



Ocelobetonové stropní konstrukce vystavené požáru

Ověření návrhu podle EN 1994-1-3



Obsah lekce

- **Cíle zkoušek**
- **Zkoušky v rámci projektů**
 - FRACOF - nominální normová křivka
 - COSSFIRE - nominální normová křivka
 - FICEB – prolamované nosníky
- **Uspořádání zkoušek**
- **Výsledky zkoušek**
 - Teploty
 - Průhyby
- **Analýza výsledků**
- **Ověření jednoduché návrhové metody**
- **Shrnutí**



Proč další zkoušky

Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
CROSSFIRE
FICEB

Uspořádání zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

- **Podklady**
 - **Požární zkoušky v Cardingtonu**
 - Dobré chování při přirozeném požáru
 - Nejvyšší teplota ocelového nosníku 1150 °C,
 - Pro požár 60 min teplota konstrukce nad 800°C
 - Konstrukční řešení pro Velkou Británii
- **Ověření**
 - Chování pro pomalé požáry nad 90 min
 - Chování pro nominální normovou teplotní křivku
 - Konstrukčních detailů běžných v kontinentální Evropě
 - Nástrojů na požární návrh konstrukce



Zkouška FRACOF



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů

FRACOF

COSSFIRE

FICEB

Uspořádání zkoušek

Výsledky zkoušek

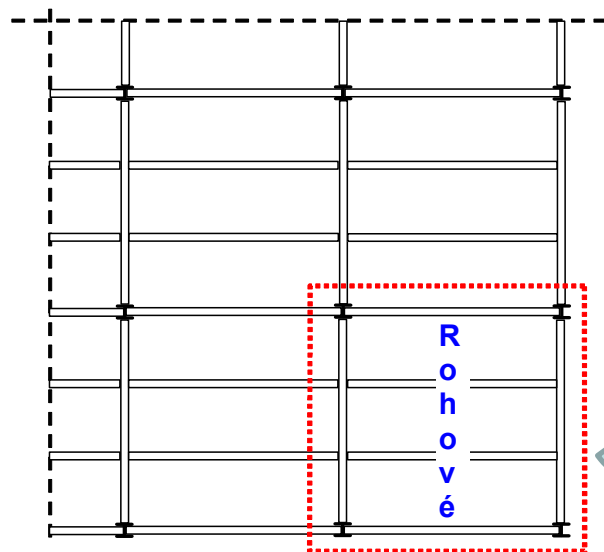
Teploty

Průhyby

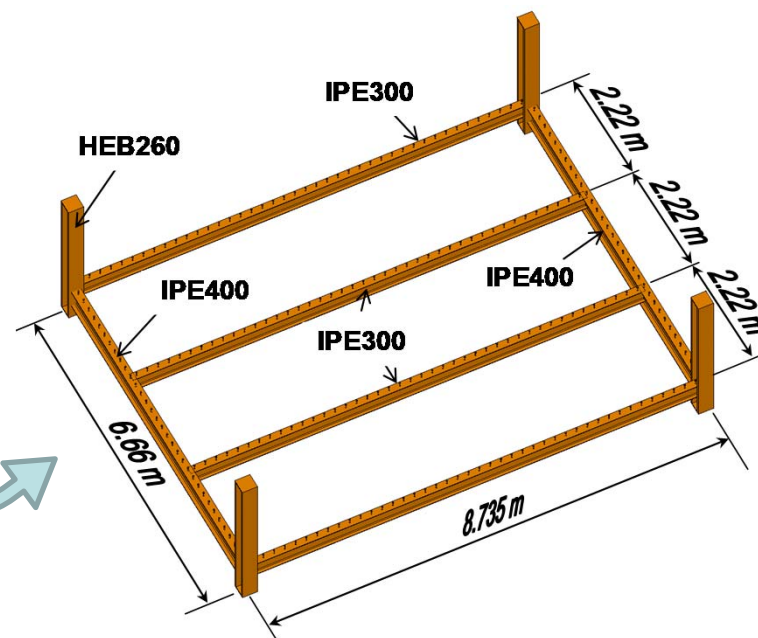
Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



Na konstrukci



Zkoušeno



Zkouška COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů

FRACOF

COSSFIRE

FICEB

Uspořádání zkoušek

Výsledky zkoušek

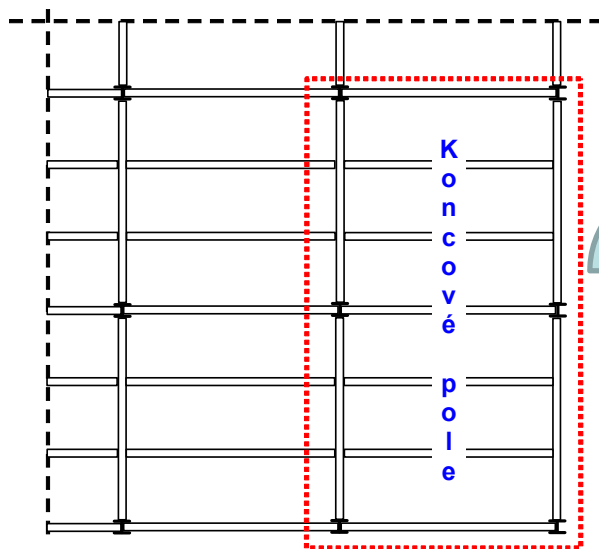
Teploty

Průhyby

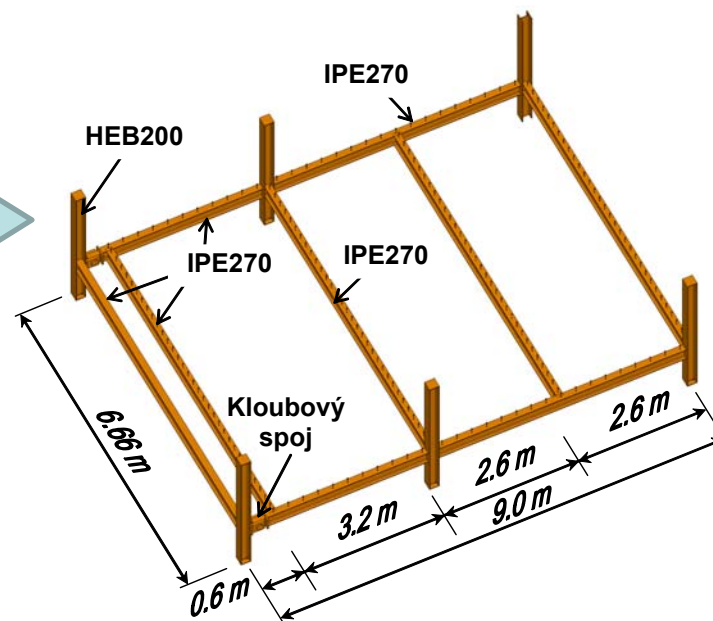
Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



Na konstrukci



Zkoušeno



Návrh zkoušek

Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů

FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání zkoušek

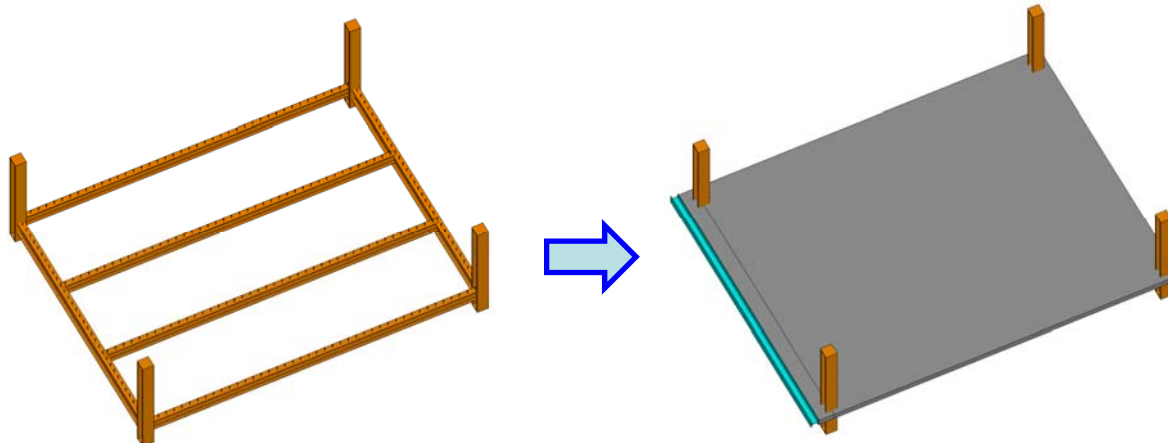
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

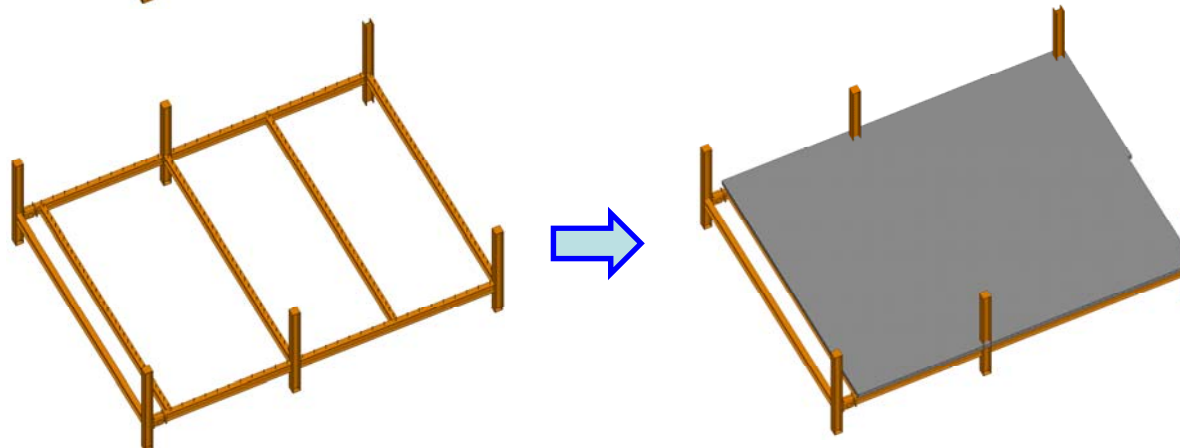
Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

**Zkouška
FRACOF**



**Zkouška
COSSFIRE**





Návrh konstrukčních prvků



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

- **Ocelobetonová konstrukce**
 - Nosníky
 - **EN1994-1-1**
 - Sloupy
 - **EN1993-1-1 a EN1994-1-1**
- **Stropní ocelobetonová konstrukce**
 - Tloušťka
 - **Požadavek na izolaci mezi požárními úseky EN1994-1-2**
 - Výztužná síť
 - **Jednoduchá pravidla**
- **Spoje**
 - Tradiční řešení – krátkou čelní deskou, úhelníky na stojině
 - **EN1993-1-8**



Spřažení trny



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

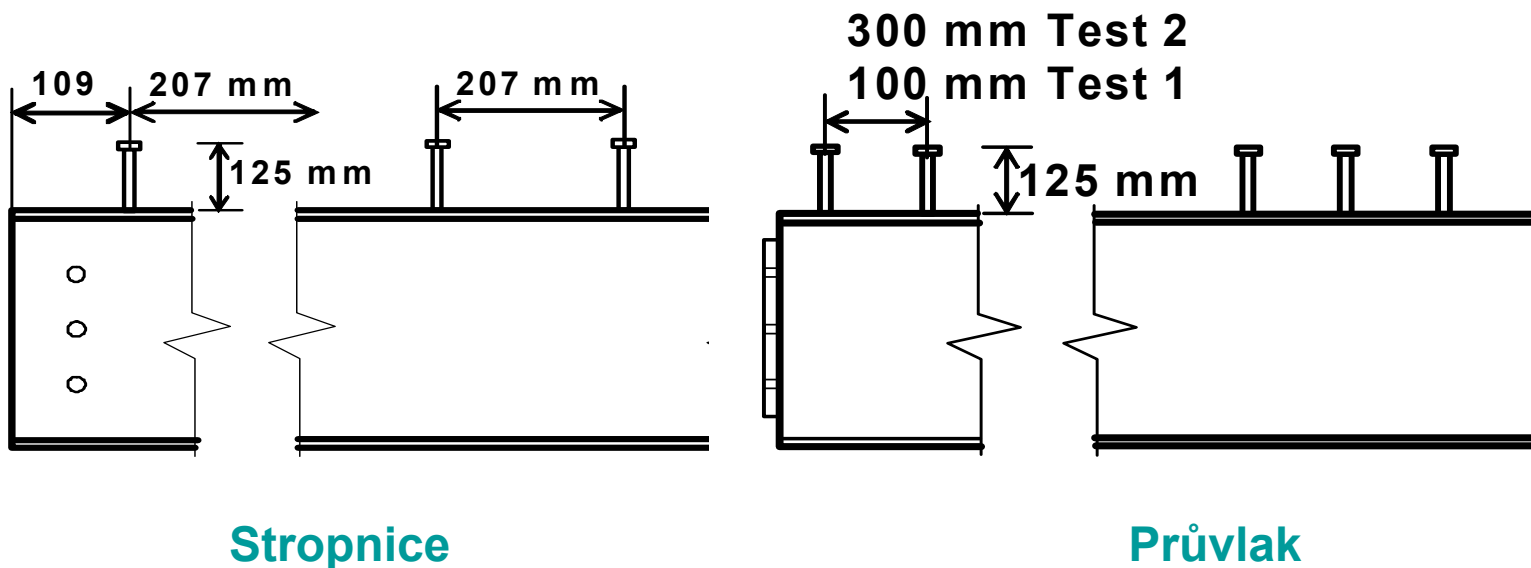
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

- Rozložení na nosníku**



- Spřahovací trny**

- TRW Nelson KB 3/4" – 125
 $\phi = 19\text{ mm}$; $h = 125\text{ mm}$; $f_y = 350\text{ N/mm}^2$; $f_u = 450\text{ N/mm}^2$



Spoje



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

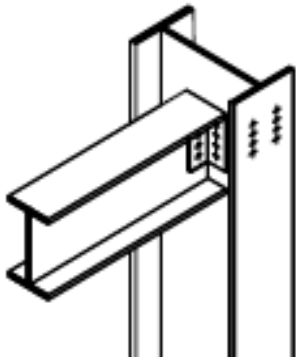
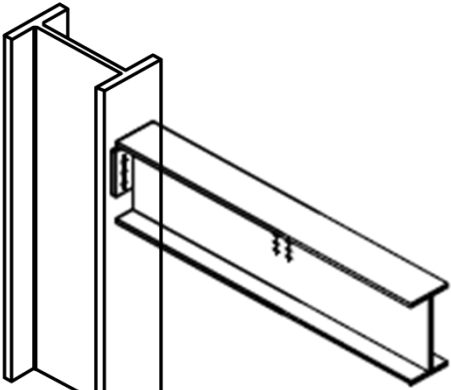
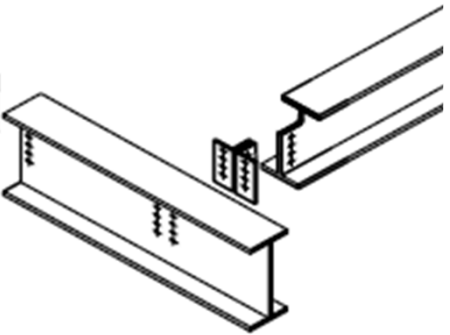
**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

Nosníku na sloup		Nosníku na nosník
Průvlak	Stropnice	
Dvojití úhelníků	Krátkou čelní deskou	Dvojití úhelníků
		

Šrouby M20, 8.8



Ocelobetonová deska



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

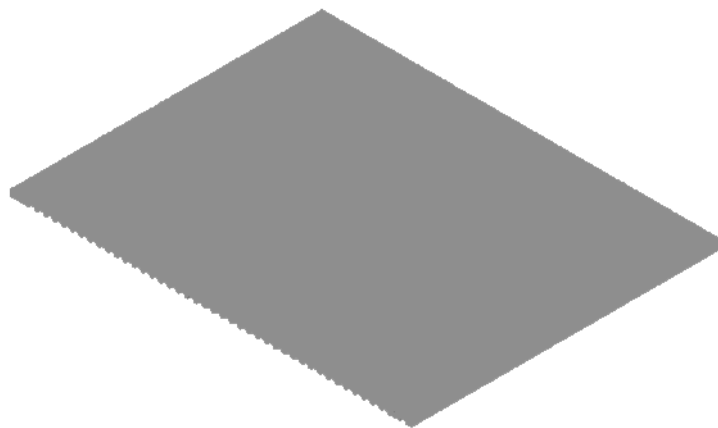
**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

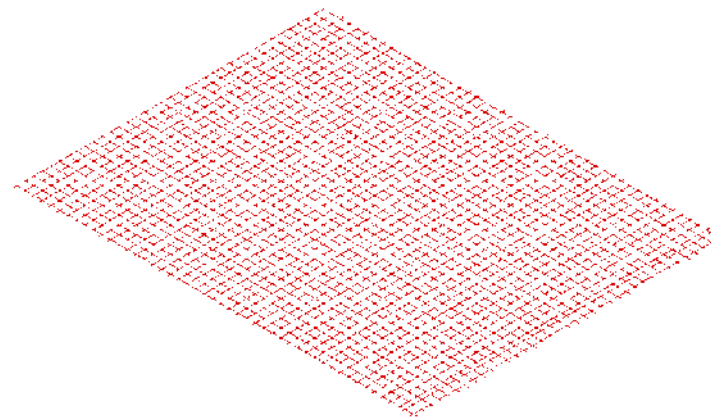
Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

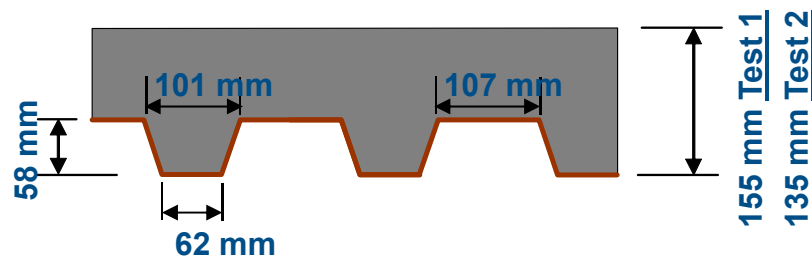
Shrnutí



Deska



Výztužná síť



Trapézový plech COFRAPLUS60 – 0.75 mm
Beton C30/37

Rozměry 150x150

Průměr 7 mm

Ocel S500

**Vzdálenost
od horního povrchu:**

- 50 mm FRACOF
- 35 mm COSSFIRE



Mechanické zatížení



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

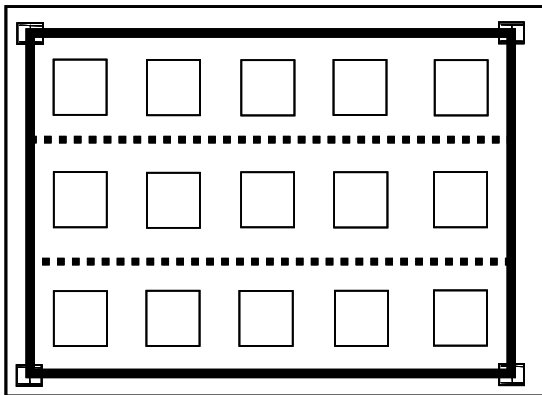
**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

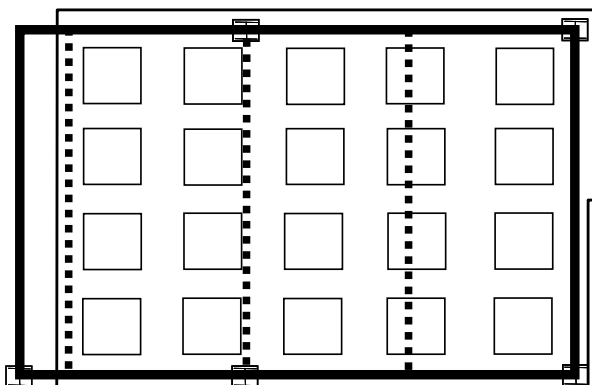


FRACOF



**15 pytlů po
1512 kg**

**Odpovídá
390 kg/m²**



COSSFIRE



**20 pytlů po
1098 kg**

**Odpovídá
393 kg/m²**



Příprava zkoušky COSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

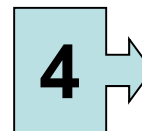
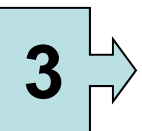
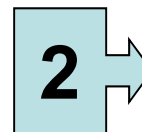
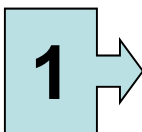
**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Stropní konstrukce při požáru



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

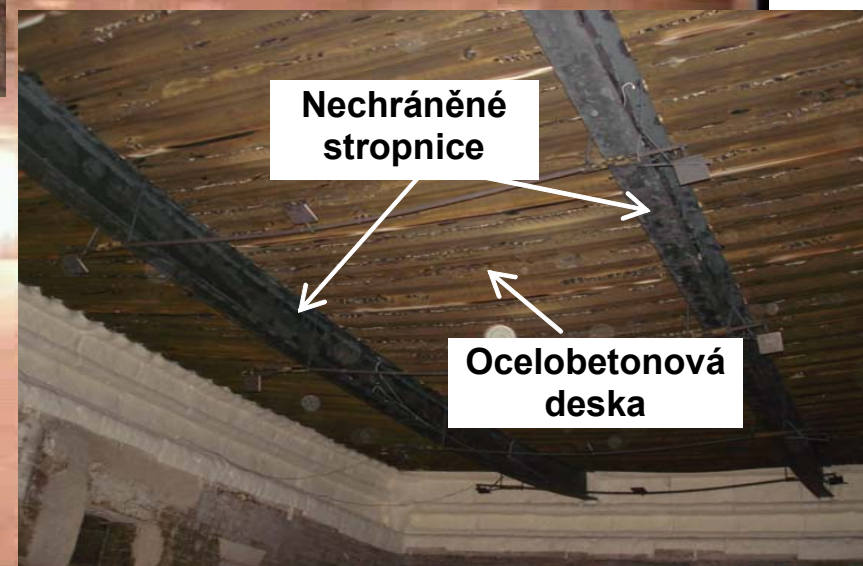
Shrnutí



Po požáru



Před požárem



Nechráněné
stropnice

Ocelobetonová
deska



Zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

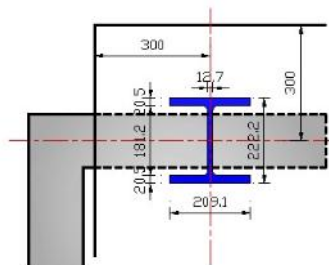
Uspořádání zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

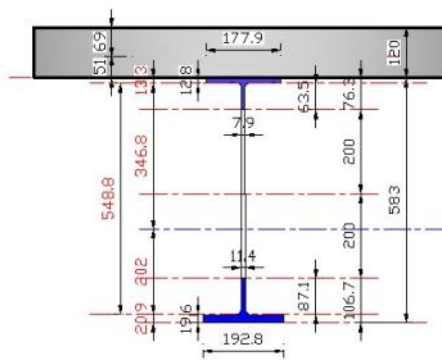
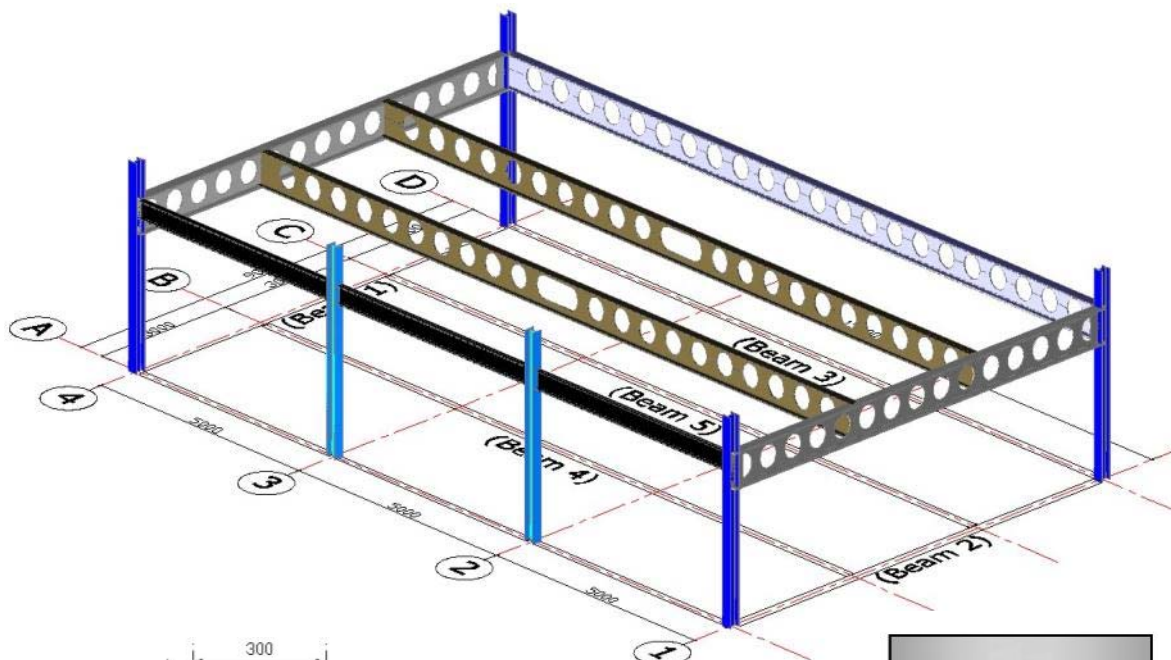
Analýza výsledků

Ověření jednoduché návrhové metody

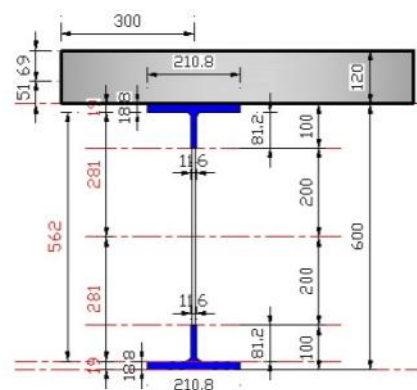
Shrnutí



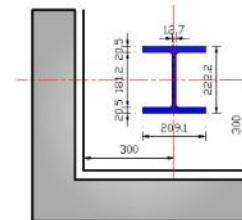
Sloup GL-A



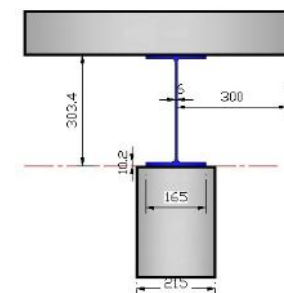
Nosník 3-4-5



Nosník 1-2



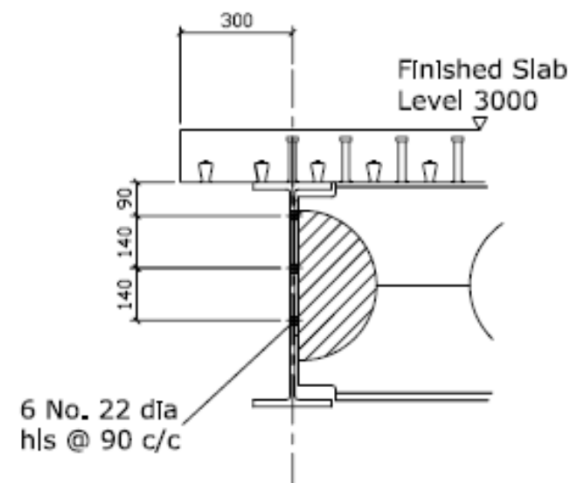
Sloup GL-D



Krajní plnostěnný nosník



Přípoj nosníku na nosník





Konstrukce zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

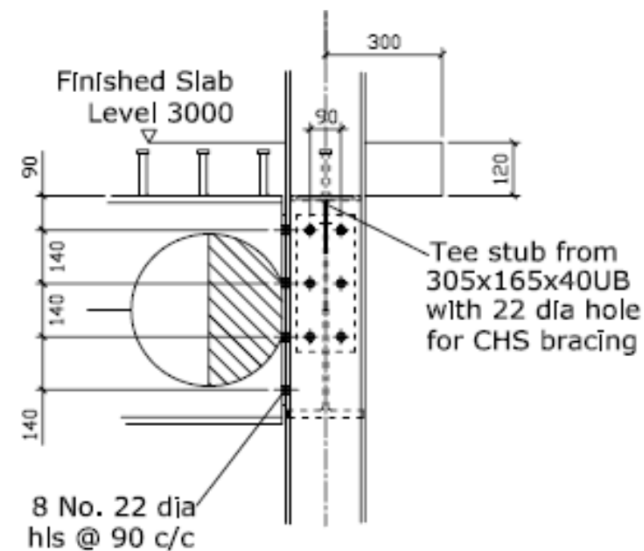
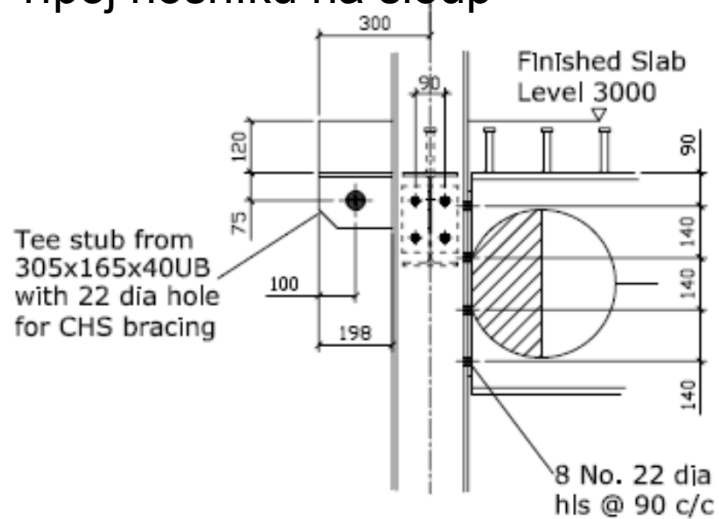
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

Přípoj nosníku na sloup





Konstrukce zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



Výztuž A393 síť průměr 10 mm



Plné spřažení
Trny 19, délky $h = 95$ mm

Výztuž tvaru U
kolem trnů pro návrh za běžné teploty



Konstrukce zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

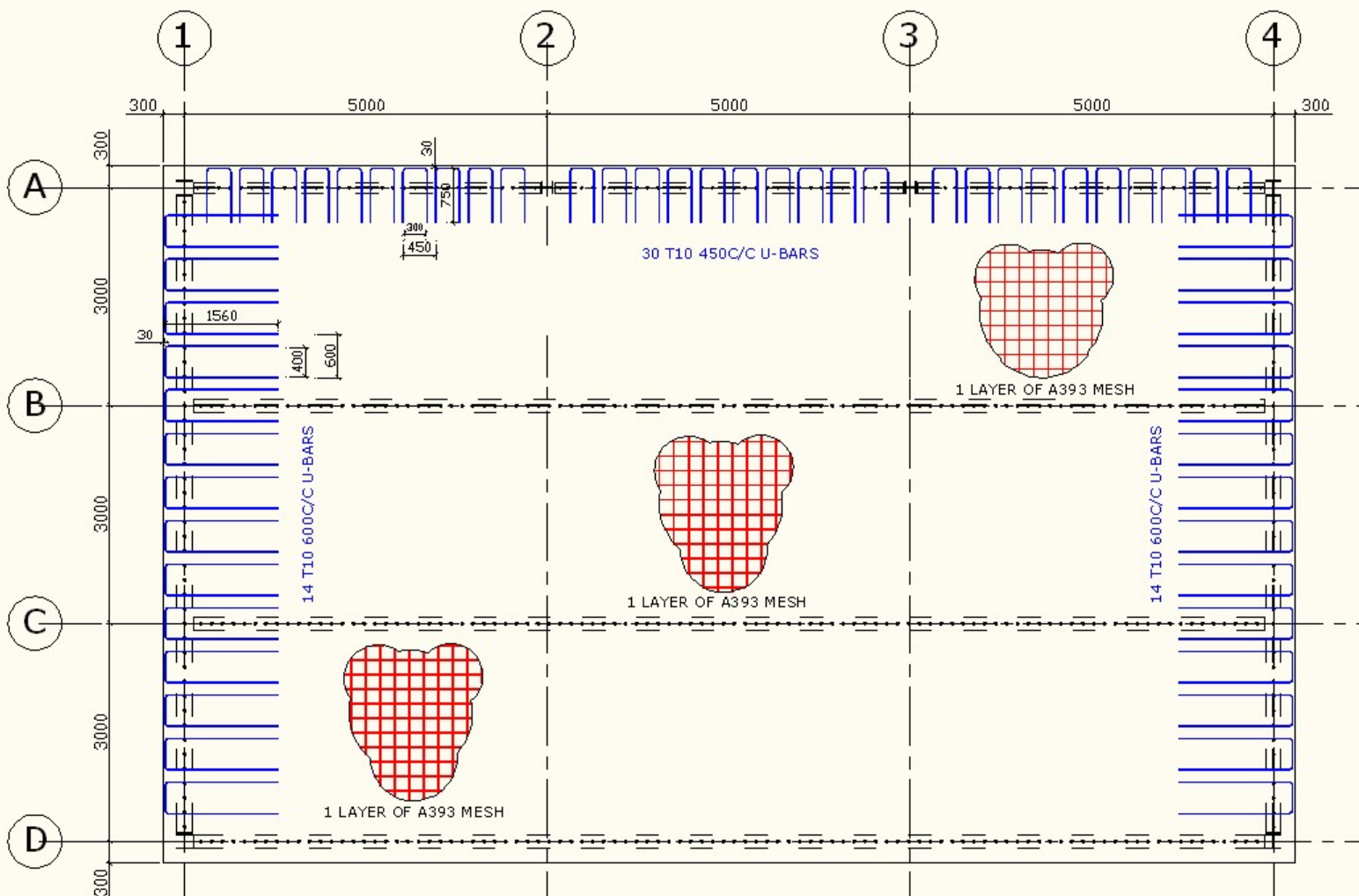
**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



Pohled do bednění desky



Požární zatížení zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

**Uspořádání
zkoušek**

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

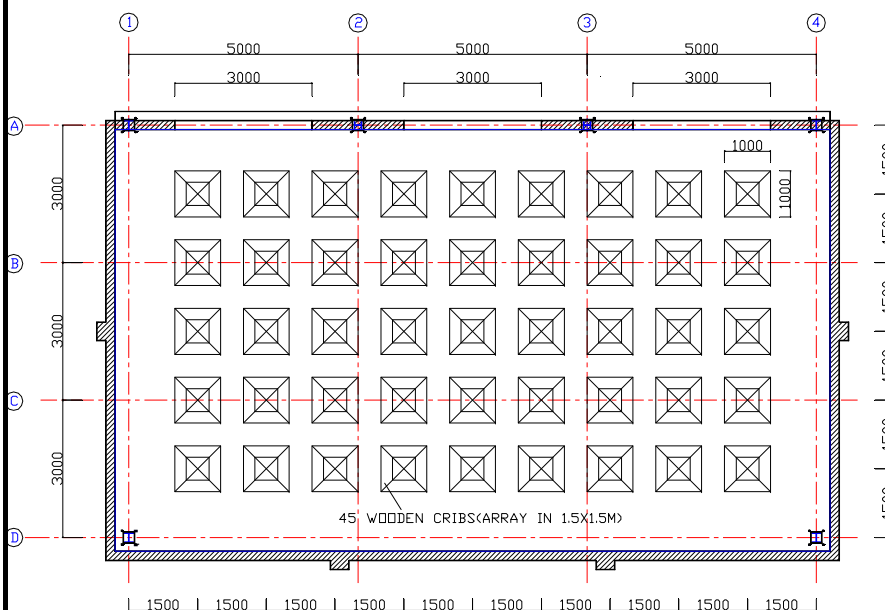
Ověření jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

Požární zatížení 700 MJ/m²

Měkké dřevo, 45 latí v hranici výšky 0,5 m, latě 1 m x 1 m x 0,05 m

Rozprostřeno rovnoměrně v požárním úseku 9,0 m x 15,0 m





Výsledky zkoušek

Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

- **Teplota plynu**
- **Teplota požárně chráněných okrajových nosníků**
- **Teplota požárně nechráněných nosníků**
- **Teplota ocelobetonové desky**
- **Prohyb stropu**
- **Chování stropu při požáru**
 - Trhliny a drcení betonu
 - Porušení výztužné sítě
 - Porušení okrajových nosníků



Teplota plynu FRACOF a COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

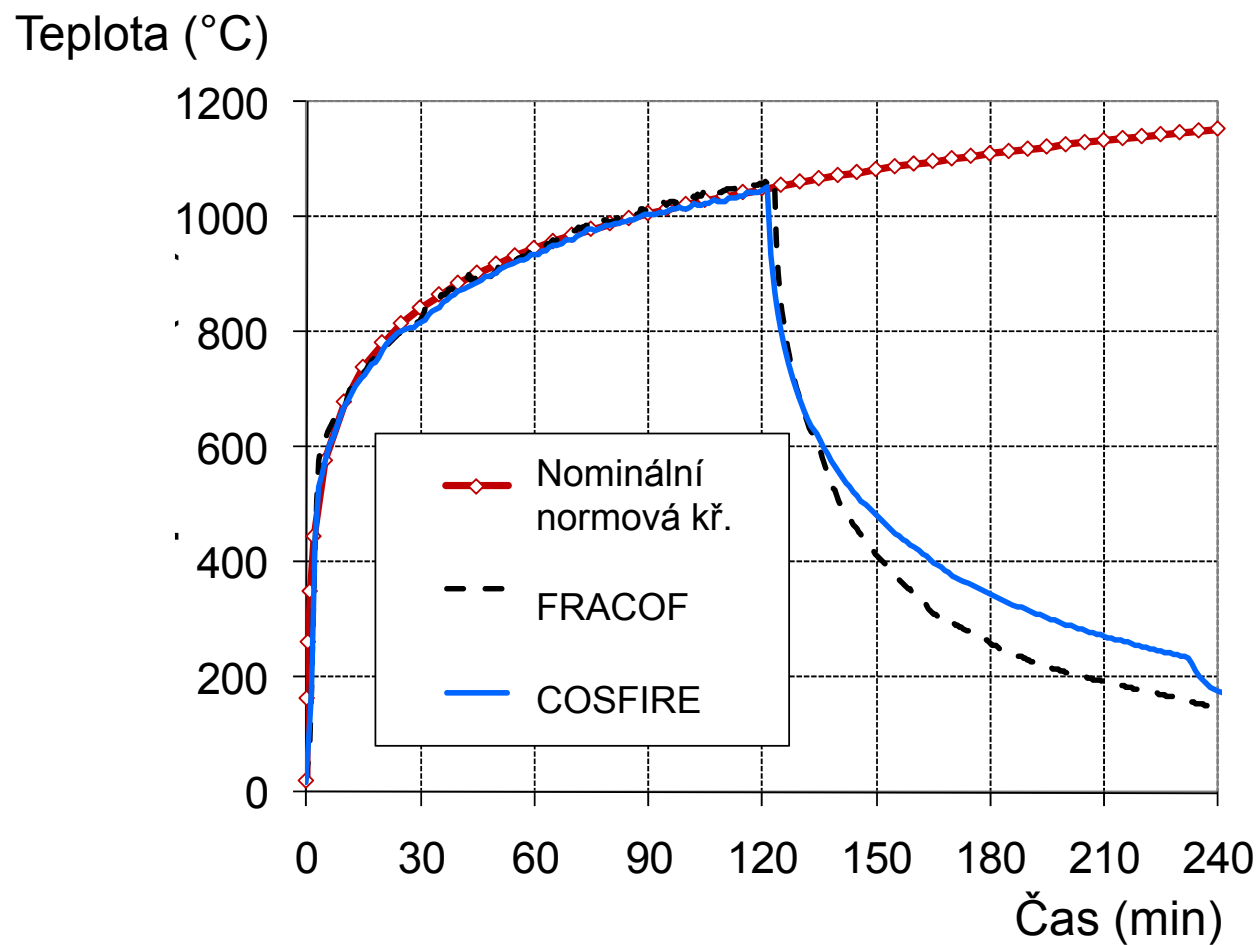
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Teplota plynu FICEB

Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

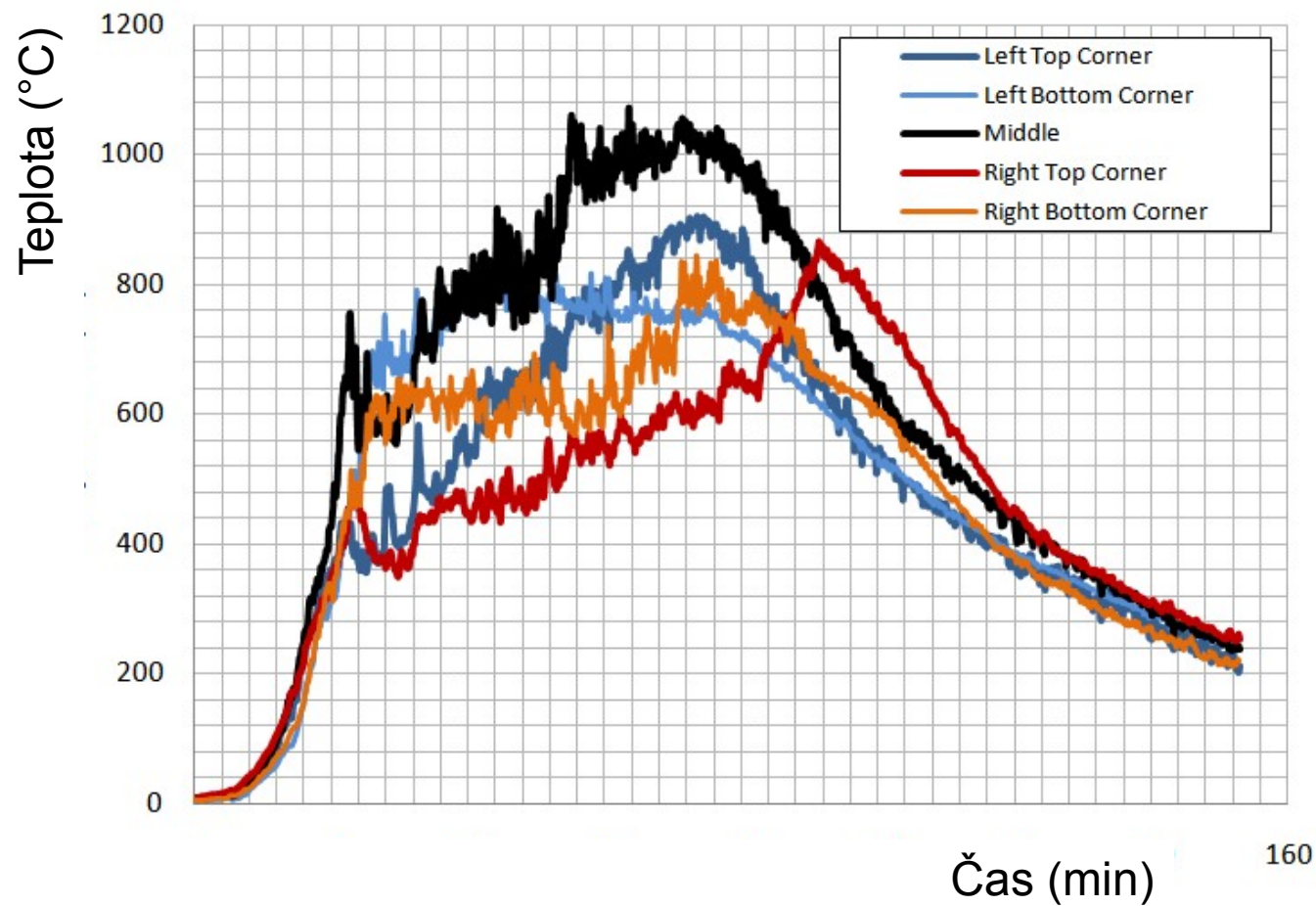
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Teplota stropnice FRACOF a COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

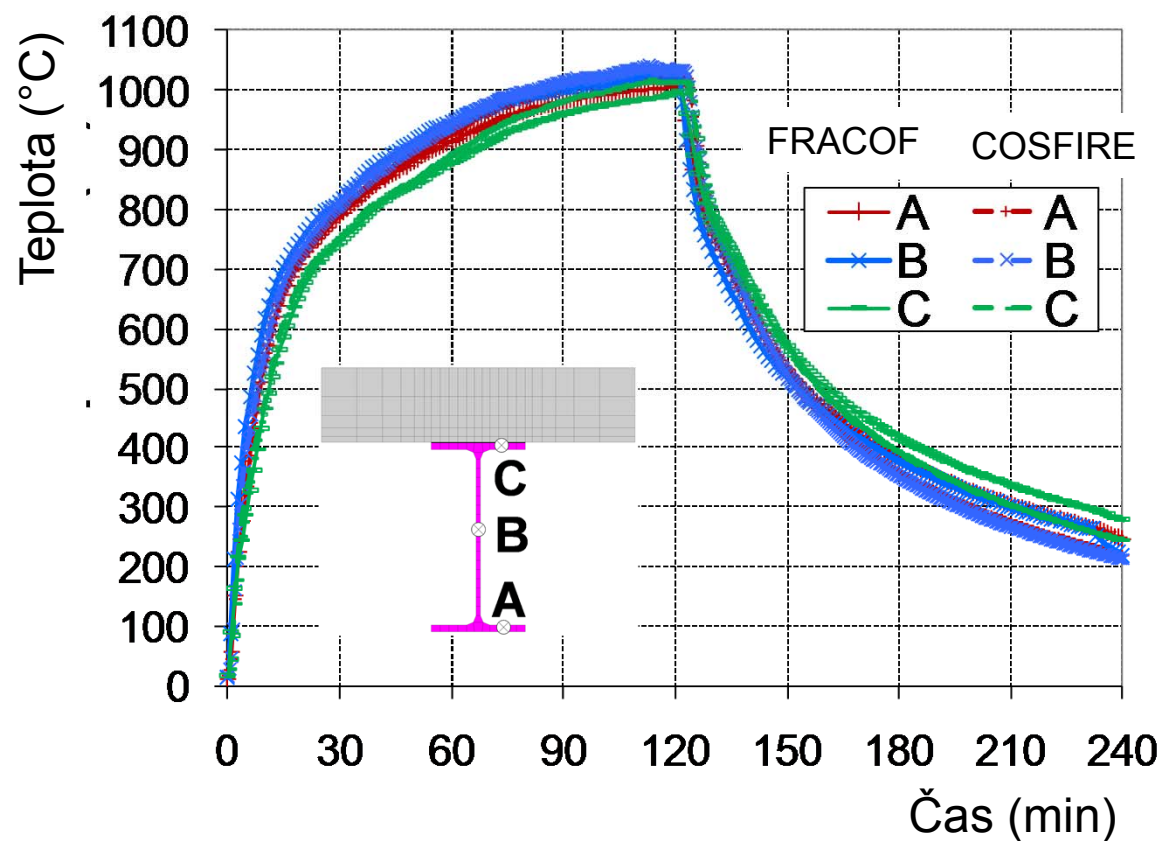
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

Požárně nechráněný nosník





Teplota stropnice zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

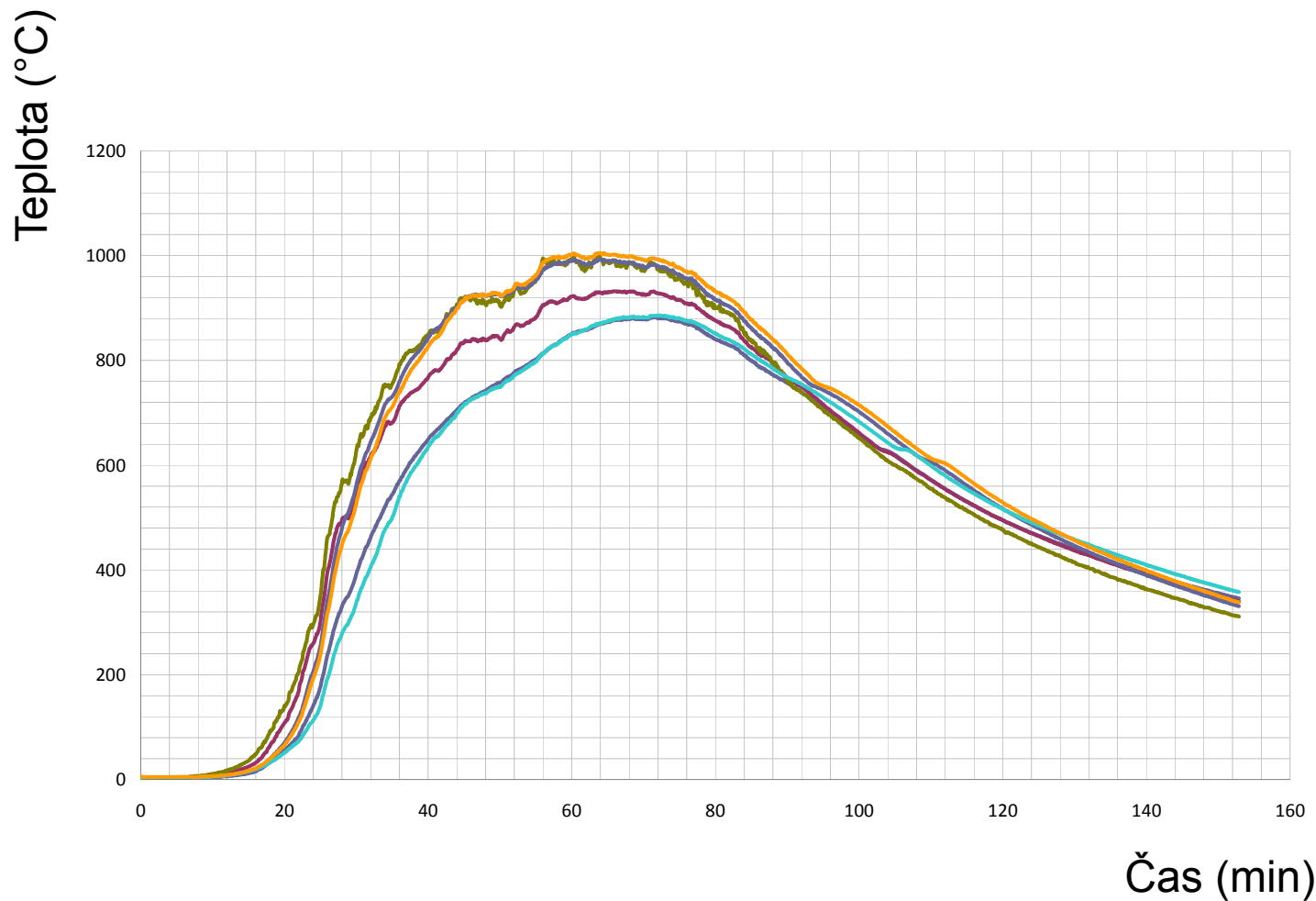
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

Požárně nechráněný nosník





Teplota průvlaku FRACOF a COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

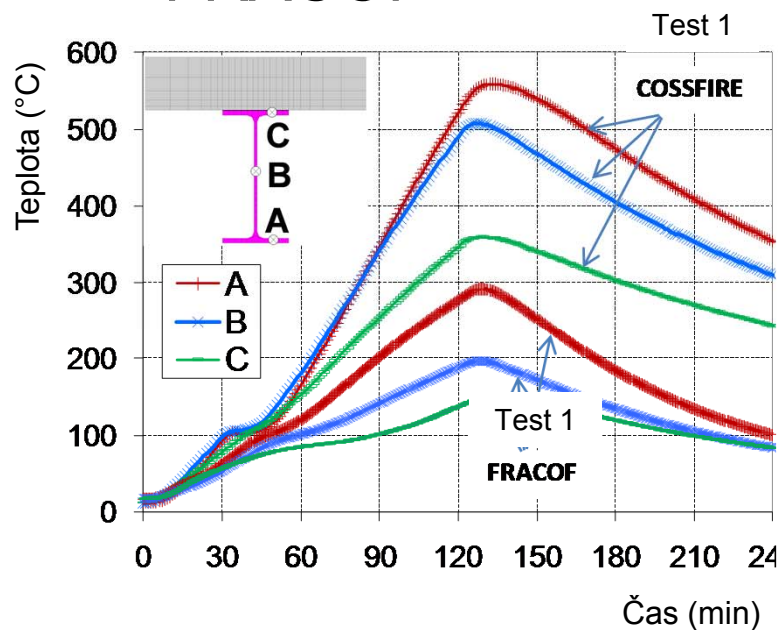
Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

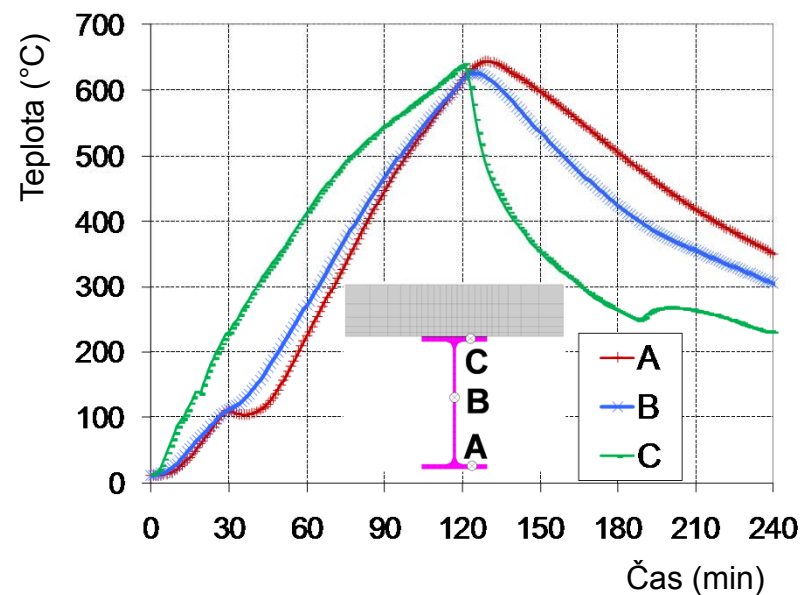
Požárně nechráněné nosníky

FRACOF



— Zkouška COSFIRE

COSSFIRE



průvlak ≈ 550 °C
nosníku > 600 °C



Teplota po výšce desky FRACOF a COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

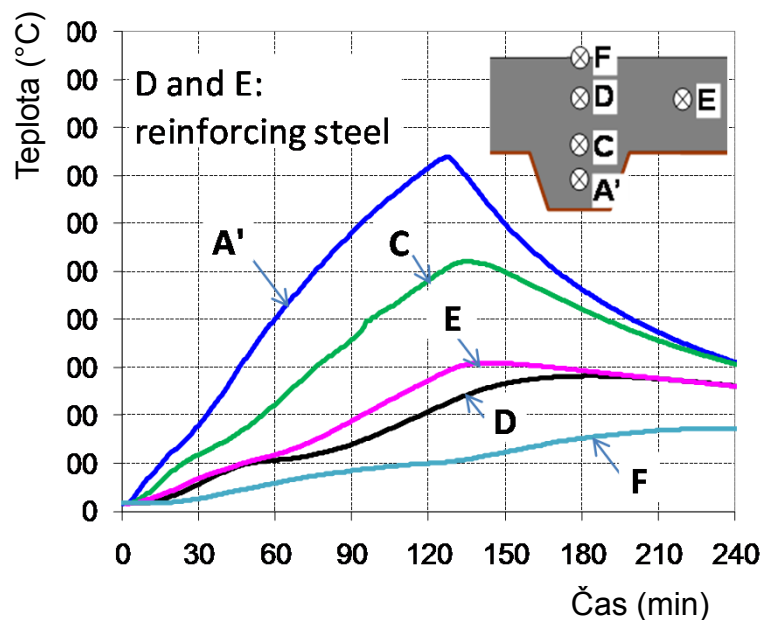
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

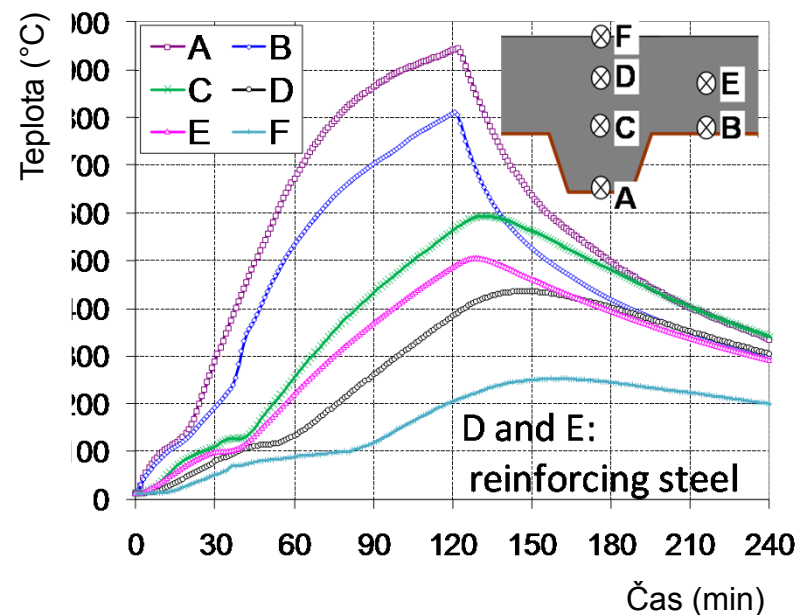
Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

FRACOF



COSSFIRE





Teplota po výšce desky zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

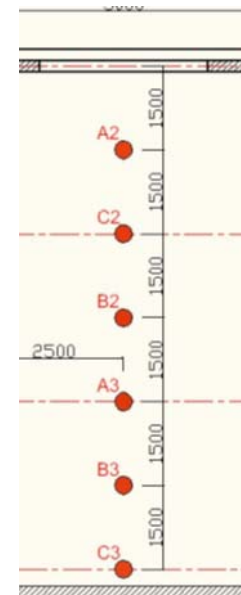
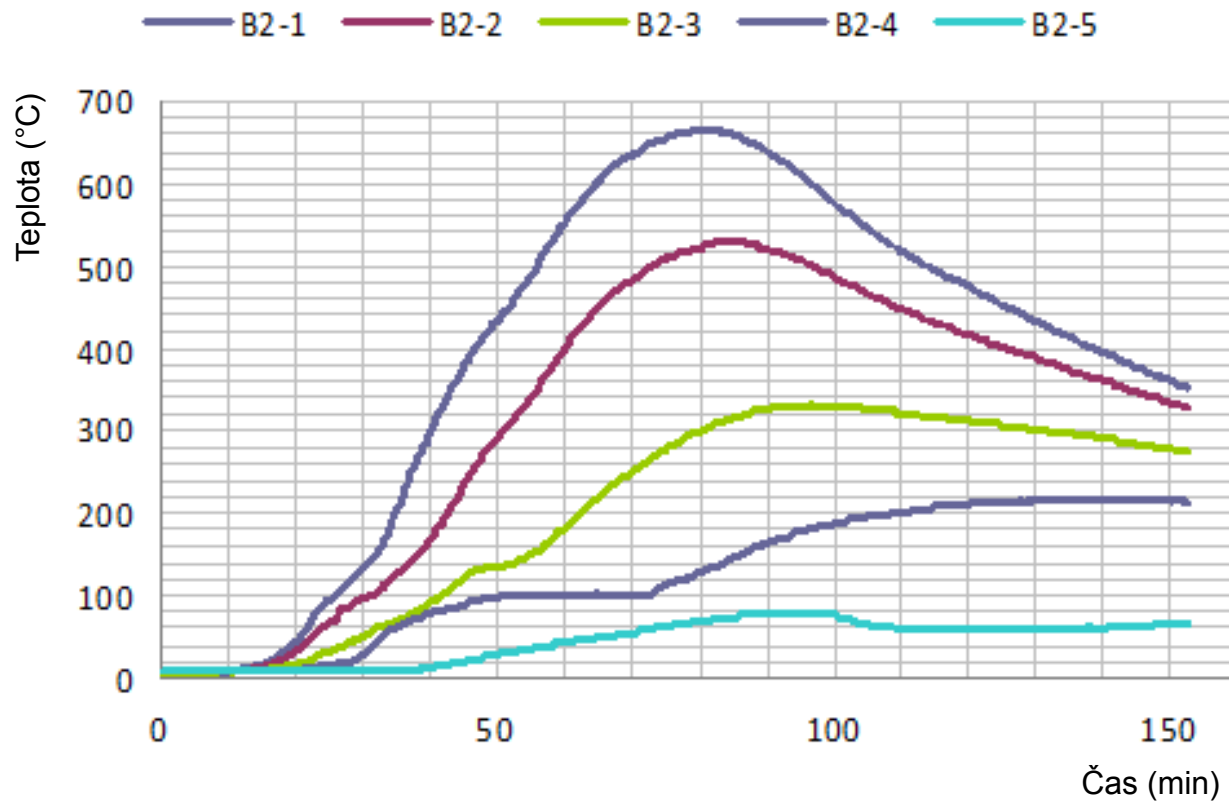
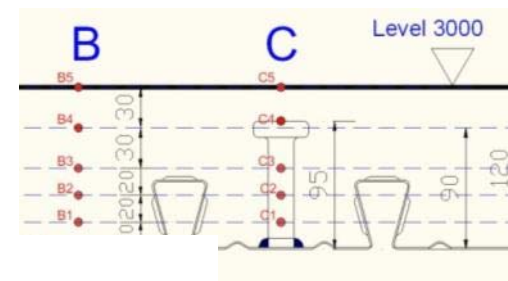
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Deformace zkoušky FRACOF a COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

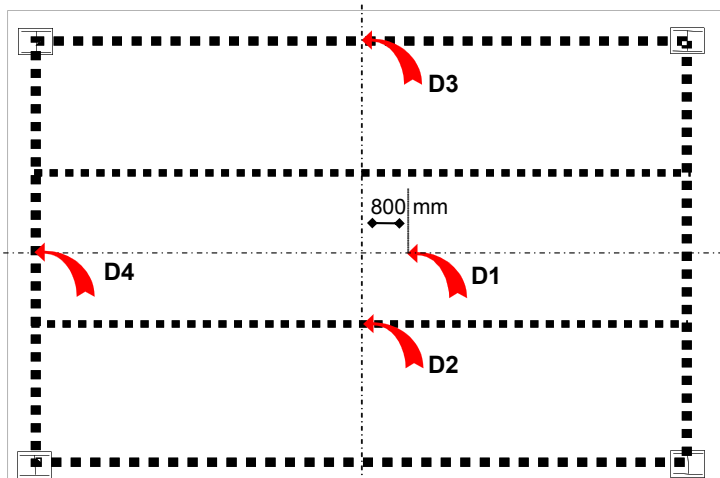
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

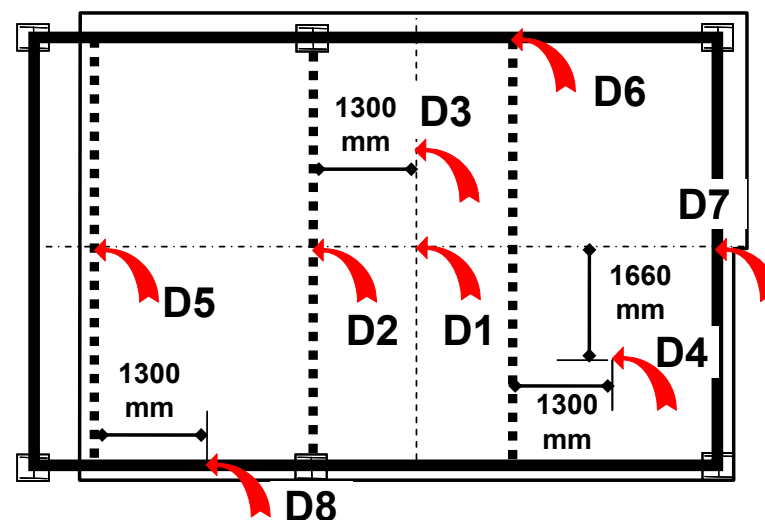
Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

- Měřené body



FRACOF



COSSFIRE



Deformace zkoušky FRACOF a COSSFIRE



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

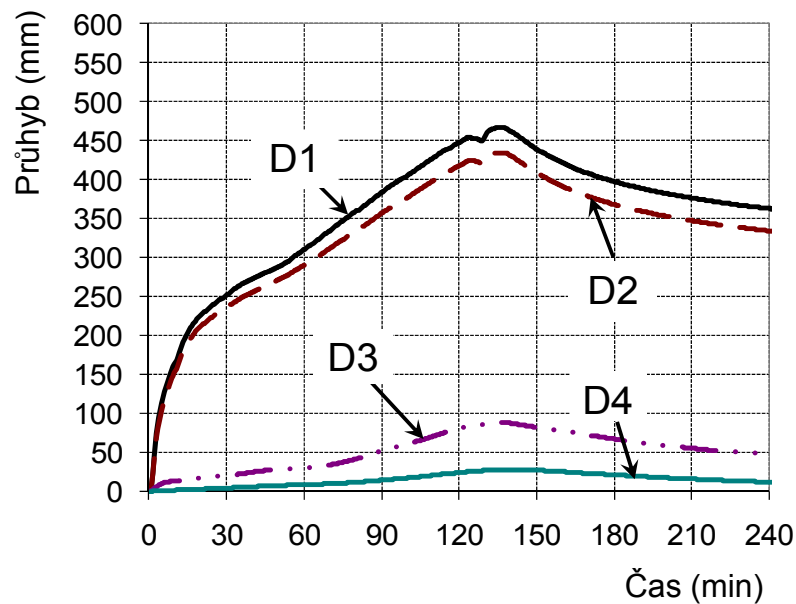
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

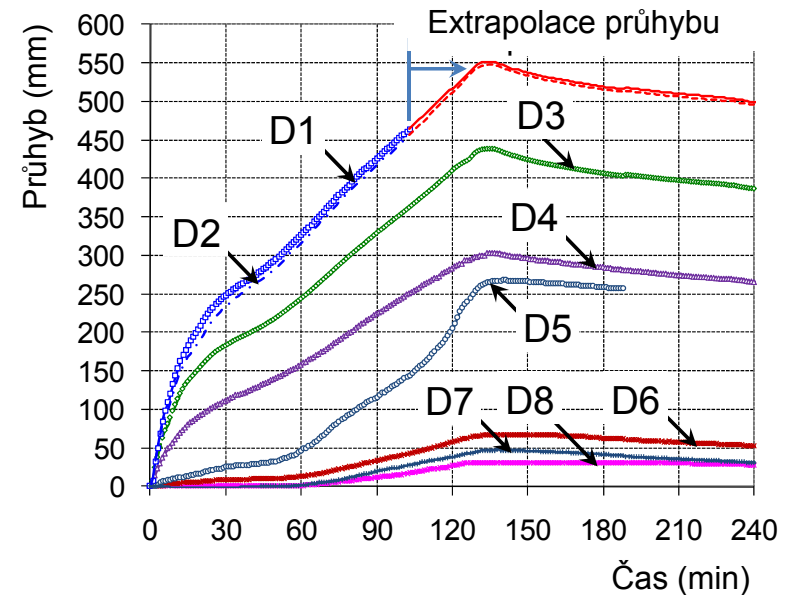
Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



FRACOF



COSSFIRE



Deformace zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

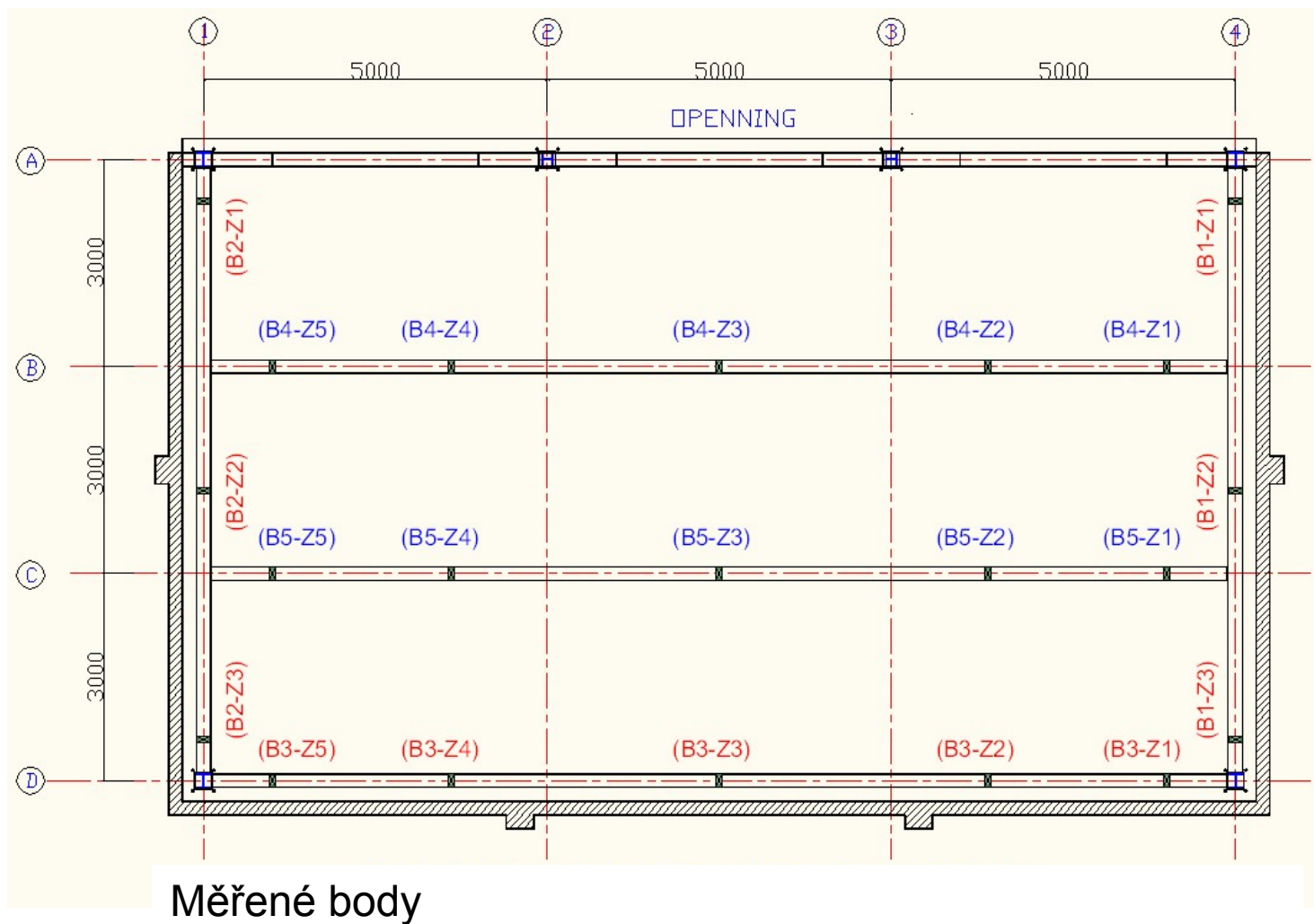
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Deformace zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

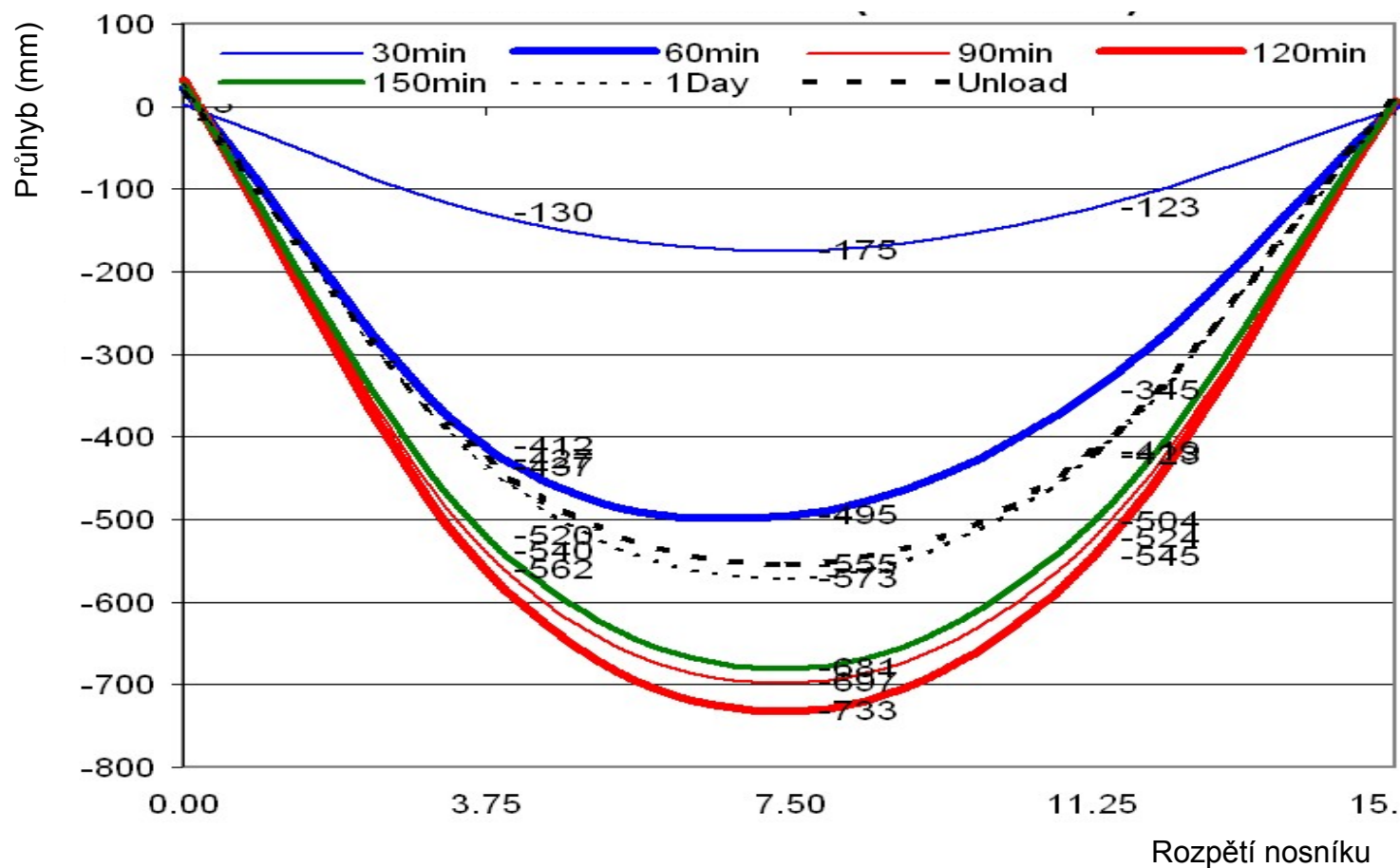
Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

• Průhyb nosníku č. 3





Trhliny v desce zkouška FRACOF



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

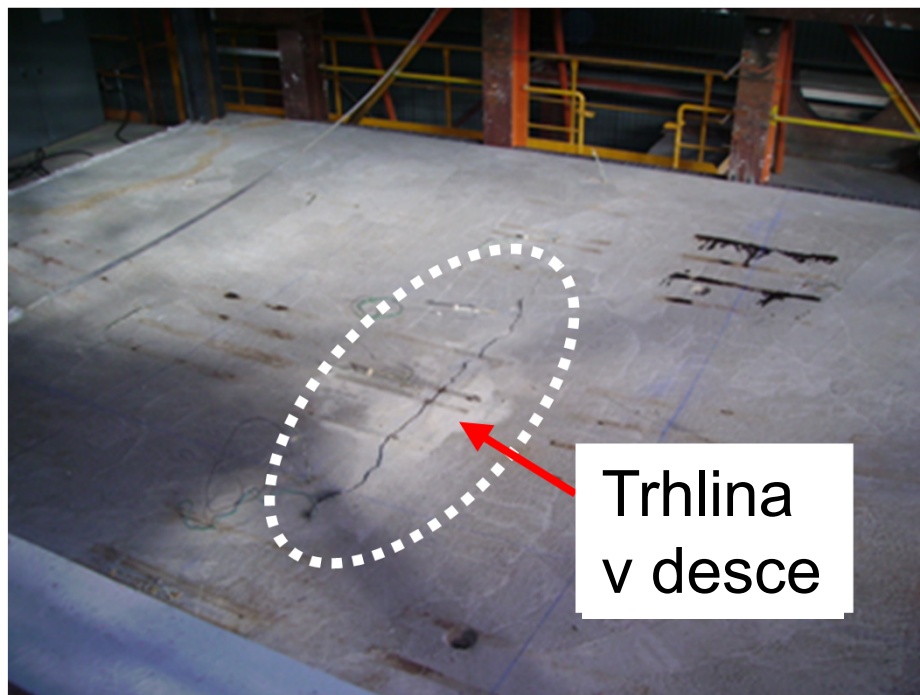
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



- Došlo k porušení výztuže v místě nastavení
- Nevhodné konstrukční řešení je zobrazeno vpravo



Podrcení betonu desky zkouška FRACOF



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

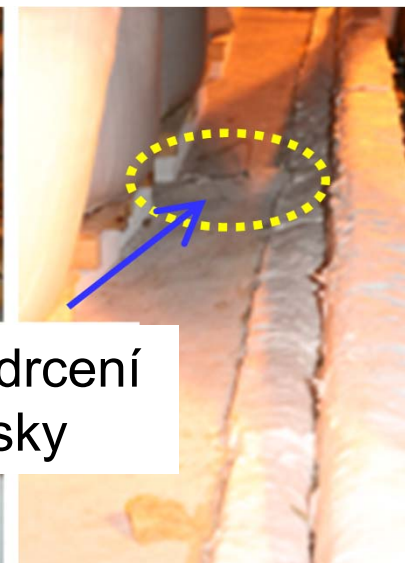
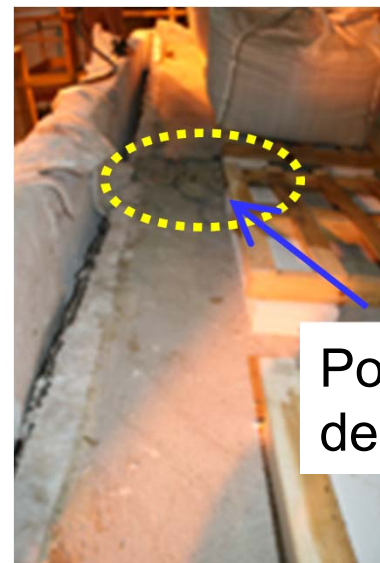
Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



Podrcení
desky

– Kolaps porušením obvodového nosníku



Trhliny v desce zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí



– První trhlina ve výztužné síti příčném směru desky



Klopení nosníku zkouška FICEB



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí





Ověření jednoduché návrhové metody



Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

**Ověření
jednoduché
návrhové metody**

Shrnutí

	Zkouška FRACOF		Zkouška COSSFIRE	
	Test	Výpočet	Test	Výpočet
Odolnost (min)	> 120	120	> 120	96
Deformace (mm)	450	366^(*)	510	376^(*)

– Experimenty více než 120 min



Závěry

Cíle zkoušek

Zkoušky v rámci
projektů
FRACOF
COSSFIRE
FICEB

Uspořádání
zkoušek

Výsledky zkoušek
Teploty
Průhyby

Analýza výsledků

Ověření
jednoduché
návrhové metody

Shrnutí

- **Požární zkoušky potvrdily**
 - **Dobré chování ocelobetonové desky při vystavení ohřevu plynu podle nominální normové teplotní křivky >120 min**
 - **Dobrá celistvost i při místních porušeních**
 - **Je třeba věnovat péči vhodnému nastavení sítě s překrytím jednoho pole**
 - **Jednoduchá návrhová metoda dává spolehlivé výsledky**
 - **Při chladnutí stropních konstrukcí nebylo pozorováno jejich porušení**



Děkuji za pozornost

fire.fsv.cvut.cz