopp som klarade kravkriterierna, D, hade en minsta dimension som var lika stor som hålrummets bredd. Hålrummets största dimension ska vara minst tre gånger större än dess minsta dimension. Det minsta tvärsnittet förbrandstopp av mineralull med densitet mer än 20 kg/m³ ska därför vara:

$$t \times 3t$$

där t är hålrummets bredd.

Dessutom rekommenderas att vika skivformade brandstopp i U-form. Ytterligare provningar ska genomföras för att verifiera denna rekommendation. Inverkan av inplastning runt brandstopp ska också undersökas, eftersom smältande plast kan bidra till brandspridning.

Figur 6 visar att uppmätta temperaturer mitt i hålrummen har stor spridning. Endast provelement D klarar kravkriterierna. Därför bör minst två prov genomföras.



Figur 6. Temperaturer uppmätta mitt i hålrummet i alla provelement A-H.

De två grå kurvorna i figur 6 för ventilerade hålrum, G och H, har en temperaturtopp i början, vilket är logiskt eftersom brandstoppen är öppna. Men temperaturen sjunker sen snabbt, vilket indikerar att det nedre brandstoppet svällt, men knappast det övre brandstoppet. Den använda metoden är därför inte lämplig för ventilerade hålrum.

RIKTLINJER FÖR BRANDSTOPP I MODULKONSTRUKTIONER

På basis av utförda provningar har några första riktlinjer utarbetats /7/. Dessa riktlinjer syftar till att visa hur funktionen hos olika typer av brandstopp i modulbyggnader kan verifieras och dokumenteras enligt reviderad metodik /8/. Riktlinjerna återges i sin helhet i denna slutrapport.

I. Grundkrav

- Brandstopp måste installeras i hålrum för att hindra att dolda bränder uppstår och sprids mellan brandceller. Konstruktioner utan hålrum rekommenderas i första hand.
- Brandstopp ska förhindra att flammor och höga temperaturer sprids i hålrummet
- Brandstopp i hålrum med brännbara ytor ska uppfylla högre krav.

II. Funktionskrav

- Temperaturen i hålrummet över brandstoppet får inte överstiga 300 °C under eller efter brandexponeringen.
- Temperaturen i hålrummet över brandstoppet får inte stiga efter brandexponeringen (när syrgashalten ökar)

III. Verifikationsmetoder

- Brandstopp ska verifieras genom brandprovning enligt den europeiska metoden EN 1364-6 /4/ som för närvarande är under omröstning inom det europeiska standardiseringsorganet CEN.
- Provningsmetoden kan genomföras i modellskala.

IV. Exempel på produkter som uppfyller kraven

- Brandstopp av glasfiber $\geq 20 \text{ kg/m}^3$ måste vara minst $t \times 3t$, där t är hålrummets tjocklek /8/. De ska vikas dubbla vid monteringen i en U-form
- Plastfolie runt brandstoppen får inte smälta vid brand, dvs uppfylla minst klass E.

V. Kontroller

- Den faktiska monteringen är avgörande för att garantera funktionen och kan endast kontrolleras under byggtiden
- Kvaliteten på utförandet måste granskas noggrant av den ansvariga entreprenören. Ytterligare tredjepartskontroller rekommenderas, särskilt i större byggnader
- Ansvarsfördelningen mellan de olika yrkeskategorierna måste vara klart uttalad och måste kommuniceras och förankras tidigt i byggprojektet. Ansvarsfördelningen i gränssnitten mellan olika aktörer måste vara tydlig.

VI. Övrigt

- Byggnadstekniska detaljlösningar ska inkluderas i brandskyddsdocumentationer och brandskyddsbeskrivningar, som måste upprättas för alla nybyggnader. De ska beskriva hur brandkraven uppfylls i den aktuella byggnaden.

SLUTSATSER

Provningsmetodik för brandstopp har reviderats för att ta hänsyn till brännbara väggar i hålrum och eventuell temperaturökning i slutna hålrum.

Provningsmetoden visade att det finns en tydlig korrelation mellan brandstoppets storlek och temperaturen i slutna hålrum. Ett minsta tvärsnitt för brandstopp rekommenderas därför.

Fortsatt arbete

Fortsatt arbete ska verifiera nuvarande rekommendation av brandstoppets storlek. Det ska också inkludera inverkan av olika monteringsmetoder samt metoder för att lokalisera och släcka bränder i hålrum.

Ytterligare provningar ska genomföras för att verifiera denna rekommendation. Inverkan av inplastning runt brandstopp ska också undersökas.

LITTERATUR

1. Brandsäkra trähus – Nordisk-baltisk kunskapsöversikt och vägledning. SP rapport 2012:18, 2102.
2. Umeå kommun. Fördjupad olycksundersökning 2009. Brand i byggnad. Geografigränd 2 A-J i Umeå 2008-12-24. Brandförsvarets insatsrapport 2008/888-889. Diarienummer 200.2009.00005/23256.
3. Östman B, Stehn L. (2014), Brand i flerbostadshus – Analys, rekommendationer och FoU-behov, SP Rapport 2014:07.
4. prEN 1364-6. Fire resistance tests for non-loadbearing elements - Part 6: Cavity Barriers. Utkast till europeisk standard 2016.
5. Just A. Model scale tests with fire stops. SP Report 4P04857 for SBUF project 12993, 2016-02-29 (återges i Appendix).
6. Informative report of atypical test of fire resistance of timber structure details: Influence of fire barrier to spread of fire in timber frame constructions. Slovak technical university of technology, Faculty of civil engineering, 2016.
7. Just, Brandon, Östman. Riktlinjer – Brandstopp i modulkonstruktioner. Resultat från SBUF projekt 12993. SP Riktlinjer 4P04857, 2016-06-30 (ingår i sin helhet i denna slutrapport).
8. Brandon D, Just A, Jansson McNamee R: Behaviour of cavity barriers in modular houses – a revised test methodology. Paper at Interflam 2016, July 2016.
9. Birgit Östman, Alar Just, Daniel Brandon. Brandstopp i modulbyggnader. Bygg & teknik nr 6, 2016

SBUF

Model scale tests with fire stops

(1 appendix)

General

This report describes outcome and results of the the model scale tests with different cavity barriers.

Model scale tests were made on 2014 and 2015 in the model furnace at SP Wood Building Technology in Stockholm.

1 Introduction

This report covers the fire testing performed within the SBUF project 12993 “Fire stops in building constructions”.

2 Products

2.1 Cavity barriers

Tested cavity barriers consisted mainly of mineral wool products with and without plastic covering.

There were stone wool, HTE (high temperature extruded) mineral wool and traditional glass wool used in the specimens.

Two intumescent cavity barriers for the ventilated cavities were used in test specimen FS 8. There was a product with plastic cover and the product with steelnet.

Cavity barriers used in the tests are listed in Table 1

SP Technical Research Institute of Sweden

Postal address
SP
Box 5609
SE-114 86
STOCKHOLM
Sweden

Office location
Drottin Kristinas väg 67
SE-114 28
STOCKHOLM

Phone / Fax / E-mail
+46 10 516 50 00
+46 8 10 80 81
info@sp.se

This document may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of SP.

Table 1. Cavity barriers

Test	Number of cavity barrier	Cavity barrier	Plasticized	Dimensions [mm]	Cavity length [mm]	U-shape, Double placing
1	FS1	HTE tätfiber	P	15x120	1000	U
	FS2	Stone wool		25x65	1000	
2	FS3	Glass wool	P	50x160	1000	U
	FS4	HTE tätfiber	P	35x95	1000	D
3	FS5.1	HTE Tätfiber	P	30x95	430	U
	FS5.2	HTE Drev		30x95	430	U
	FS6.1	HTE Tätfiber	P	35x95	430	U
	FS6.2	Glass wool	P	50x160	430	U
4	FS7.1	Glass wool	P	20x60	430	U
	FS7.2	Glass wool		20x100	430	U
	FS8.1	Intumescent			430	
	FS8.2	Intumescent with steelnet			430	

2.2 Boards, fasteners and additional material

For the test specimens the following materials were used

- Timber frame 50x50 or 50x30 mm²
- Stone wool 133 kg/mm³
- Gypsum plasterboards, Type F with thickness of 15 mm on the outer side
- Wooden particle boards with thickness of 11 mm on the cavity surfaces.

Self-drilling screws with lengths 41 mm and a nominal diameter of 3,0 mm were used to fasten boards to the timber frame.

To keep the specimens as air-tight as possible an aluminium tape was attached in the joints at the exposed side and non-exposed side as well as on the sides of the specimens.

For temperature measurements thermocouples type K were used. Crimped junctions with a contact length of about 3 mm were used.

3 Fire tests

3.1 General

Fire tests were conducted at model scale furnace of SP Wood Building Technology.

All specimens were built at SP Wood Building Technology and conditioned in a controlled climate chamber at 20 °C and 65% RH before the fire tests.



Figure 1. Model scale furnace



Figure 2. Test assembly

All the furnace data for different tests see Annex A.

3.2 Test serie 1

The test rig consists of two equal self-supporting test assemblies. Each test assembly had one cavity. This rig was placed on top of the horizontal furnace. All discontinuities were sealed with soft stone wool. The rest of the furnace top was closed by steel lockers.

The test assembly consisted of two timber studs (500 x 50 x 30 mm) providing a distance for cavity. These studs were protected by stone wool (density 133 kg/m³) from cavity side. This frame was covered by gypsum plasterboards (type F with thickness 15 mm) and wooden board on the cavity side.

Specimens for tests FS1 to FS4 were constructed with cavity width of 30 mm and cavity length 1000 mm. Cavities had wooden surfaces.

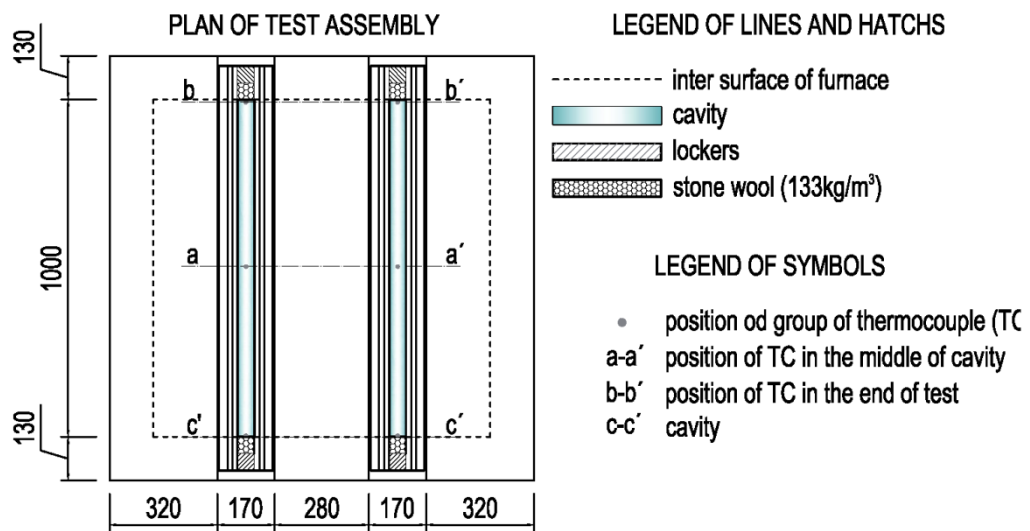


Figure 3. Plan of test assembly for specimens FS1 to FS4

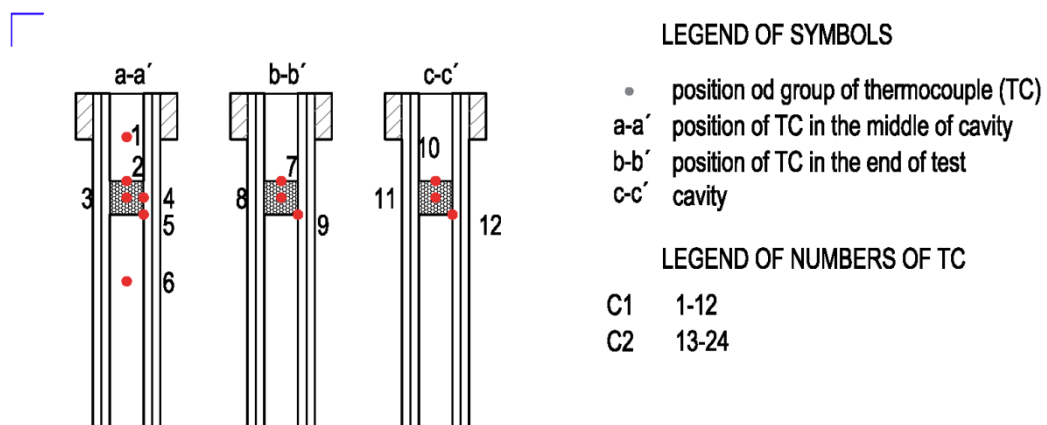


Figure 4. Section of test assembly for specimens FS1 to FS4

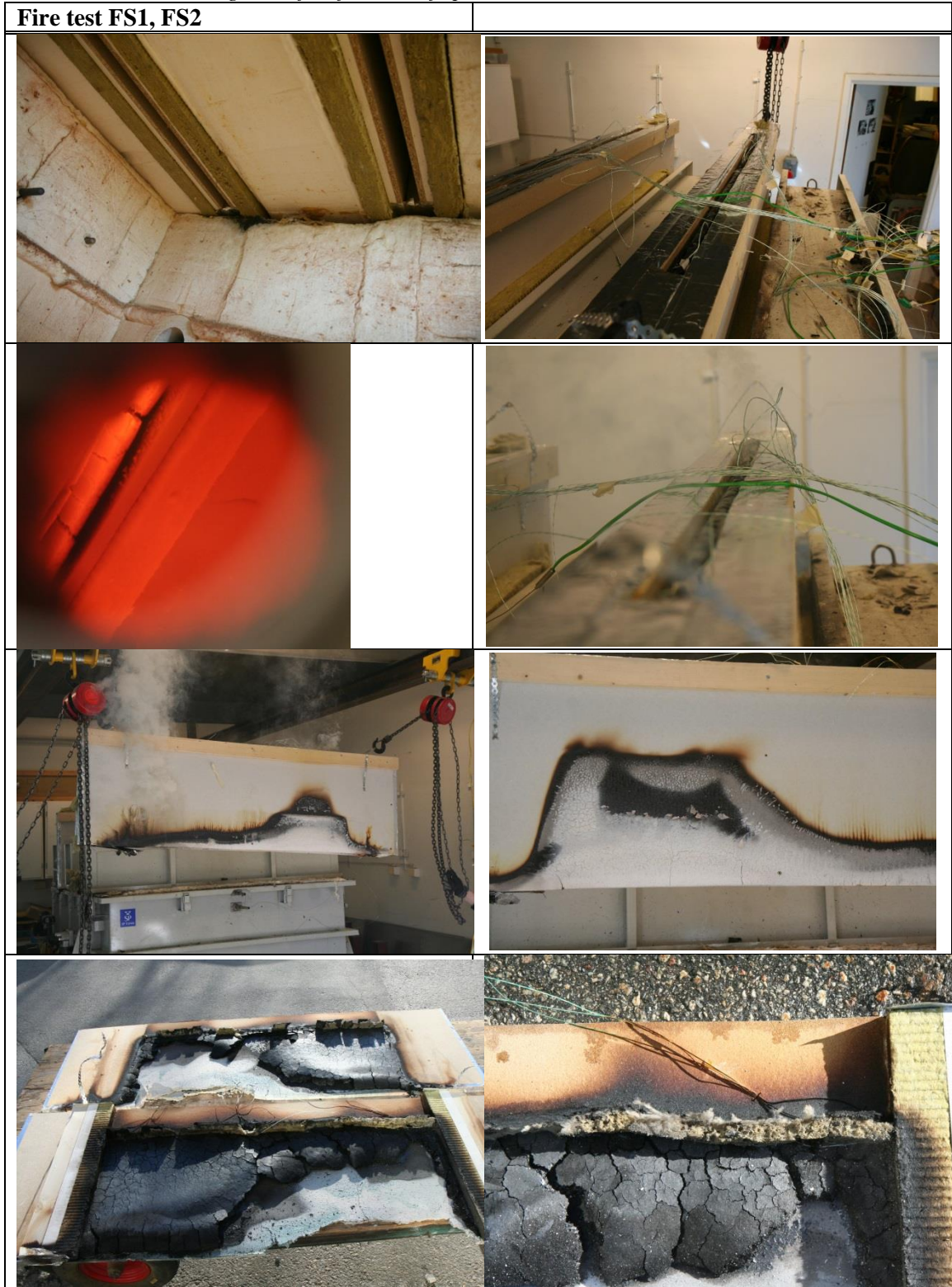
3.2.1 Tests FS1 and FS2

Building of the specimen FS1, FS2 is shown on the photos on Table 2. Pictures during and after test see Table 3. Temperature measurements see Figure 5 and Figure 6.

Table 2. Building of specimen FS1 and FS2.

FS1	FS2

Table 3. Photos during and after fire test of specimen FS1 and FS2.





Test results FS1, FS2

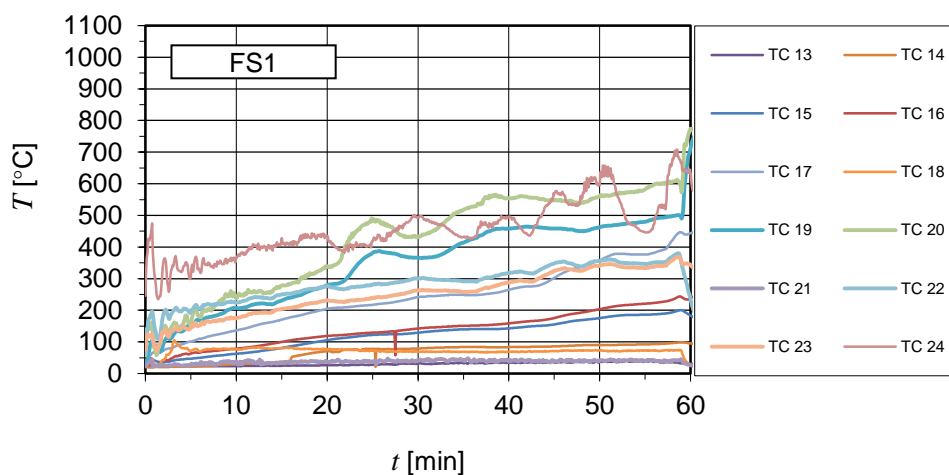


Figure 5. Temperature recording on specimen FS1.

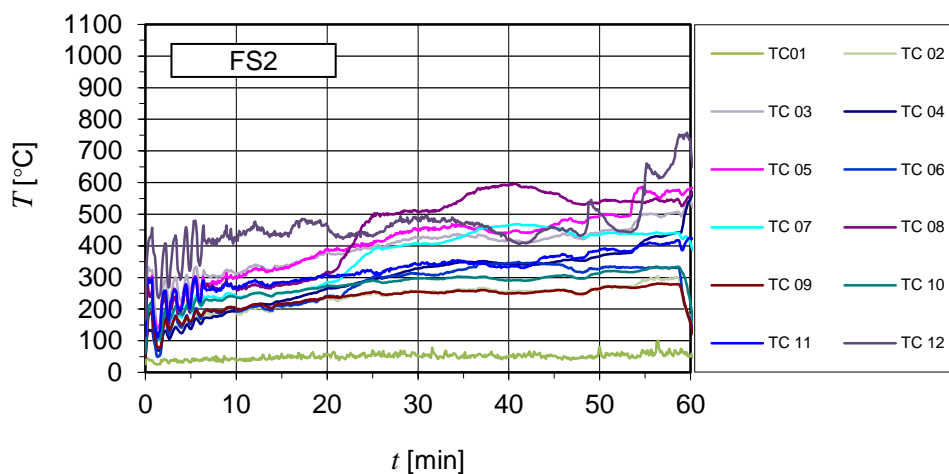


Figure 6. Temperature recording on specimen FS2.

3.2.2 Tests FS3 and FS4

Building of the specimen FS3, FS4 is shown on the photos on Table 4. Pictures during and after test see Table 5. Temperature measurements see Figure 7 and Figure 8.

Table 4. Building of specimen FS3 and FS4.

FS3	FS4

Table 5. Photos during and after fire test of specimen FS3 and FS4.

Fire test FS3, FS4	



Test results FS3, FS4

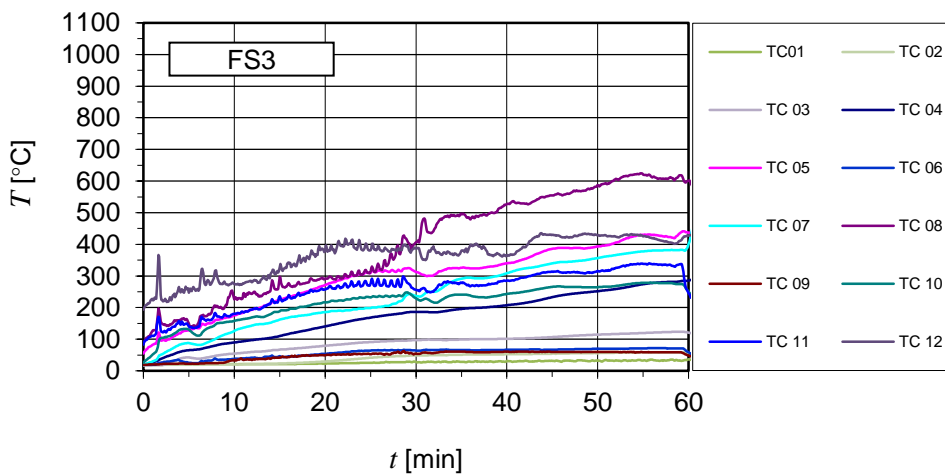


Figure 7. Temperature recording on specimen FS3.

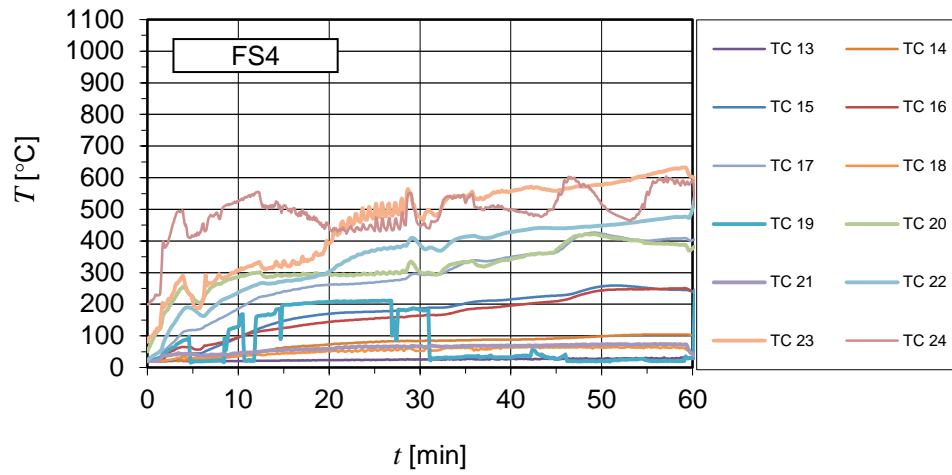


Figure 8. Temperature recording on specimen FS4.

3.3 Test serie 2

The test rig consists of two equal self-supporting test assemblies. Each test assembly had two cavities. The rig was placed on top of the horizontal furnace. All discontinuities were sealed with stone wool. The rest of the furnace top was closed by steel lockers.

The test assembly consisted of three timber studs (500 x 50 x 50 mm) providing a distance for cavity. These studs were protected by stone wool (density 133 kg/m³) from cavity side. This frame was covered by gypsum plasterboards (type F with thickness 15 mm) and wooden board on the cavity side.

Specimens for tests FS5 to FS8 were constructed with cavity width of 50 mm and cavity length 430 mm. Cavities had wooden surfaces.

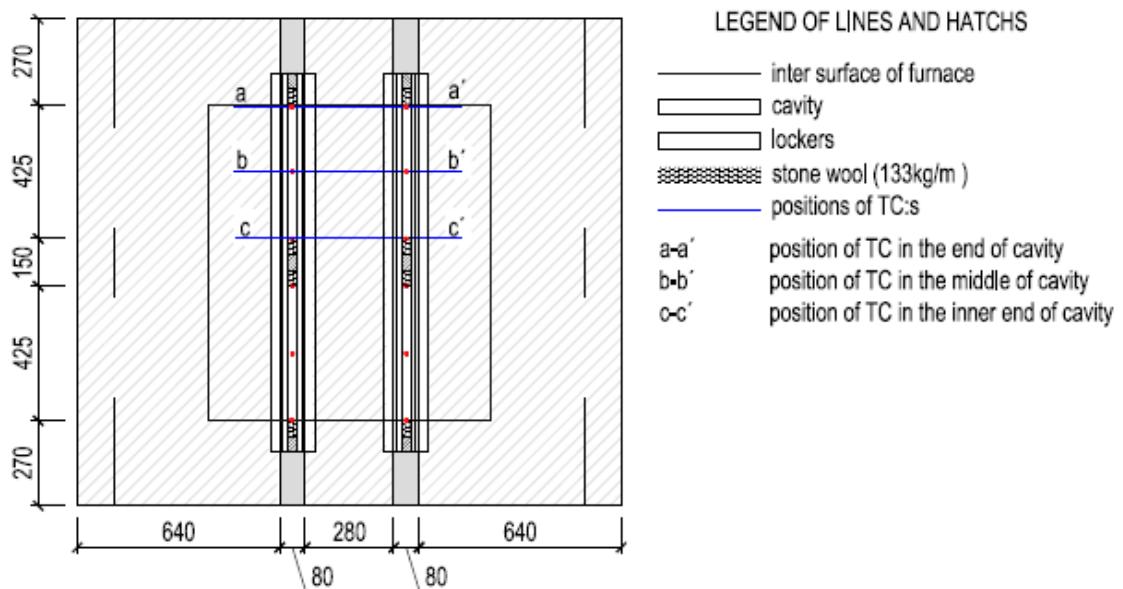


Figure 9. Plan of test assembly for specimens FS5 to FS8

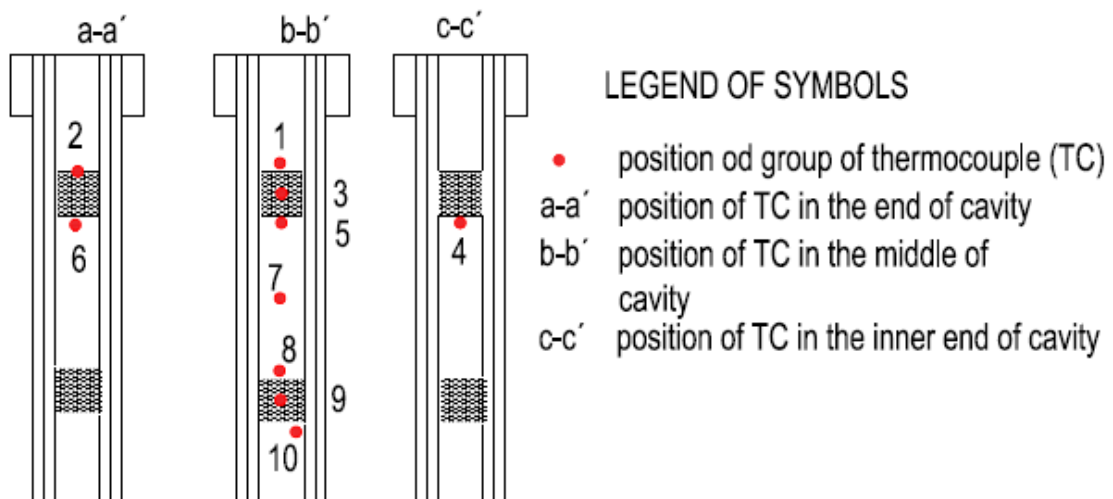


Figure 10. Section of test assembly for specimens FS5 to FS8

3.3.1 Tests FS5

Building of the specimen FS5 is shown on the photos on Table 6. Pictures during and after test see Table 8. Temperature measurements see Figure 11 to Figure 14.

Table 6. Building of specimen FS5.



Test results FS5

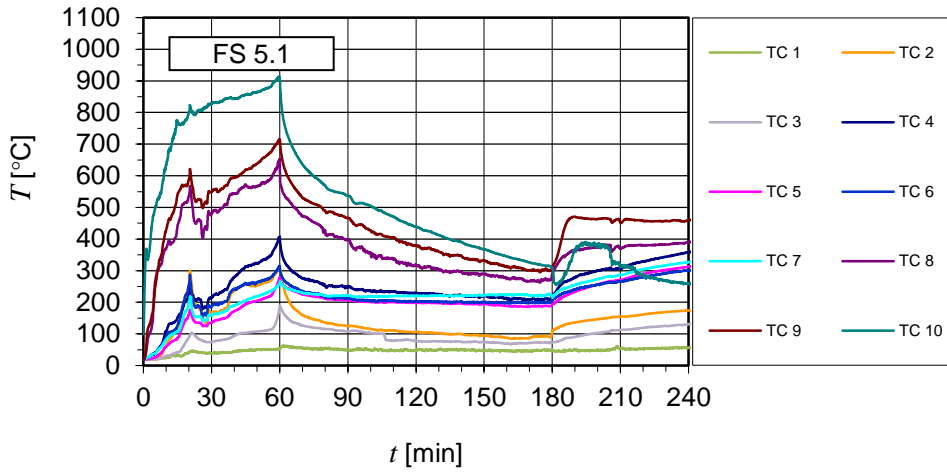


Figure 11. Temperature recording on specimen FS5.1 including post fire behaviour.

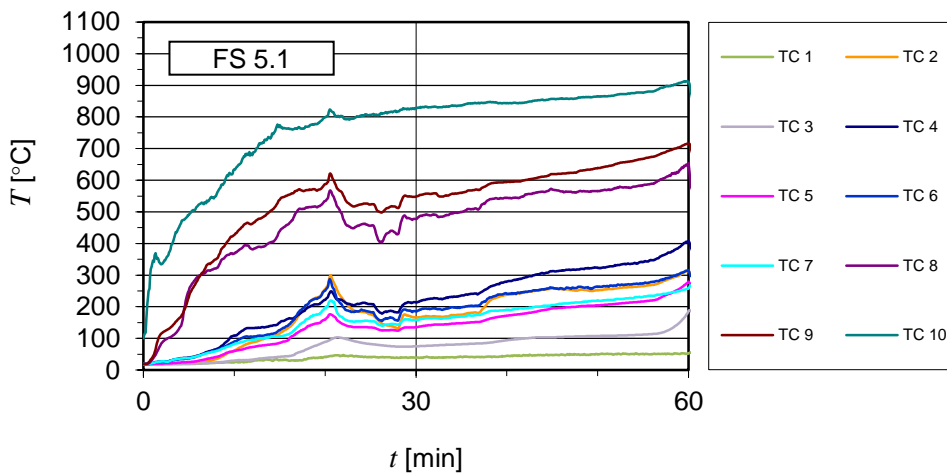


Figure 12. Temperature recording on specimen FS6.2 during 60 min fire.

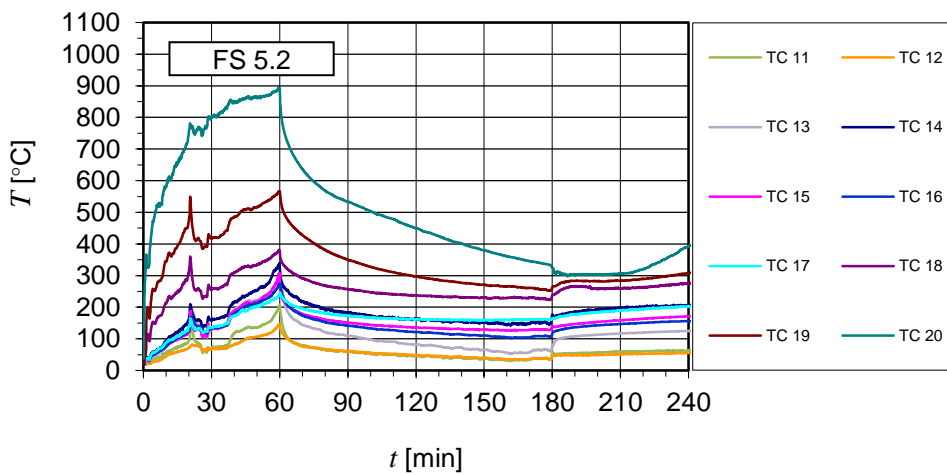


Figure 13. Temperature recording on specimen FS5.2 including post fire behaviour.

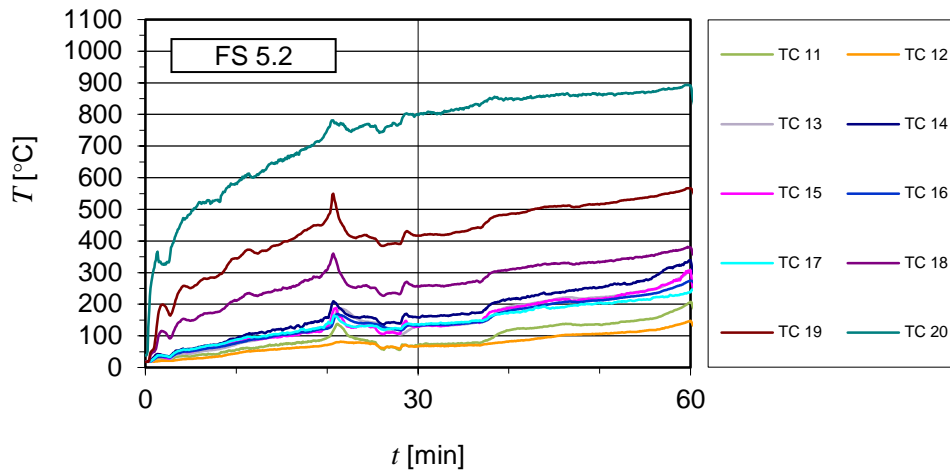


Figure 14. Temperature recording on specimen FS5.2 during 60 min fire.

3.3.2 Tests FS6

Building of the specimen FS6 is shown on the photos on Table 7. Pictures during and after test see Table 8. Temperature measurements see Figure 15 to Figure 18.

Table 7. Building of specimen FS6.



Table 8. Photos during and after fire test of specimen FS5 and FS6.





Test results FS6

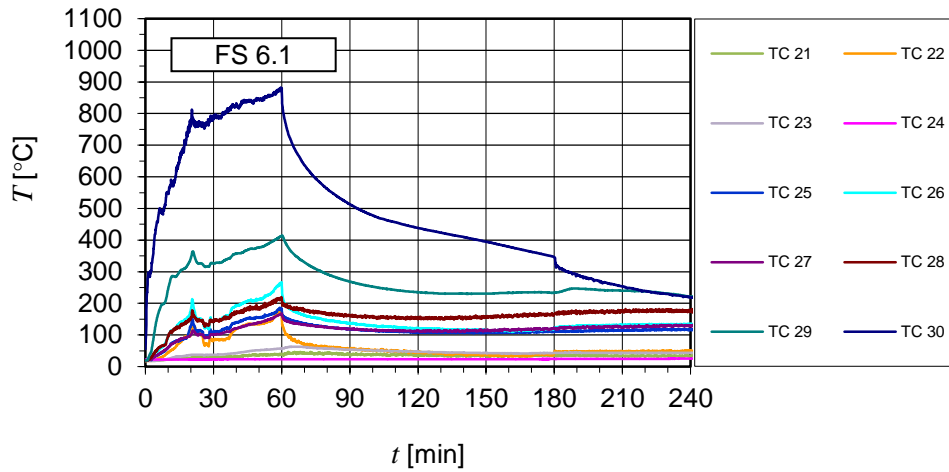


Figure 15. Temperature recording on specimen FS6.1 including post fire behaviour.

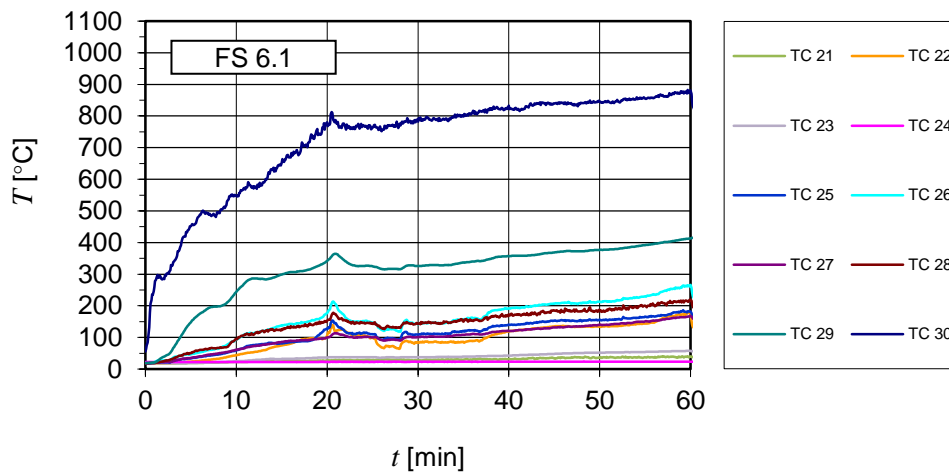


Figure 16. Temperature recording on specimen FS6.2 during 60 min fire.

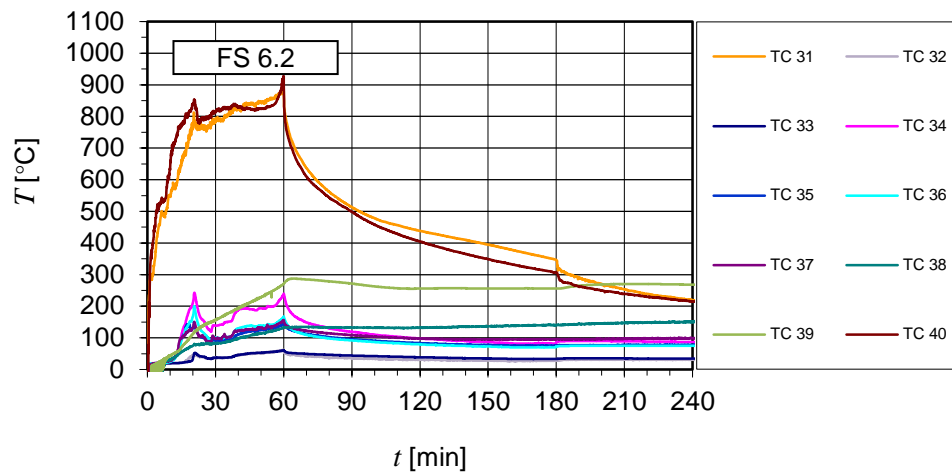


Figure 17. Temperature recording on specimen FS6.2 including post fire behaviour.

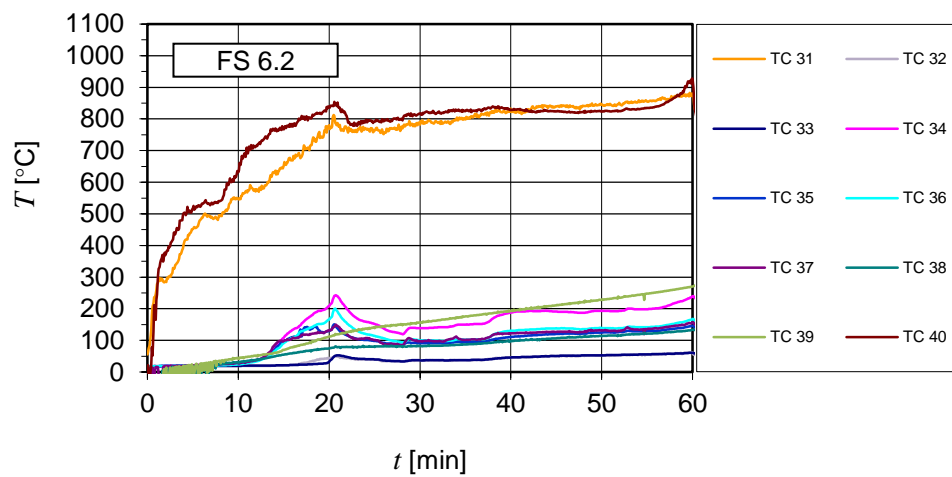


Figure 18. Temperature recording on specimen FS6.2 during 60 min fire.

3.3.3 Tests FS7

Building of the specimen FS7 is shown on the photos on Table 9. Pictures during and after test see Table 11. Temperature measurements see Figure 19 to Figure 22.

Table 9. Building of specimen FS7.



Test results FS7

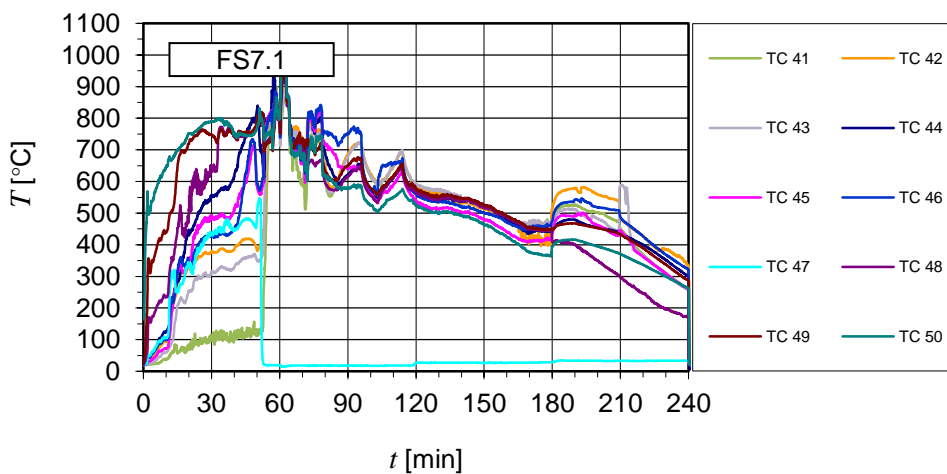


Figure 19. Temperature recording on specimen FS7.1 including post fire behaviour.

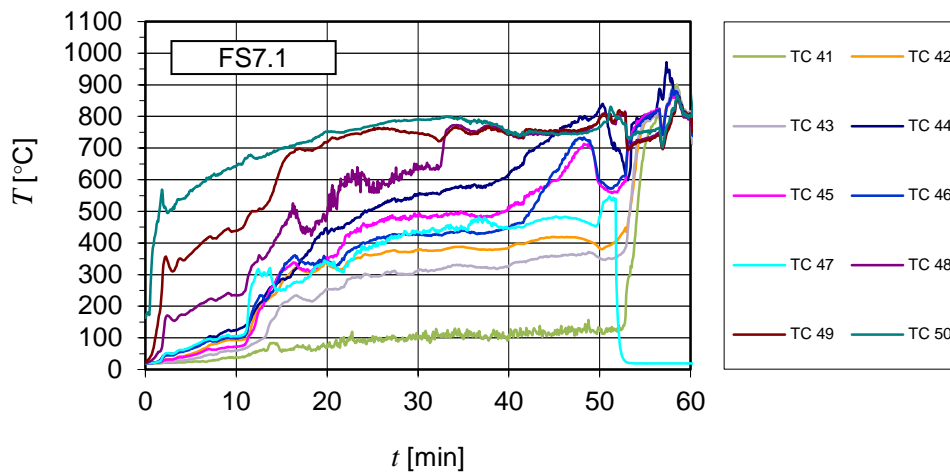


Figure 20. Temperature recording on specimen FS7.1 during 60 min fire.

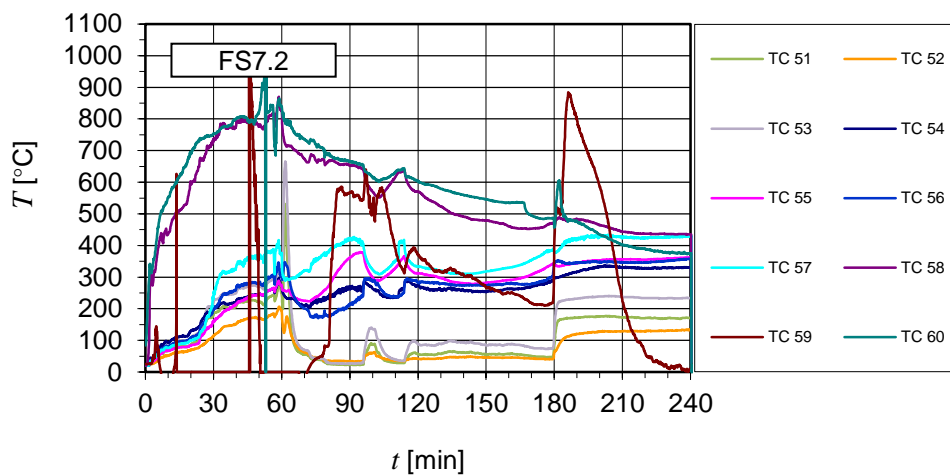


Figure 21. Temperature recording on specimen FS7.2 including post fire behaviour.

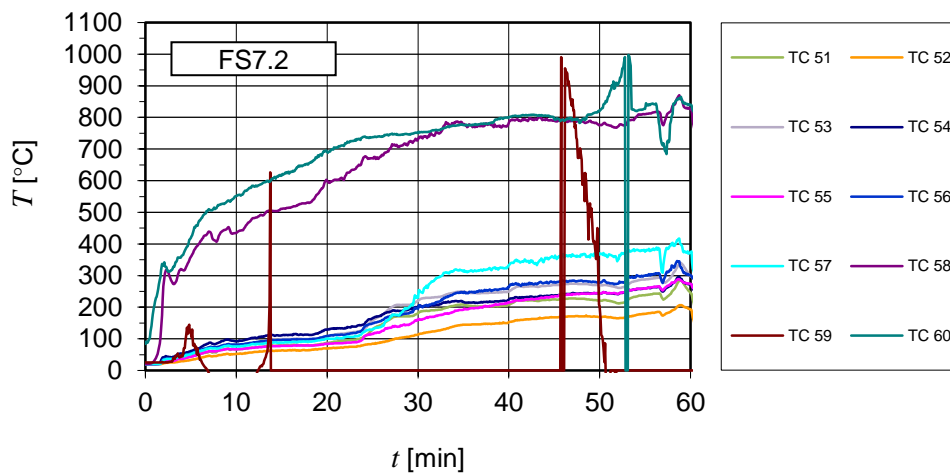


Figure 22. Temperature recording on specimen FS7.2 during 60 min fire.

3.3.4 Tests FS8

Building of the specimen FS8 is shown on the photos on Table 10. Pictures during and after test see Table 11. Temperature measurements see Figure 23 to Figure 26.

Table 10. Building of specimen FS8.



Table 11. Photos during and after fire test of specimen FS75 and FS8.





Test results FS8.1, FS8.2

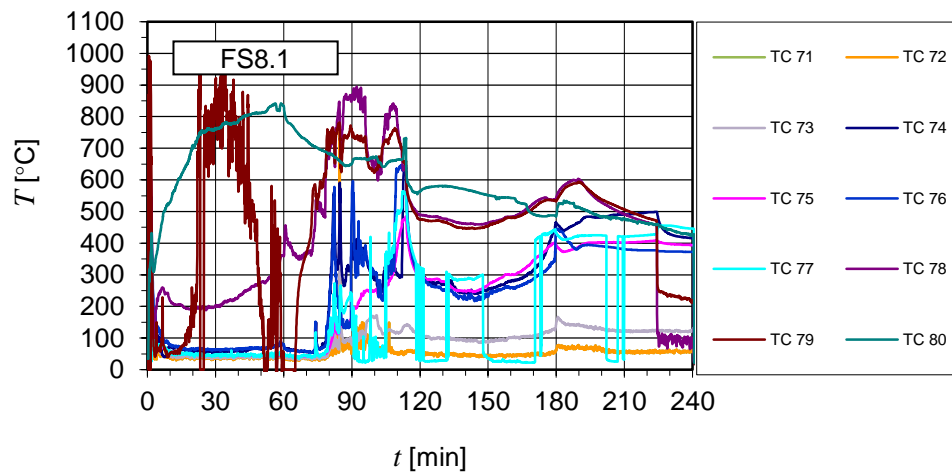


Figure 23. Temperature recording on specimen FS8.1 including post fire behaviour.

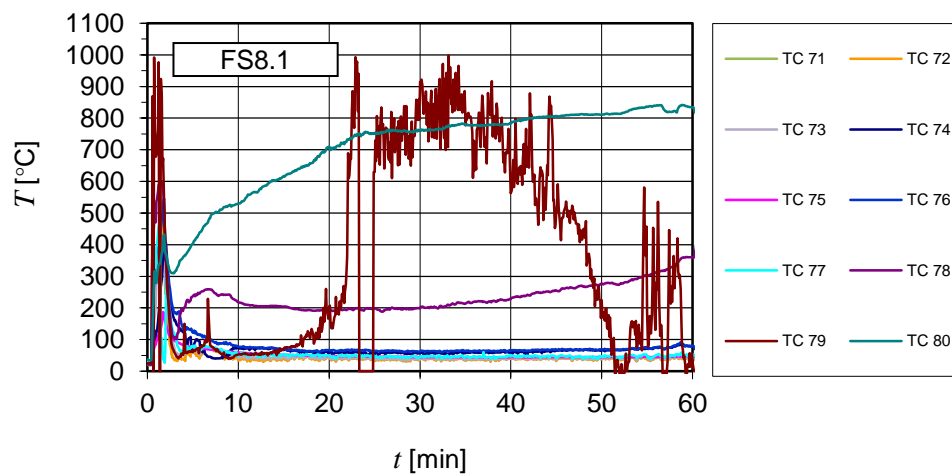


Figure 24. Temperature recording on specimen FS8.1 during 60 min fire.

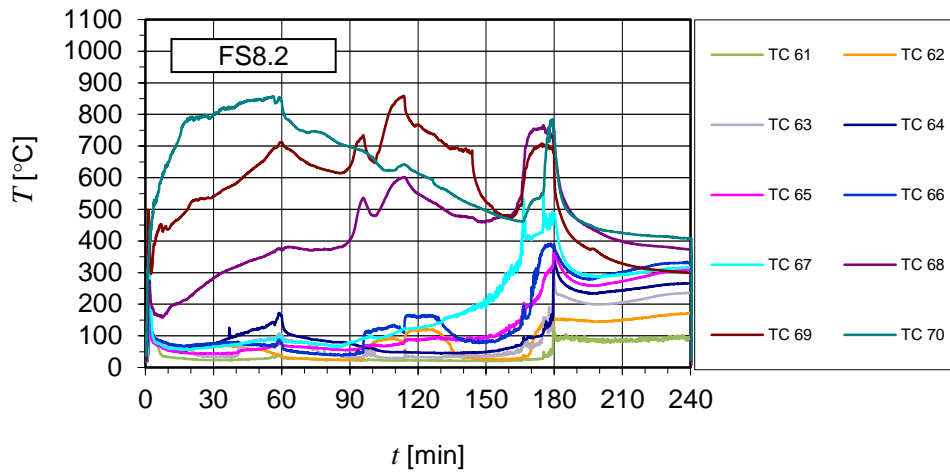


Figure 25. Temperature recording on specimen FS8.2 including post fire behaviour.

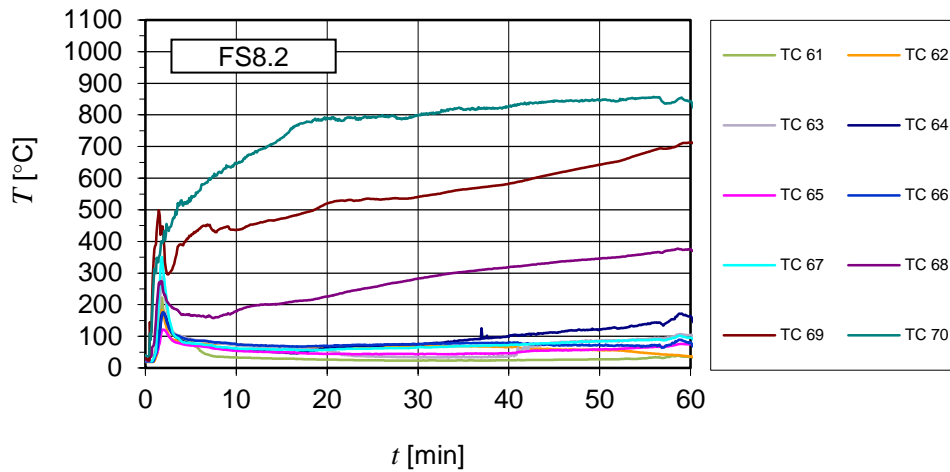


Figure 26. Temperature recording on specimen FS8.2 during 60 min fire.

4 Analysis and discussions

Following analyse includes the comparison of different fire stops based on previously described test results.

Comparison of temperatures in the middle of the cavity

Figure 27 shows the measured temperatures in the middle of the cavity, comparative for all the non-ventilated cavity barriers. Cavity with barriers of glass wool, dimensions 20x60 m² and wrapped in plastic, resulted in much higher temperature than the rest of the specimens. The reason to the abrupt decrease in temperature (from 550 to 50 °C) for FS7.1 may due to defecation of the thermocouple when stone wool was placed in the cavity.

FS6.1 and FS6.2 shows the lowest measured temperatures in the cavity and the curves follow approximately each other during the whole test.

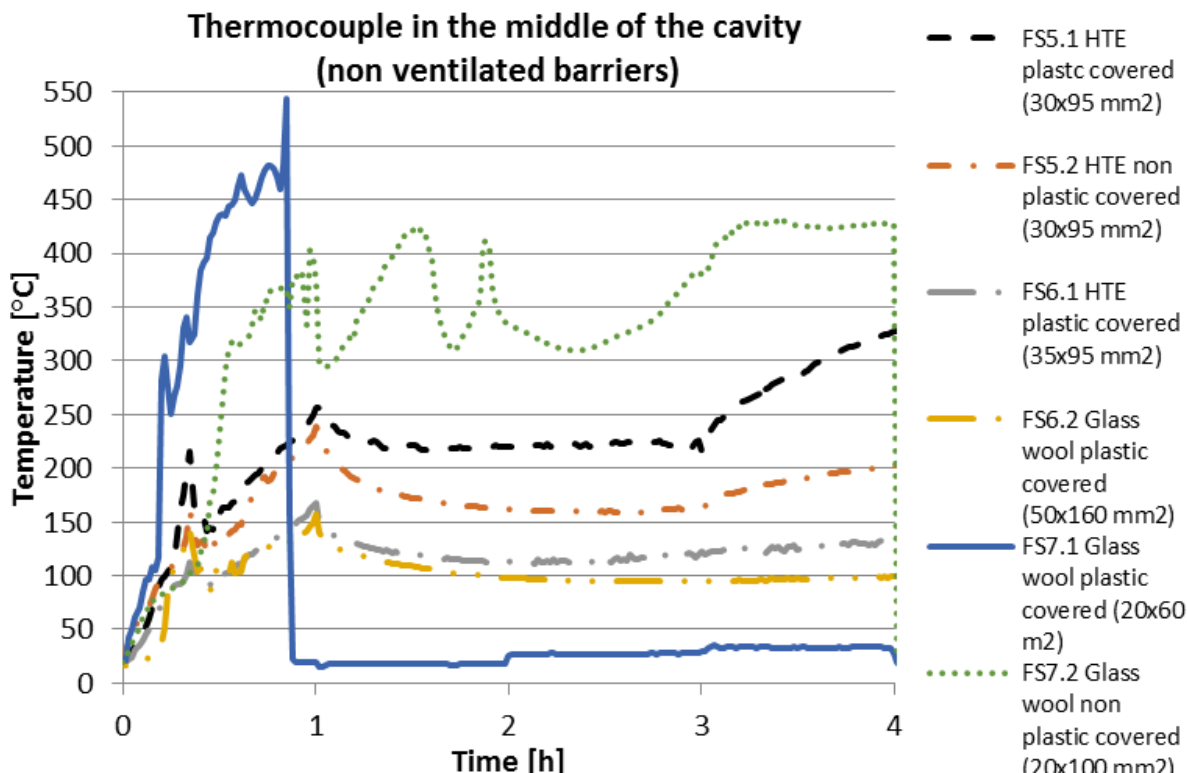


Figure 27. Temperatures in the middle of the cavities, position TC7.

For the ventilated cavity barriers, the measured temperatures in the middle of the cavity are presented in Figure 28. The temperature from the cavity with the intumescent mass with steel net, as barriers, shows a curve that fluctuates. Temperature increases and decreases back and forth during the whole test. One similarity is that the temperature increases directly in the beginning of the test.

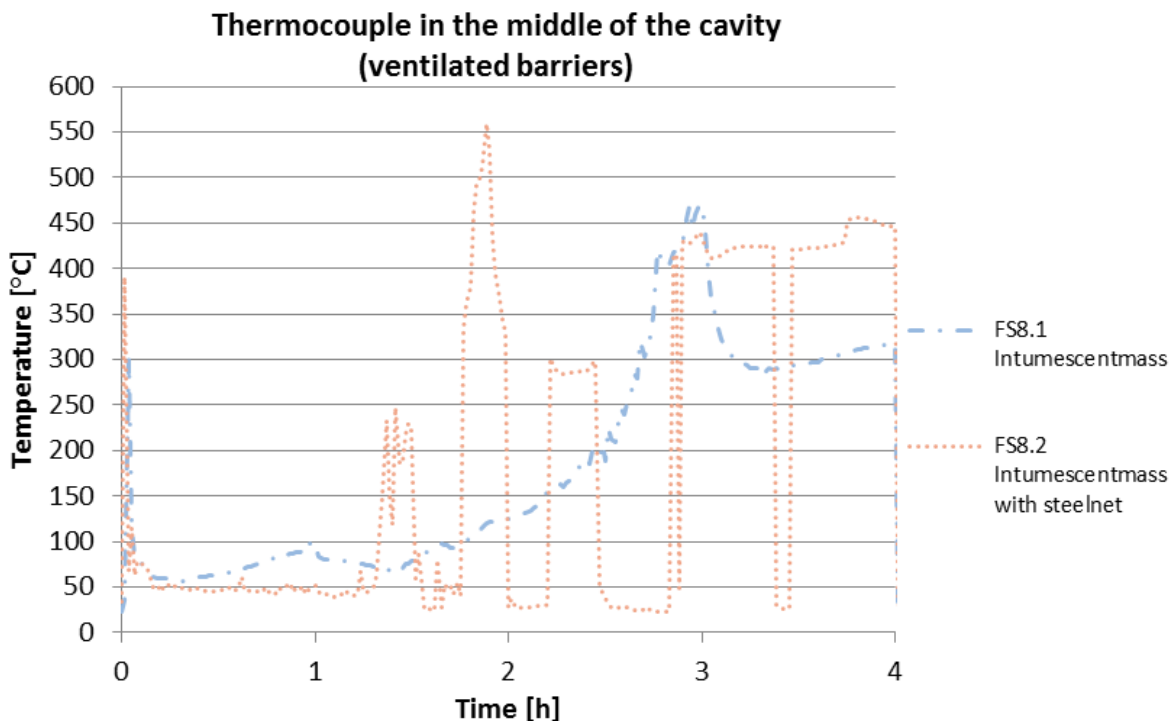


Figure 28. Comparison between measured temperatures in the middle of the cavity, at position TC7, for the cavity with intumescent mass and the one with intumescent mass with steel net.

HTE mineral wool with and without plastic cover

Comparison of temperature measurements for cavity barriers FS5.1 and FS5.2 is shown on Figure 29. The barriers are made of the same mineral wool. Difference between the materials of the barriers is the plastic cover; the material HTE has a plastic cover.

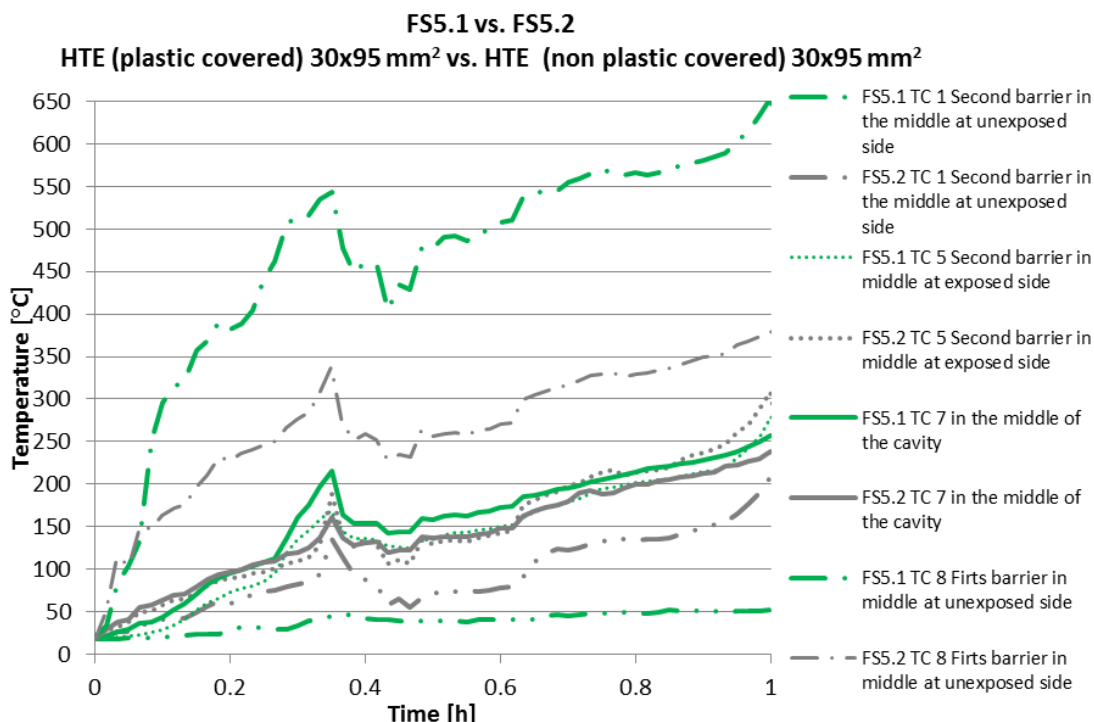


Figure 29. Comparison between FS5.1 and FS5.2 with the plastic cover as varying factor.

First cavity barrier of HTE mineral wool with plastic cover, resulted in higher temperatures on the unexposed side compared to the first cavity barrier of the same material without plastic cover.

Figure 30 presents the measured temperatures at the middle of the barrier at the unexposed side. The differences between the temperatures are 350 - 400 °C.

**Test FS4 HTE (plastic covered) vs. Test FS6.1 HTE (plastic covered)
In the middle of cavity barrier at unexposed side**

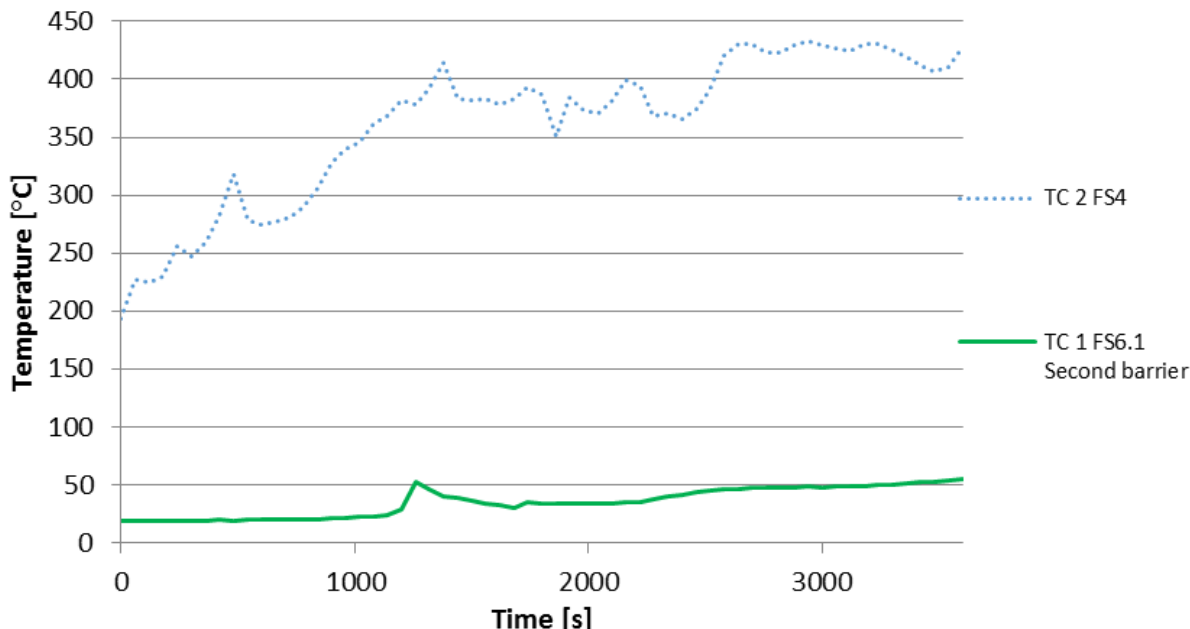


Figure 30. Comparison between cavity FS4 and FS6.1 at TC1.

In the middle of the cavity barriers the measured temperatures are shown in Figure 31. The temperatures from FS4 and FS6.1 follow each other during the first 15 minutes and then the temperature in FS6.1 peak 30 degrees. Furthermore, the temperature in FS3, middle if the barrier, is approximately the same during the whole test. The temperature differs with 10 °C from the start to the end of the test for FS4.

**Test FS4 HTE (plastic covered) vs. Test FS6.1 HTE (plastic covered)
In the middle of the cavity barriers**

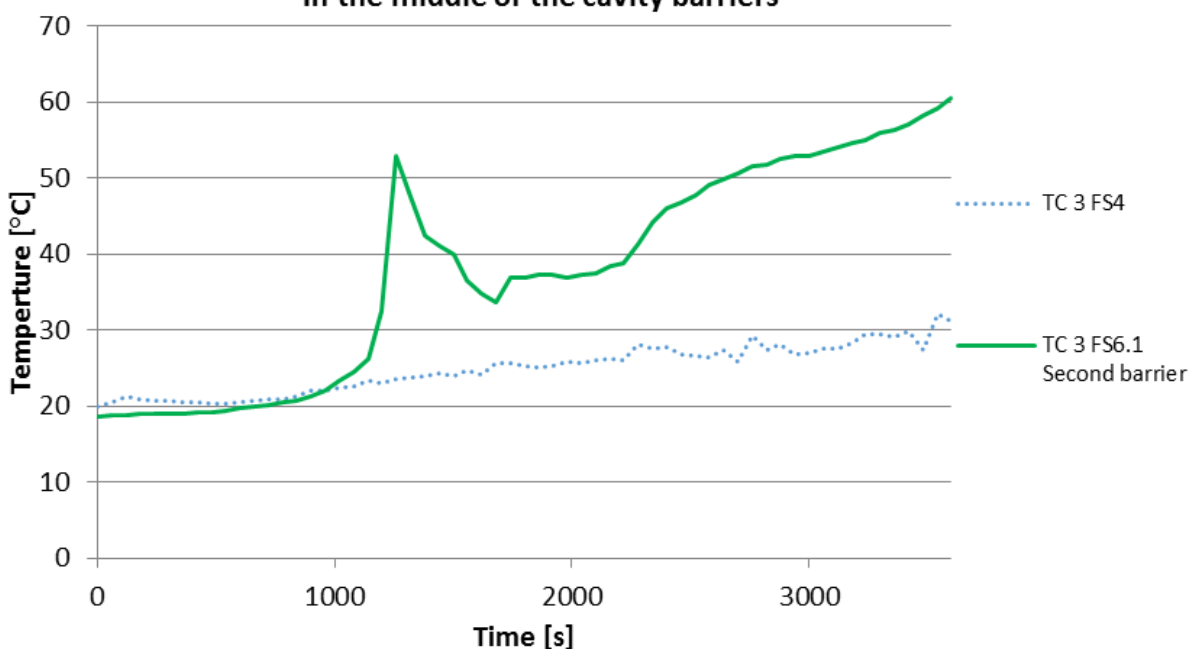


Figure 31. Comparison between cavity FS4 and FS6.1 at TC3.

Glass wool cavity barriers

Figure 32 presents the difference between the cavity barriers FS6.2 and FS7.1. Cavity barriers are made of glass wool with different cross section area. Cavity barriers are placed as U-shape. The barrier FS6.2 with cross section area of 50 x 160 mm² closes the cavity more efficient than the barrier with the cross section area of 20 x 50 mm².

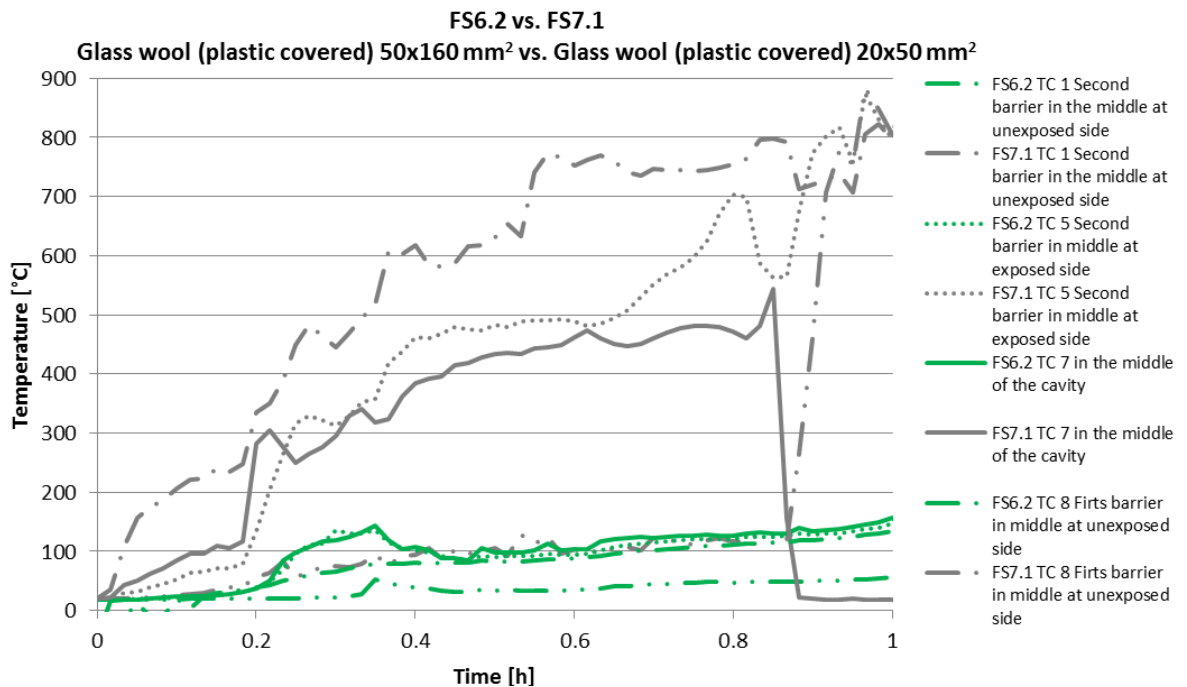


Figure 32. Comparison between FS6.2 and FS7.1 with the cross section area as varying parameter.

The sudden decrease of the measured temperature at position TC7 after approximately 50 minutes may due to a defection of the thermocouple. The temperature decrease of FS7.1 after 0,8 h is caused by closing the cavity with stone wool because of failure of the cavity barriers.

In Figure 33 the measured temperatures for the unexposed side on the middle of the barriers are presented. The temperature from FS3 follows the temperature for the second barrier more than the temperature from the first barrier in test FS6.2. The positions at the second barrier in FS6.2 show a lower temperature comparison to the temperature in FS3 due to the protective effect of the first barrier.

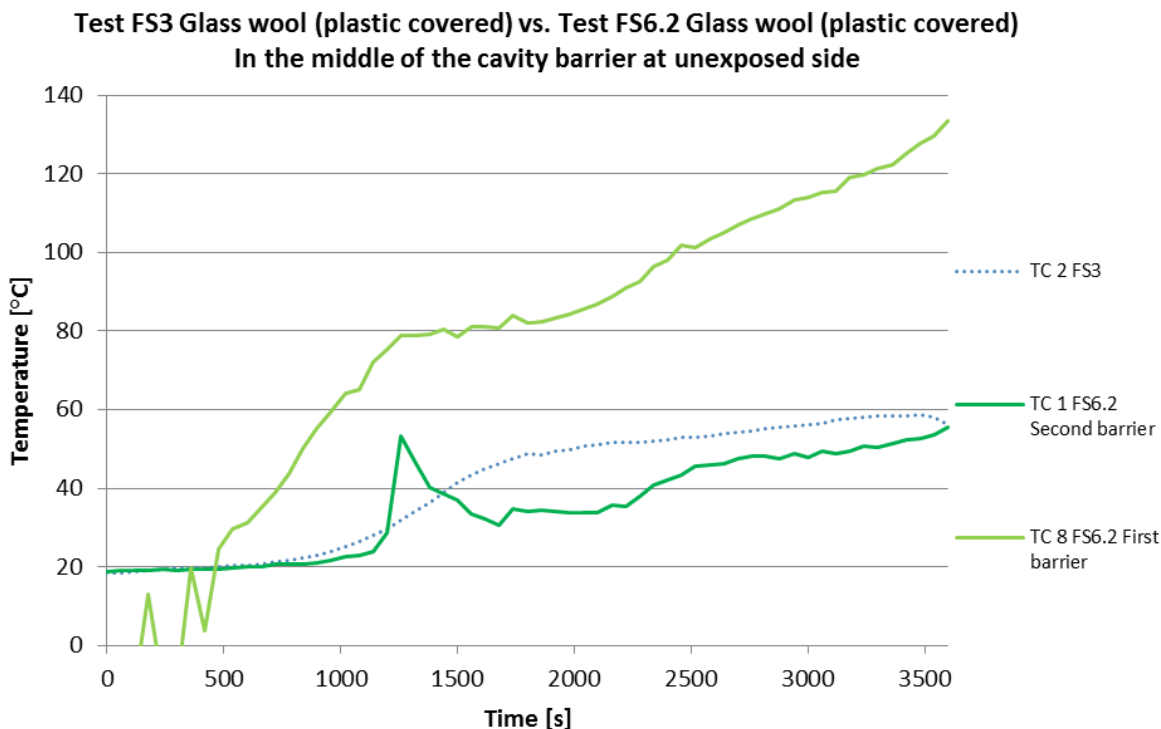


Figure 33. Comparison between cavity FS3 and FS6.2 at TC1 and TC8.

The measured temperatures in the middle of the cavity are presented in Figure 34. The temperature between two barriers shows a higher value than the test with one barrier.

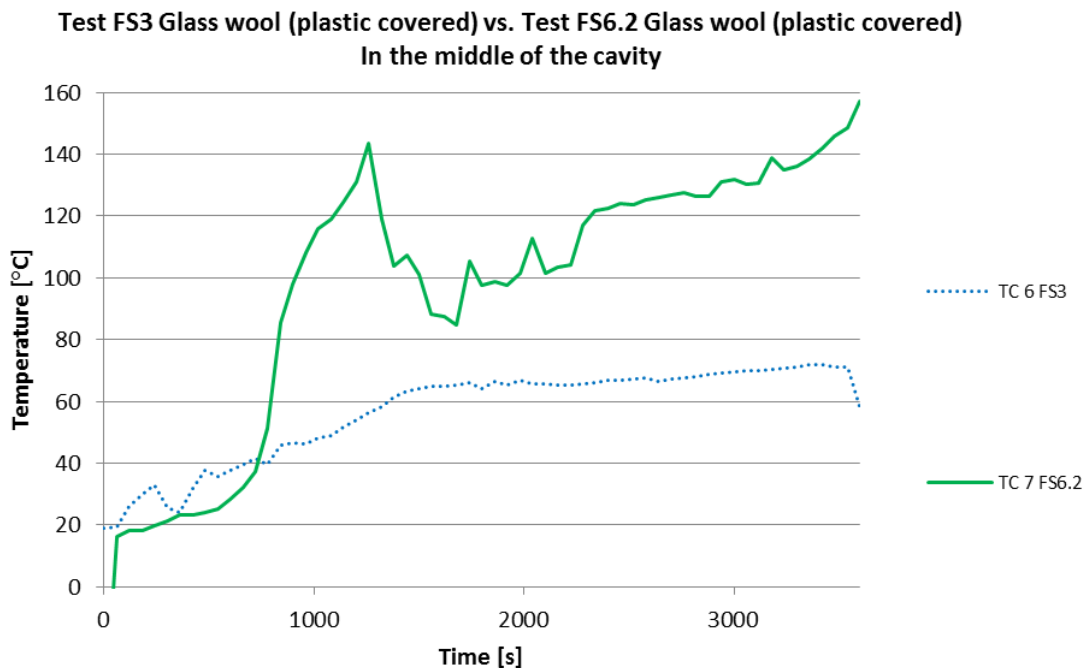


Figure 34. Comparison between cavity FS3 and FS6.2 at TC7.

Intumescent cavity barriers

Figure 35 shows the comparison between two intumescent cavity barriers. The intumescent mass result in a lower temperature during the test compared to the intumescent mass with steel net. The temperature in FS8.1 shows more legible curves, they vary not as much as the intumescent mass with steel net.

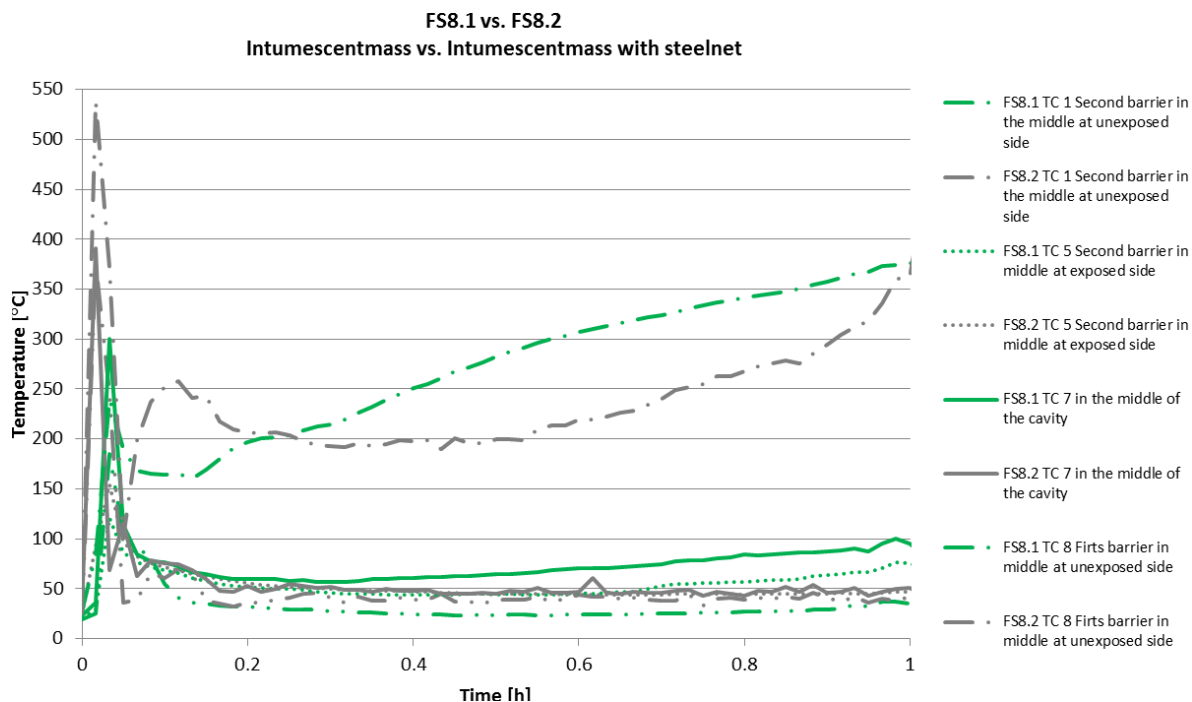


Figure 35. Comparison between cavity FS8.1 and FS8.2, the intumescing mass compared to the intumescing mass with steel net.

**SP Technical Research Institute of Sweden
Wood Building Technology**

Performed by

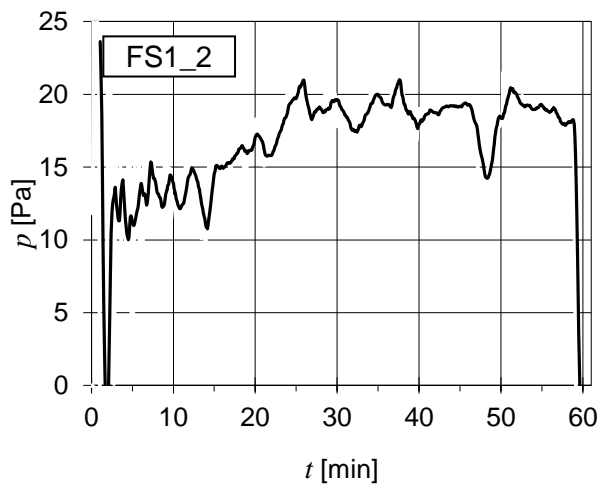
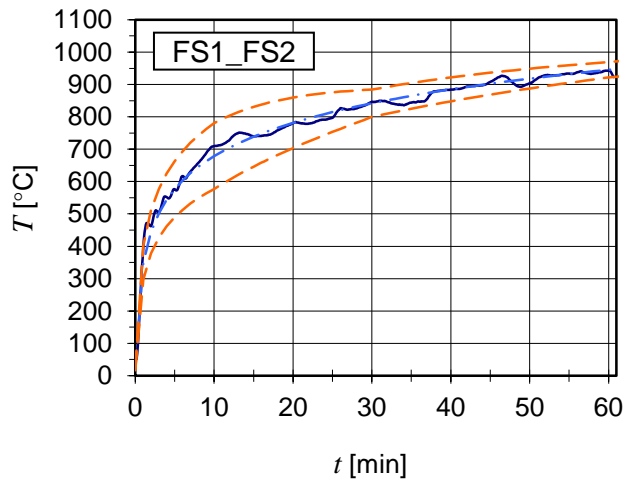
Checked by

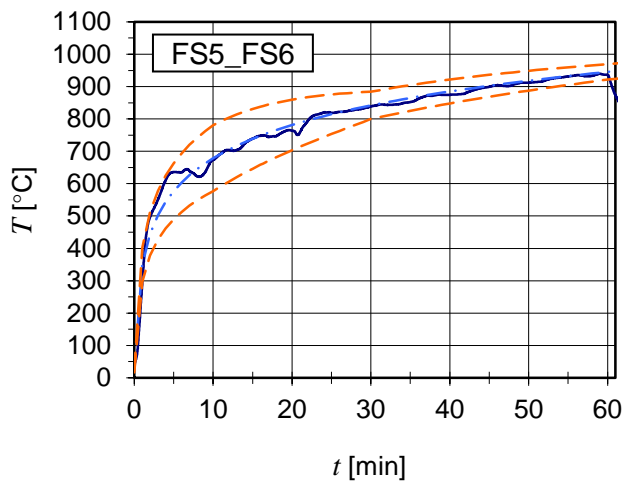
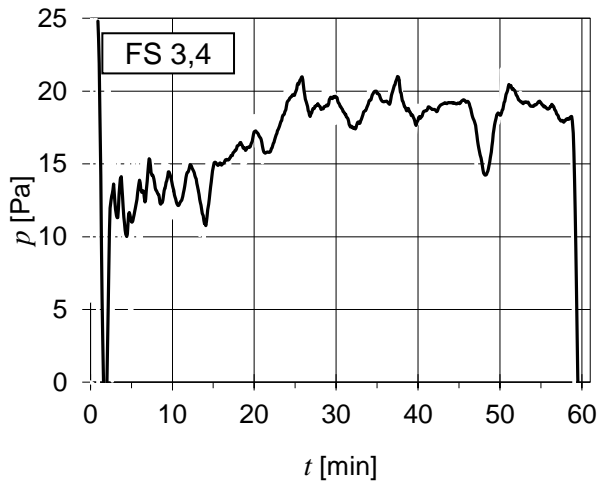
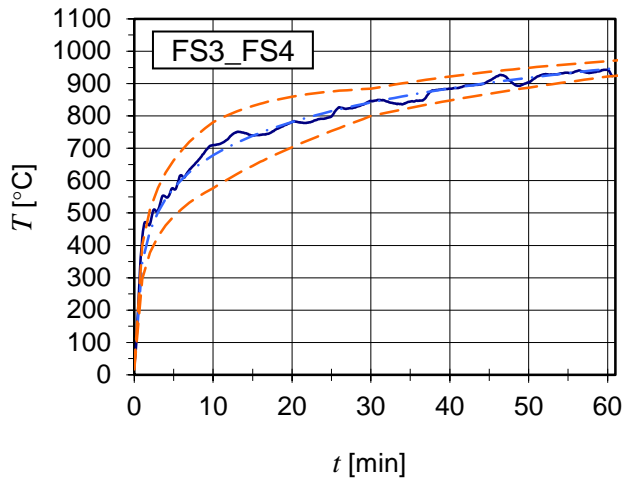
Alar Just
Researcher

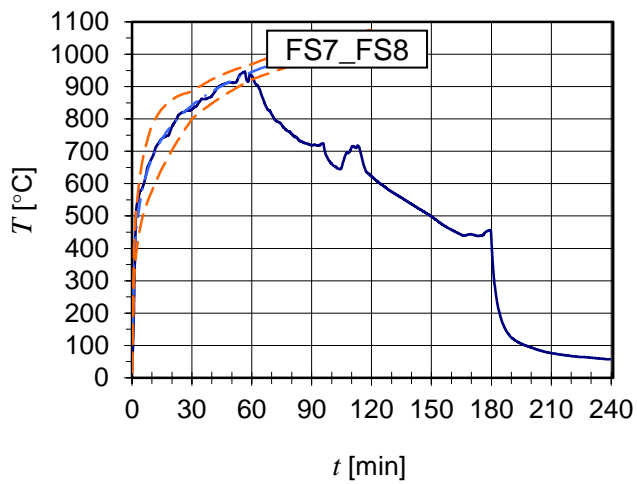
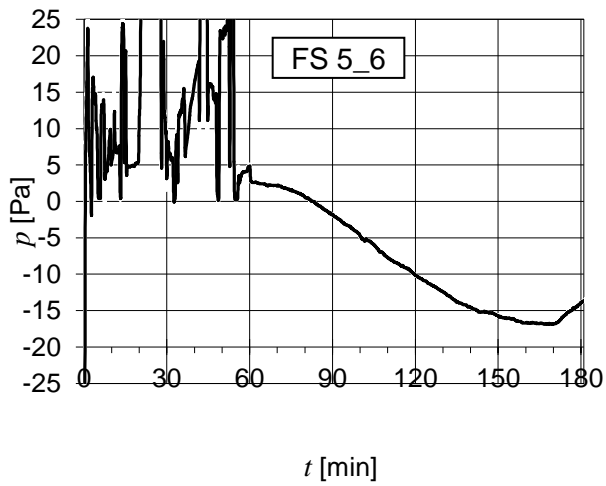
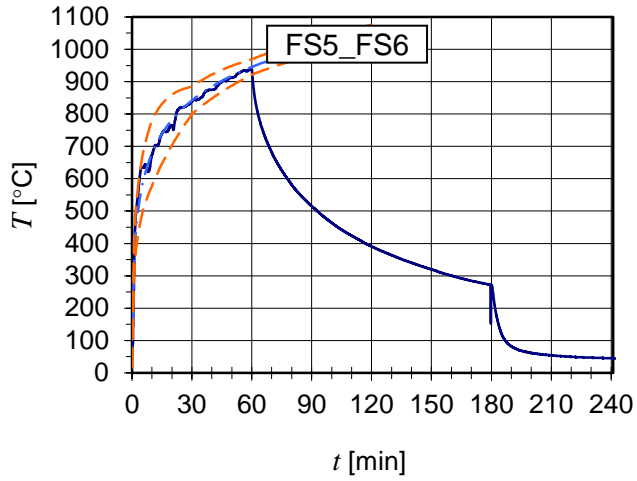
Karin Sandberg
Section manager

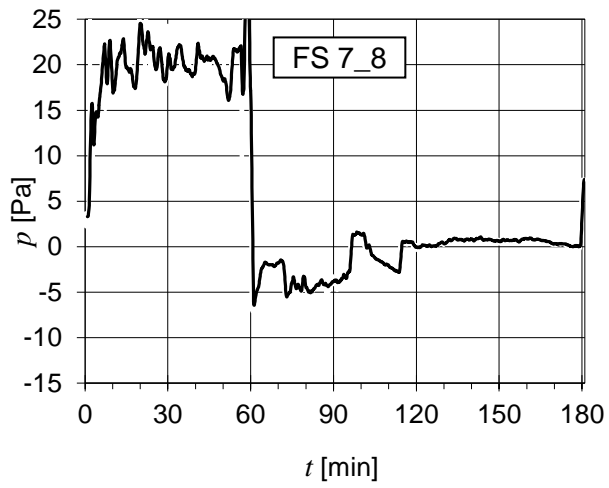
Appendices

Annex A. Furnace data











SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM

Telefon: 010-516 50 00

E-post: info@sp.se, www.sp.se

SP Hållbar Samhällsbyggnad

SP Rapport 2016:79

ISSN 0284-5172

SBUF stödjer
forskning & utveckling

som leder till
praktisk handling