



Ocelobetonové stropní konstrukce vystavené požáru

Numerická simulace jednoduché metody



Obsah prezentace



- **Cíle parametrické studie**
- **Vlastnosti parametrické studie**
- **Analýza pomocí metody konečných prvků**
- **Ověření numerického modelu**
- **Účinek okrajových podmínek**
- **Výsledky parametrické studie**
- **Závěr**



Cíle parametrické studie



- **Motivace**
 - FRACOF (Test 1)- COSSFIRE (Test 2) požární zkouška podle nominální normové teplotní křivky velkého měřítka
 - Dobrá požární odolnost kompozitního stropního systému (přítomnost membránového působení)
 - Max θ oceli ≈ 1000 °C, požární odolnost > 120 min
 - Francouzské konstrukční detaily
 - Průhyb ≈ 450 mm
 - FICEB (Test 3) zkouška velkého měřítka prolamovaného nosníku podle skutečného požáru
- **Cíl**
 - Ověření jednoduché návrhové metody pro celý obsah použití (pomocí pokročilých výpočetních metod)
 - Limitní průhyby stropní konstrukce
 - Protážení výztužné ocelové sítě

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

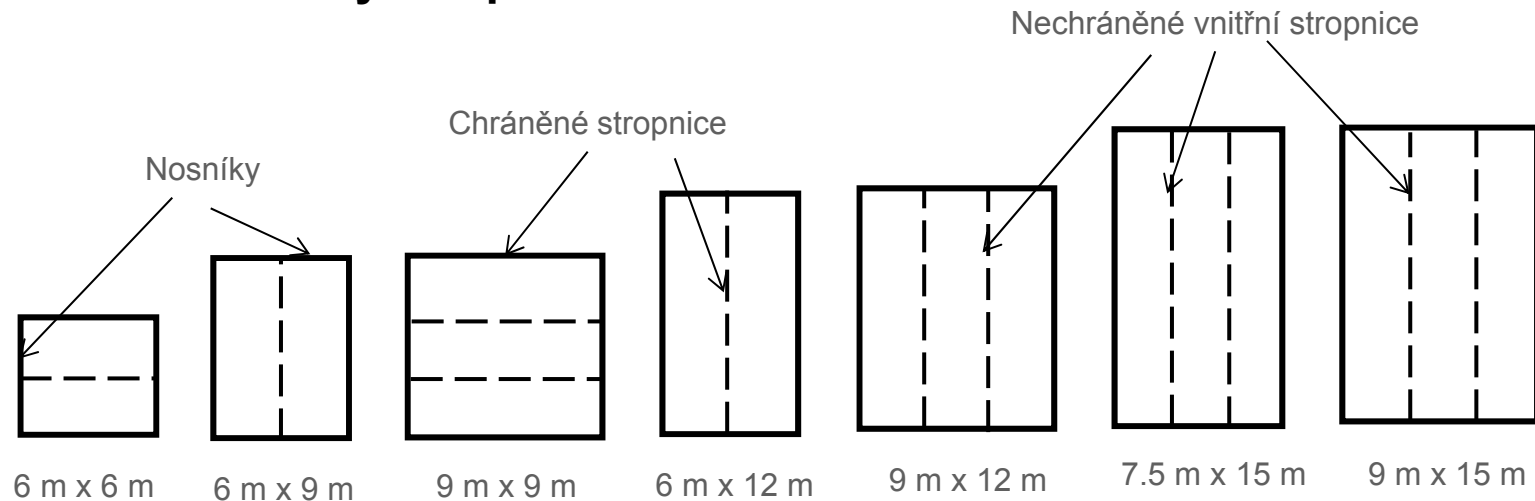
Závěr



Vlastnosti parametrické studie (1/3)



- **Velikost mřížky stropu**



- **Zatížení**

Podle EC0 kombinace zatížení za požární situace pro kanceláře:

G (stálé zatížení) + 0.5 Q (nahodilé zatížení)

G= vlastní tíha + 1.25 kN/m²

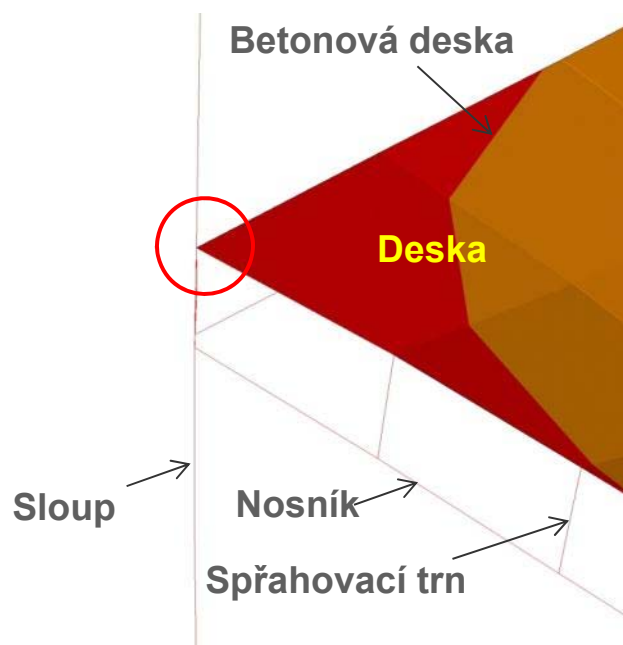
Q= 2.5 & 5 kN/m²



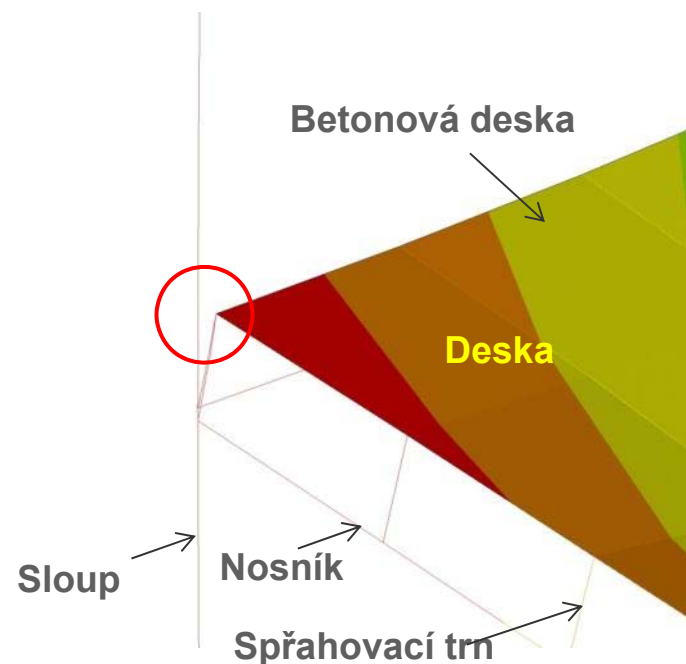
Vlastnosti parametrické studie (2/3)



- Podmínky přípoje mezi deskou a sloupem**



**S mechanickými spojovacími
prostředky mezi deskou a
sloupem**



**Bez mechanických
spojovacích prostředků mezi
deskou a sloupem**

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

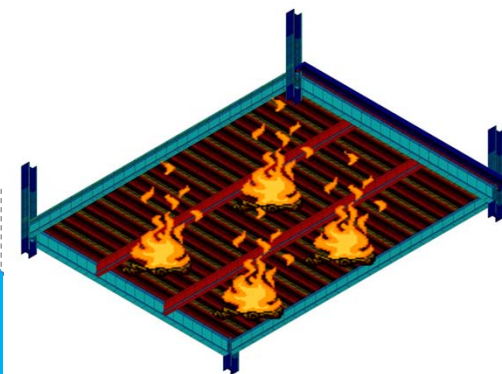
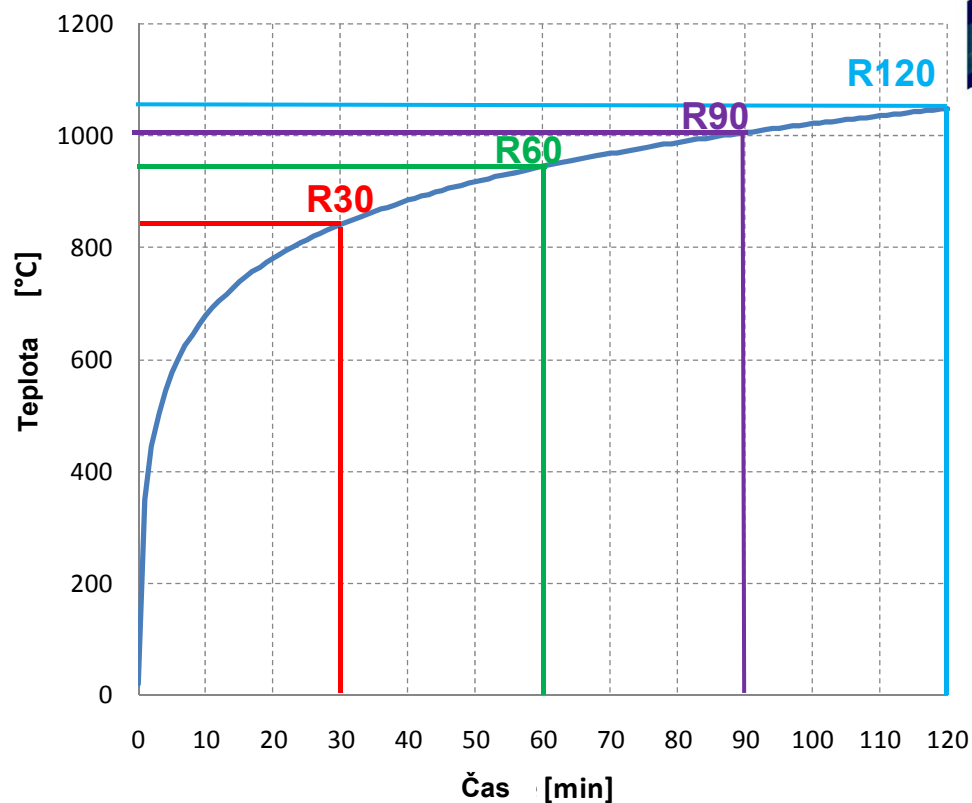
Závěr



Vlastnosti parametrické studie (3/3)



- Délky požáru: R30, R60, R90 and R120



Ohřívání krajních nosníků
(Max. 550 °C)

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

**Analýza pomocí
metody
konečných prvků**

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

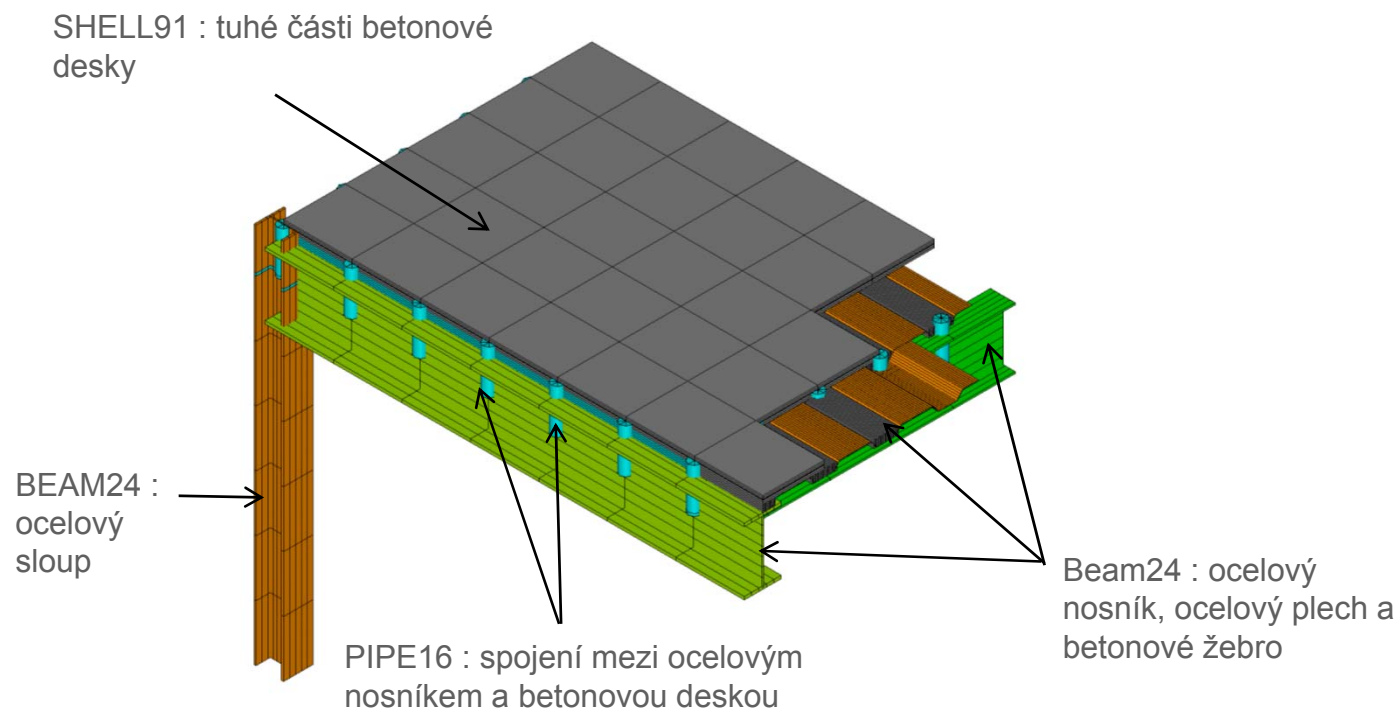
Závěr



Modelování pomocí metody konečných prvků



- **Model složený z konečných prvků v softwaru ANSYS**



Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

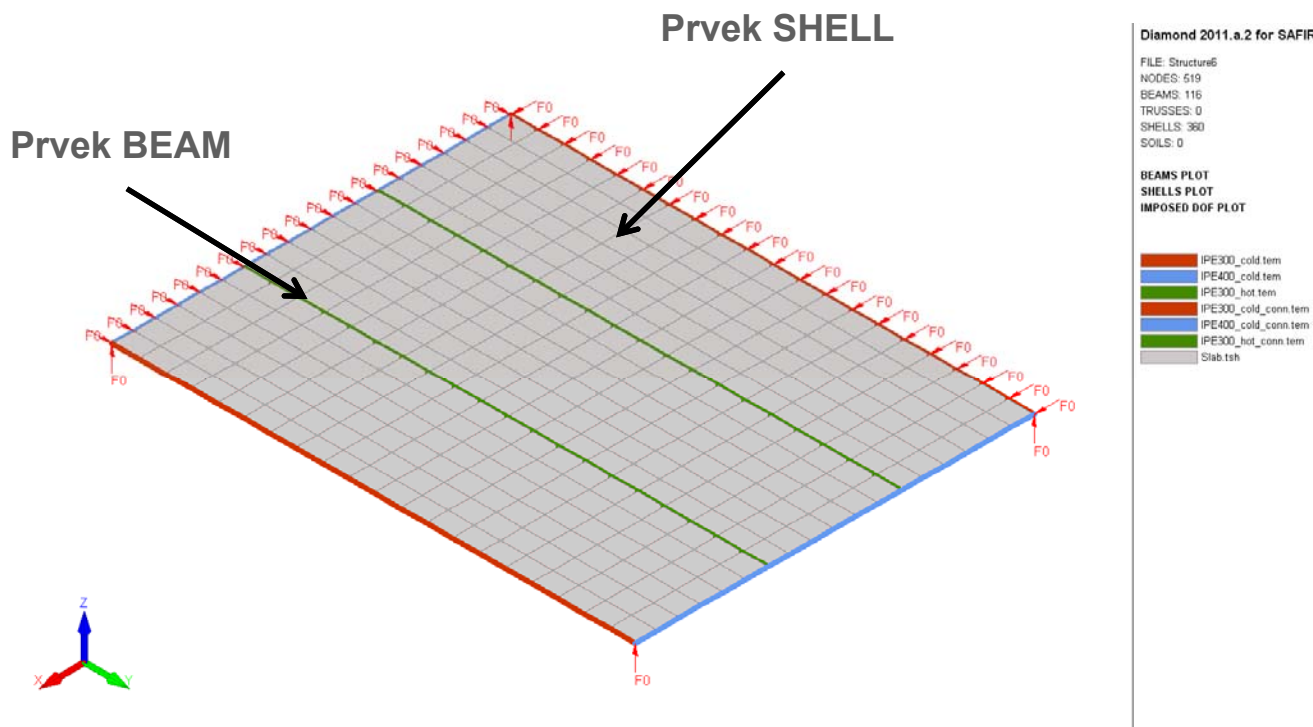
Závěr



Modelování pomocí metody konečných prvků



- Model složený z konečných prvků v softwaru SAFIR



Cíle

Vlastnosti

parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

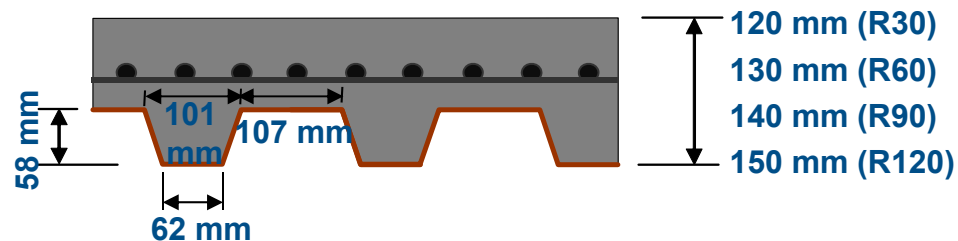
Závěr



Deskové vlastnosti



- **Nosníky z oceli S235**
- **Trapézový ocelový plech COFRAPLUS60 (tloušťky 0.75 mm)**
- **Beton běžné hmotnosti C30/37**
- **Výztužní ocelová síť S500**
- **Průměrné umístění sítě (od horního okraje) = 45 mm**



Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

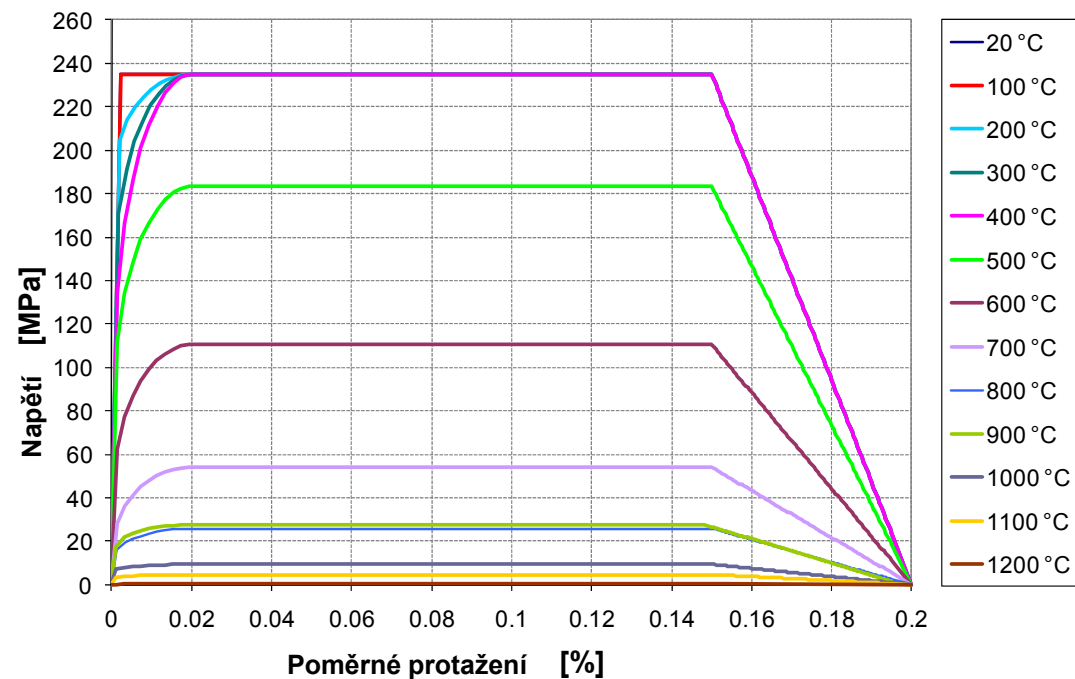
Závěr



Tepelné a mechanické vlastnosti (1/2)



- **Tepelné a mechanické vlastnosti oceli:**
 - Tepelné vlastnosti podle EC4-1.2
 - Jednotka hmotnosti nezávislá na teplotě ($\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$)
 - Vztah mezi napětím a poměrným protažením:



Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

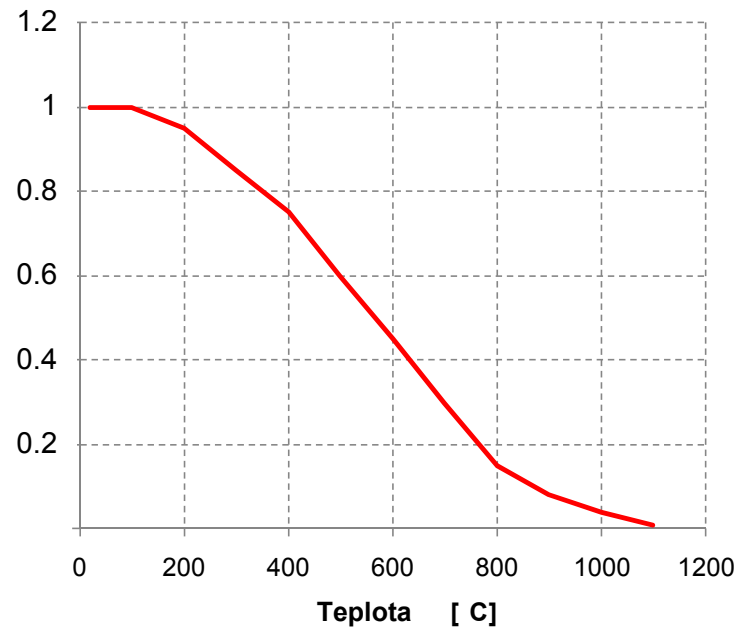
Závěr



Tepelné a mechanické vlastnosti (2/2)



- **Tepelné a mechanické vlastnosti betonu:**
 - Tepelné vlastnosti podle EC4-1.2
 - Jednotka hmotnosti závislá na teplotě podle EC4-1.2
 - Podmínka plasticity Drucker-Prager
 - Zmenšující součinitel podle EC4-1.2:



Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

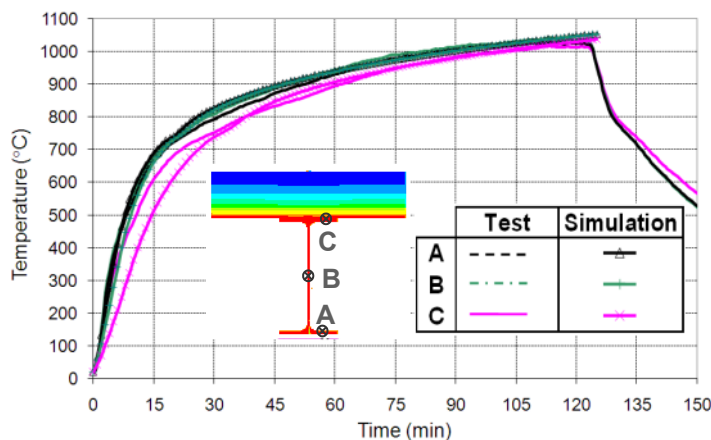
Závěr



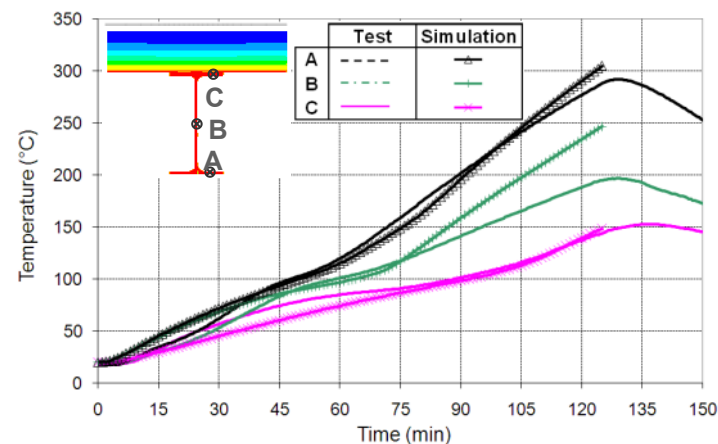
Ověření numerického modelu programem ANSYS vs Test 1 (1/2)



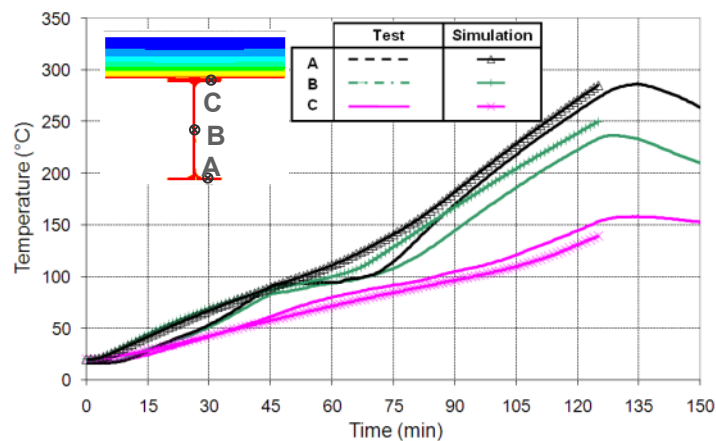
• Porovnání s výsledky zkoušek (analýza přenosu tepla)



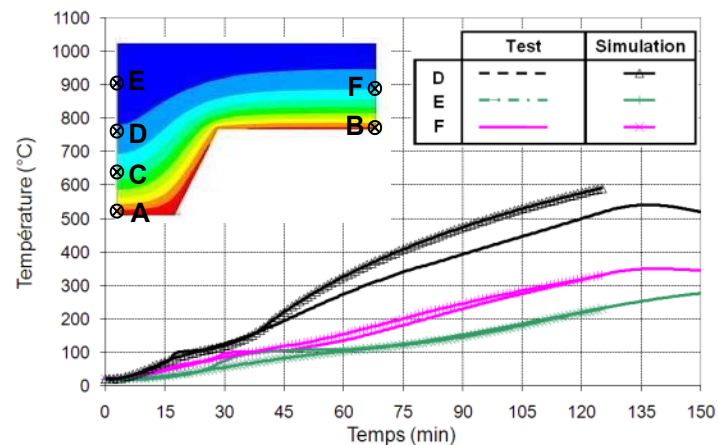
Nechráněné ocelové nosníky



Chráněné stropnice



Chráněné hlavní nosníky



Kompozitní deska

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

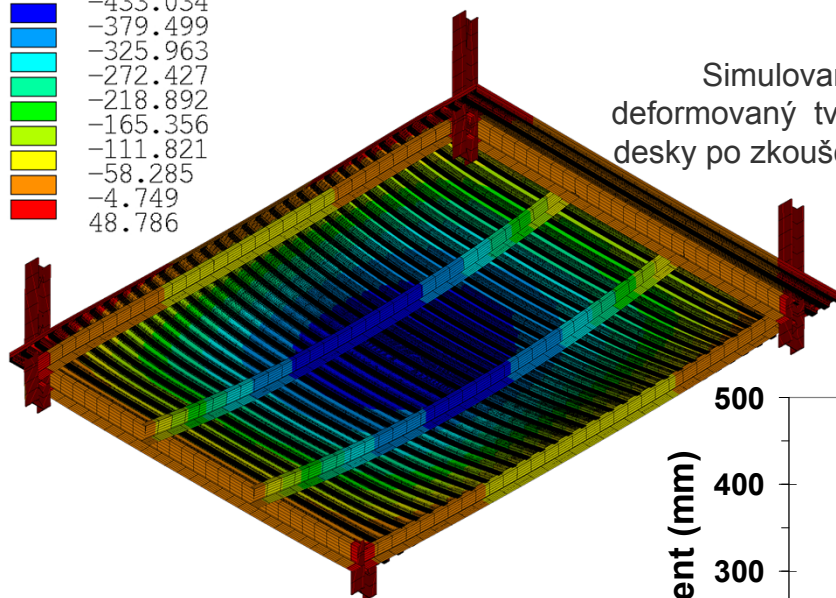
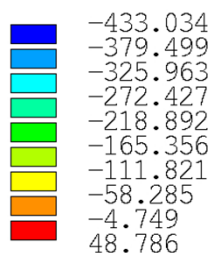
Závěr



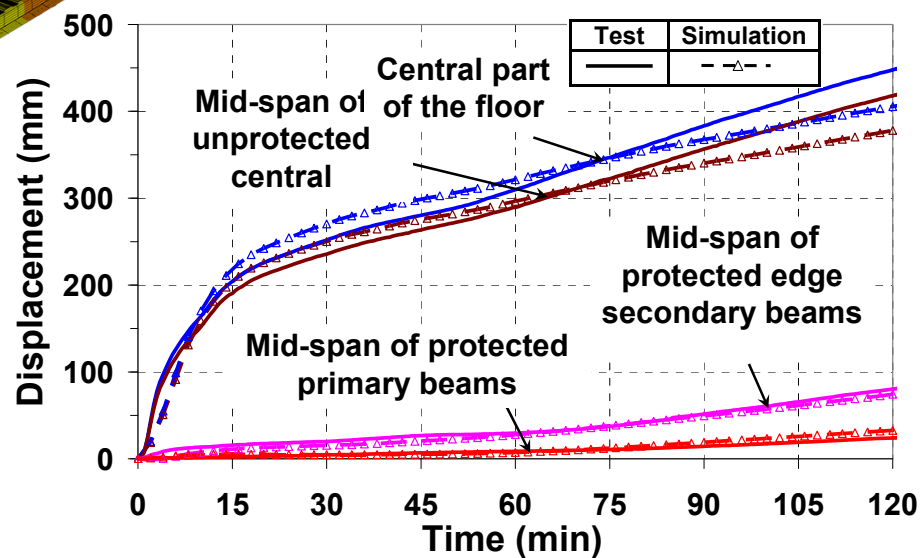
Ověření numerického modelu programem ANSYS vs Test 1 (2/2)



• Porovnání s výsledky zkoušek (průhyb)



Simulovaný
deformovaný tvar
desky po zkoušce



Porovnání průhybu (deska a nosníky)

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

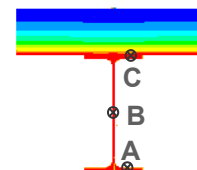
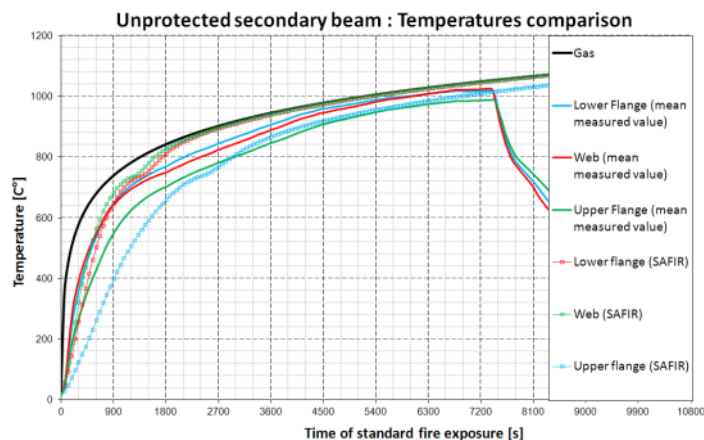
Závěr



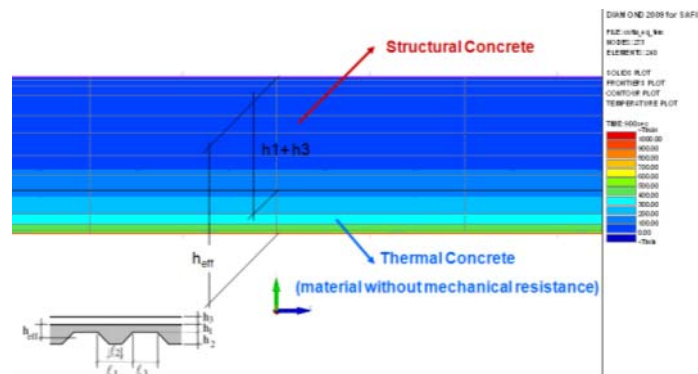
Ověření numerického modelu programem SAFIR vs Test 1 (1/2)



• Porovnání s výsledky zkoušek (analýza přenosu tepla)



Nechráněné ocelové nosníky



Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

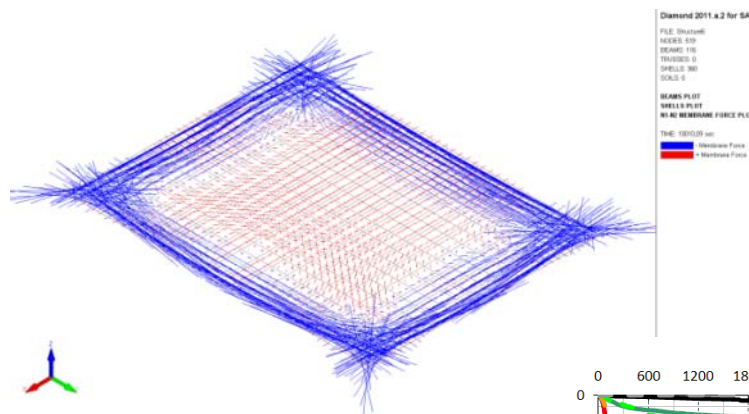
Závěr



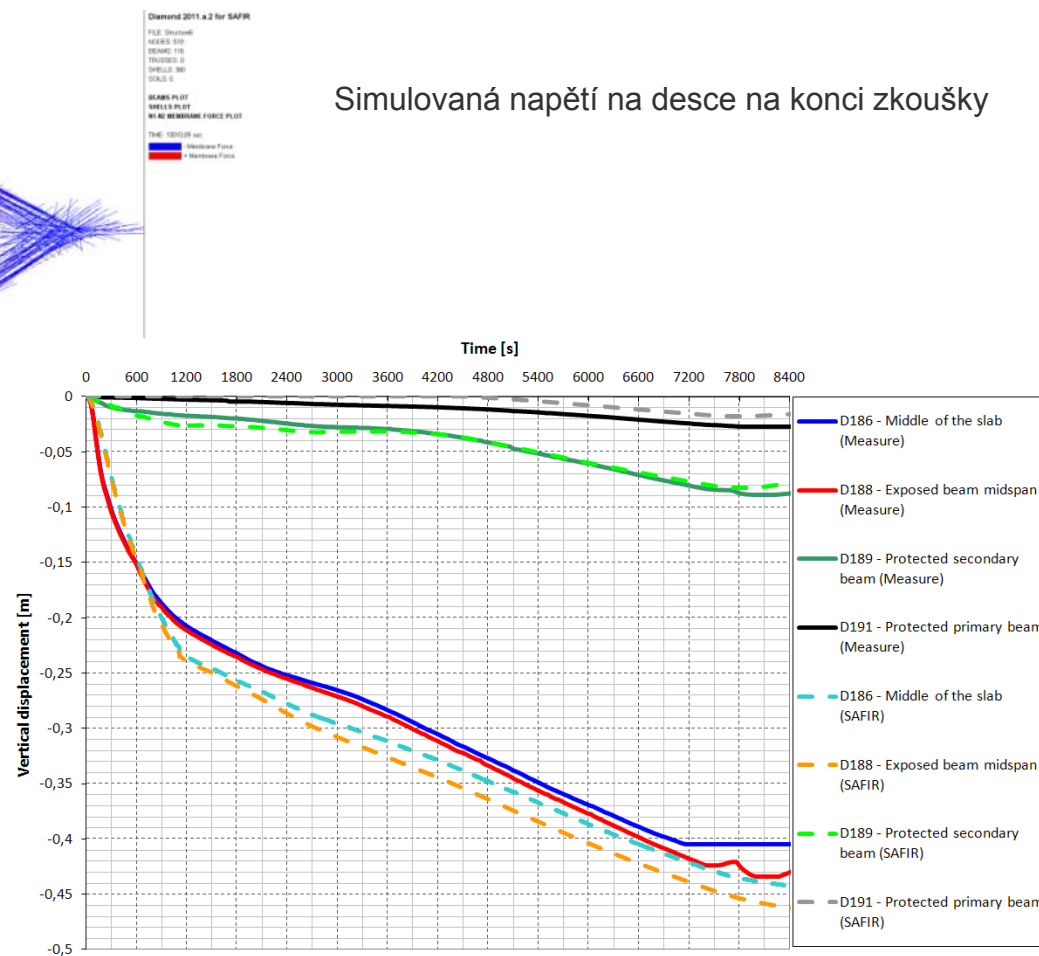
Ověření numerického modelu programem ANSYS vs Test 1 (2/2)



- Porovnání s výsledky zkoušek (průhyb)



Simulovaná napětí na desce na konci zkoušky



Porovnání průhybu (deska a nosníky)

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

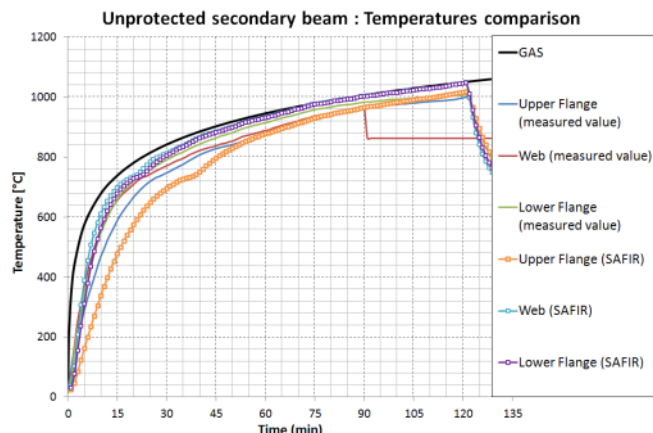
Závěr



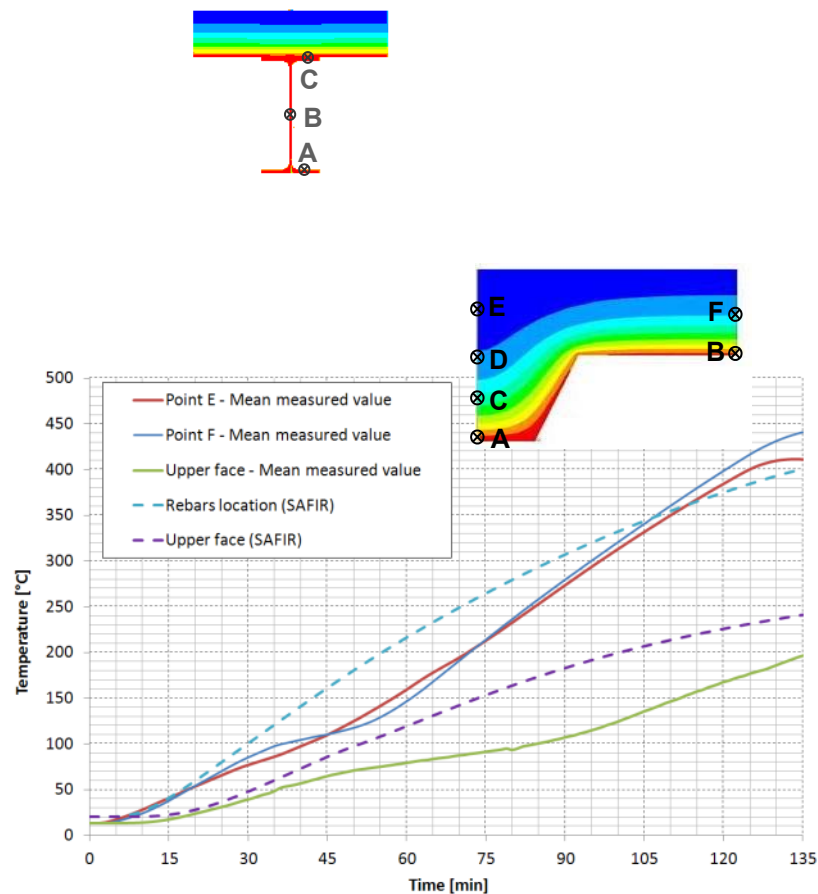
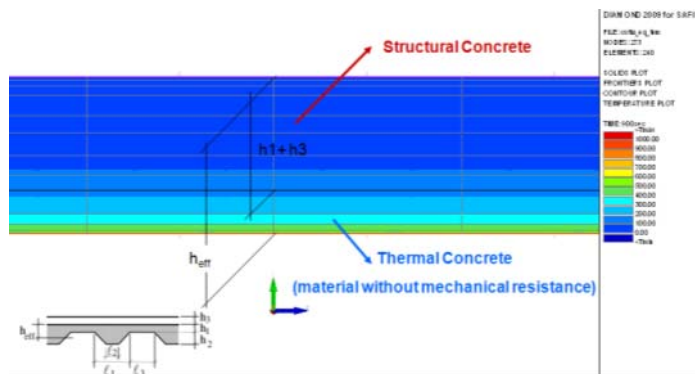
Ověření numerického modelu programem SAFIR vs Test 2 (1/2)



• Porovnání s výsledky zkoušek (analýza přenosu tepla)



Nechráněné ocelové nosníky



Kompozitní deska

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

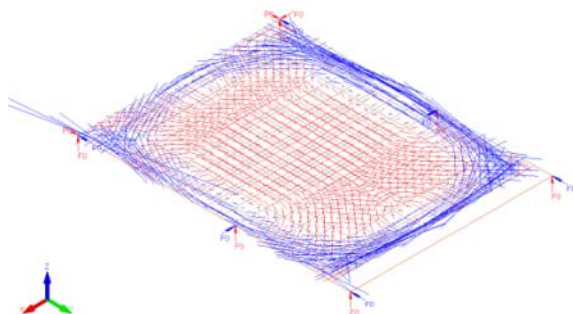
Závěr



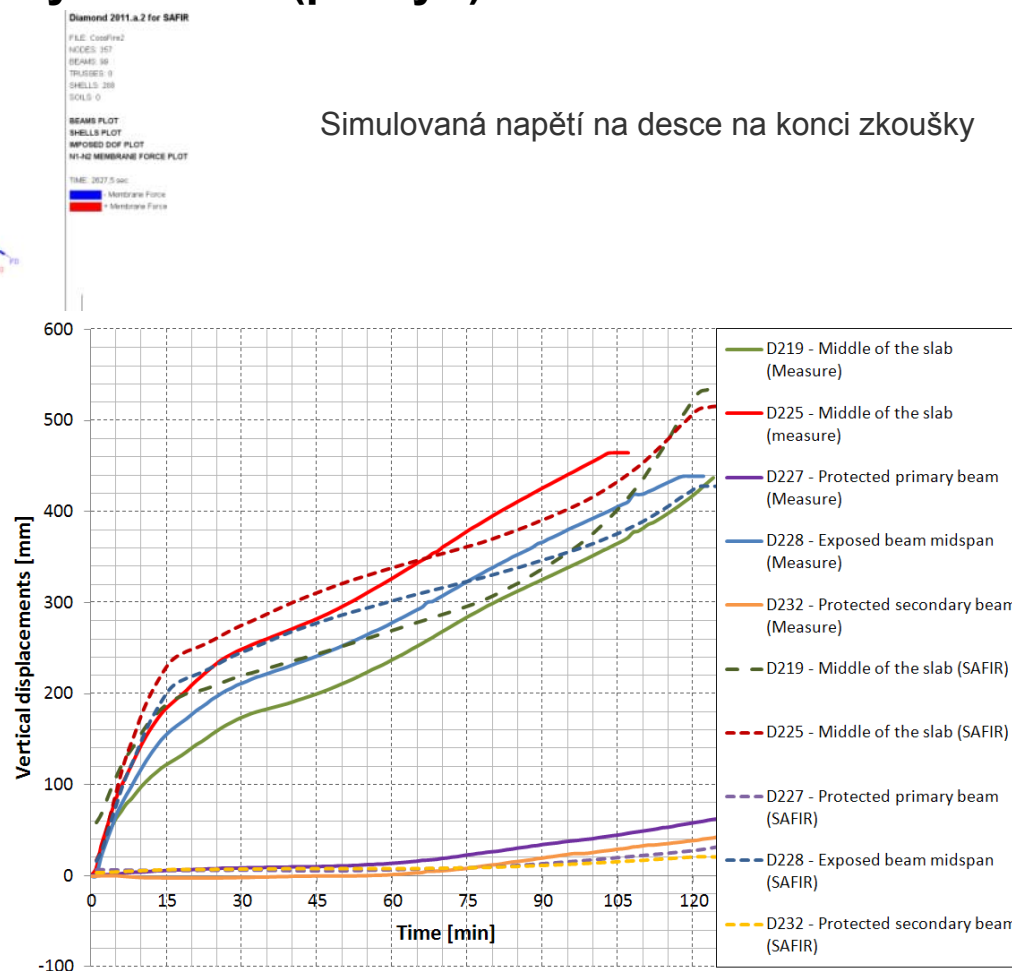
Ověření numerického modelu programem ANSYS vs Test 2 (2/2)



- Porovnání s výsledky zkoušek (průhyb)



Simulovaná napětí na desce na konci zkoušky



Porovnání průhybu (deska a nosníky)

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

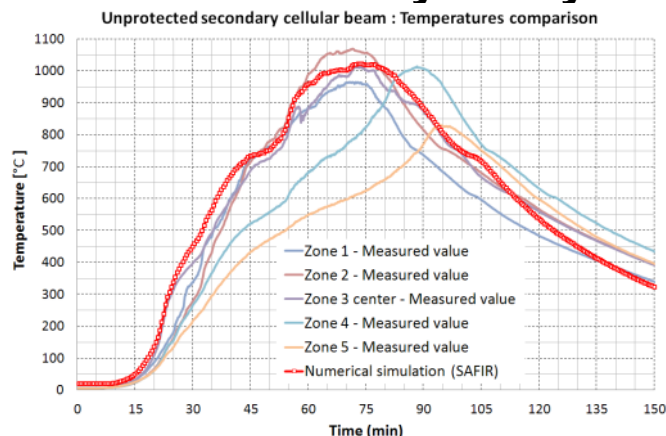
Závěr



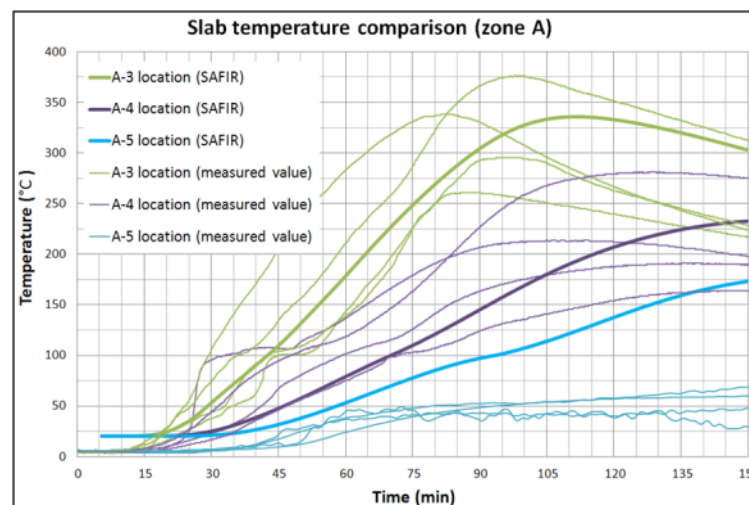
Ověření numerického modelu programem SAFIR vs Test 3 (1/3)



• Porovnání s výsledky zkoušek (analýza přenosu tepla)



Nechráněné ocelové nosníky



Kompozitní deska

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

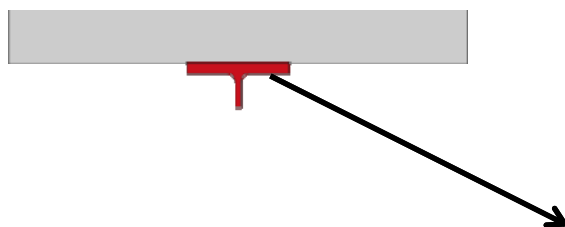
Závěr



Ověření numerického modelu programem SAFIR vs Test 3 (2/3)



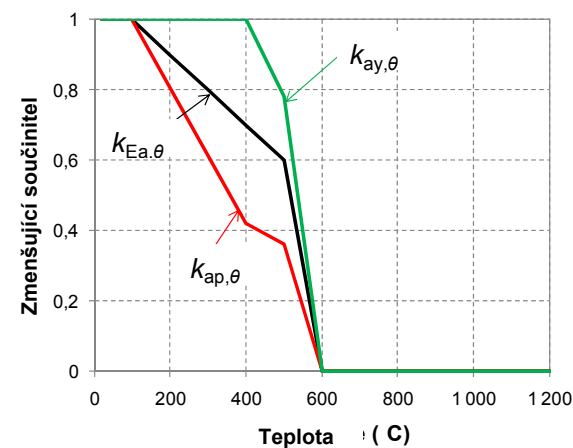
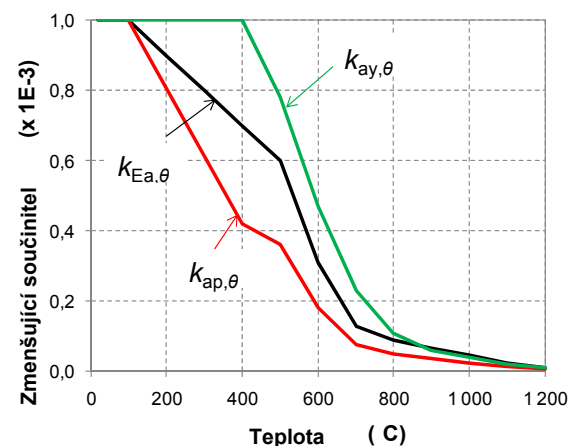
- Model zavádí do výpočtu boulení stojiny pomocí prvku BEAM element



Před vyboulením stojiny



Po vyboulení stojiny



Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

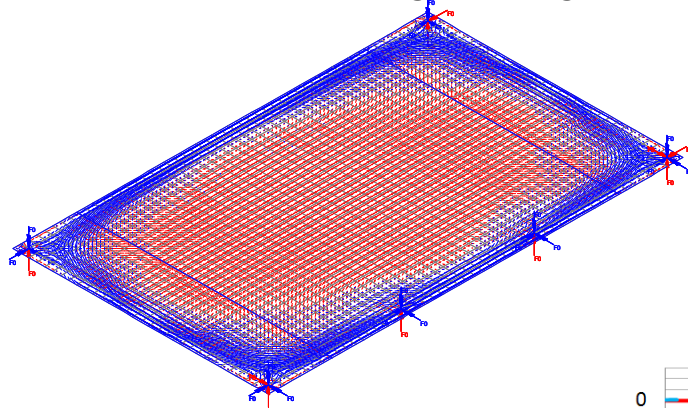
Závěr



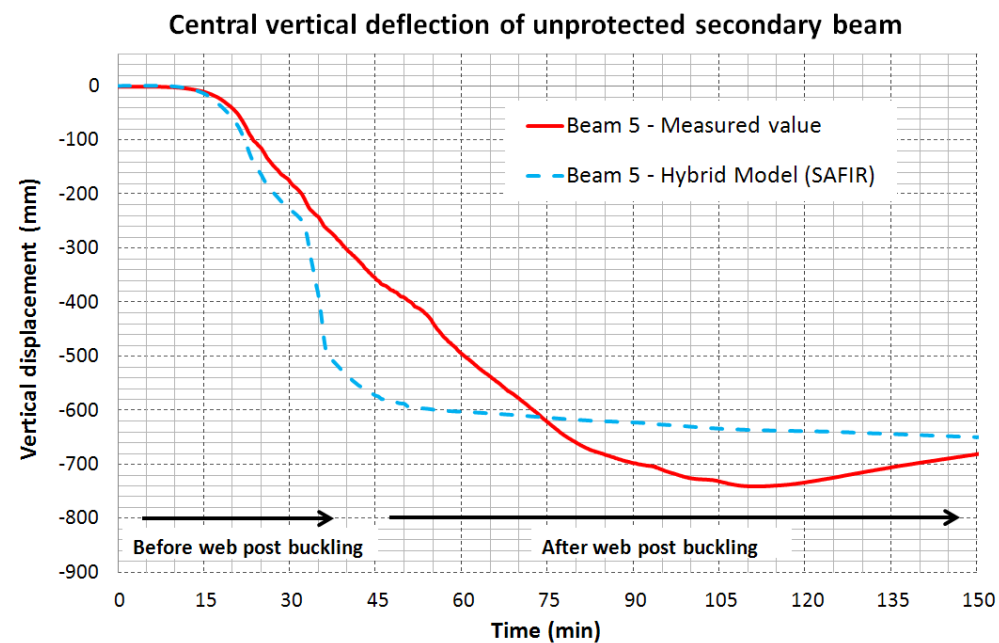
Ověření numerického modelu programem ANSYS vs Test 3 (3/3)



- **Porovnání s výsledky zkoušek (průhyb)**



Simulovaná napětí na desce na konci zkoušky



Porovnání průhybu (deska a nosníky)

Cíle

Vlastnosti

parametrické studie

Analýza pomocí
metody konečných
prvků

Ověření
numerického
modelu

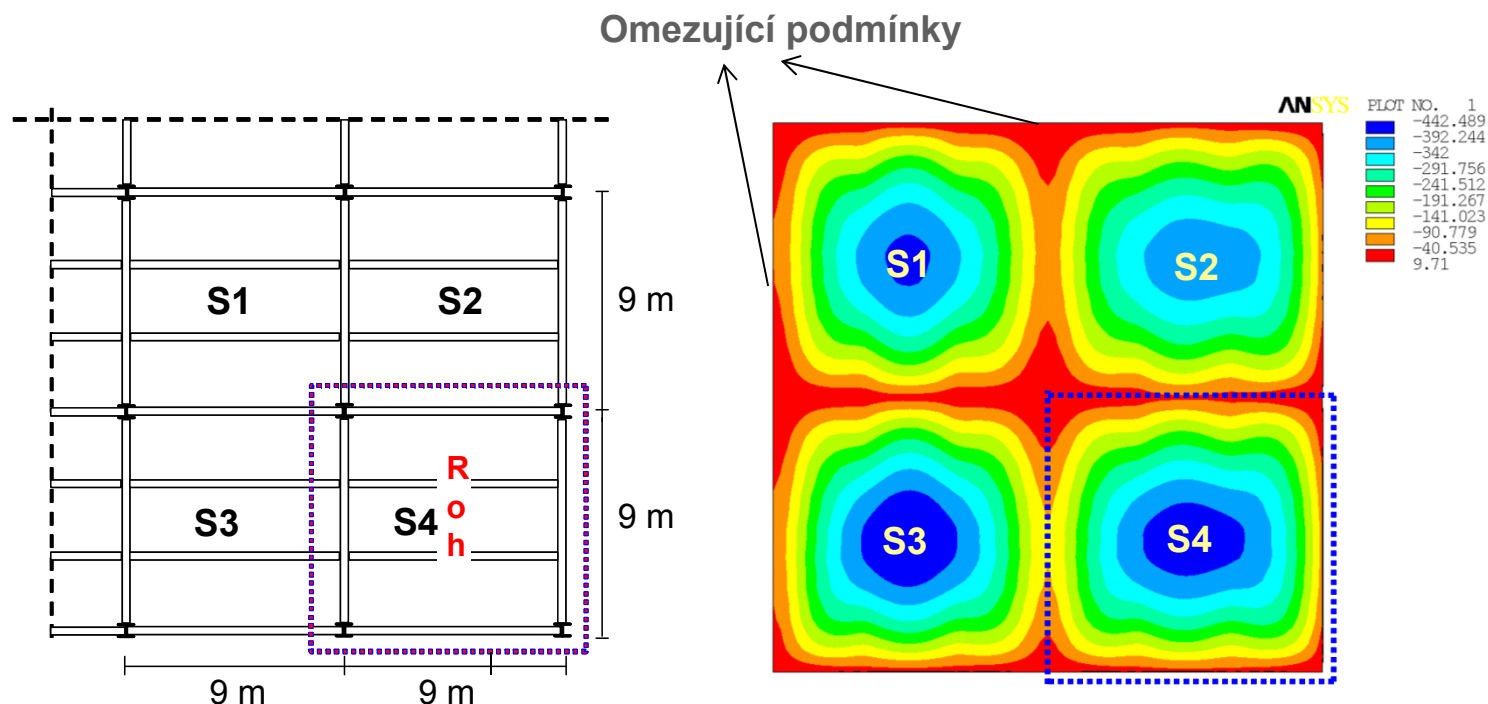
Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické studie

Závěr



Účinek okrajových podmínek



Konstrukční pole v budově

Model programem ANSYS

• Závěr

- Mezi všemi poli je rozhodující průhyb rohového pole s dvěma navazujícími okraji více než ostatní tři pole se třemi nebo čtyřmi navazujícími okraji.

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

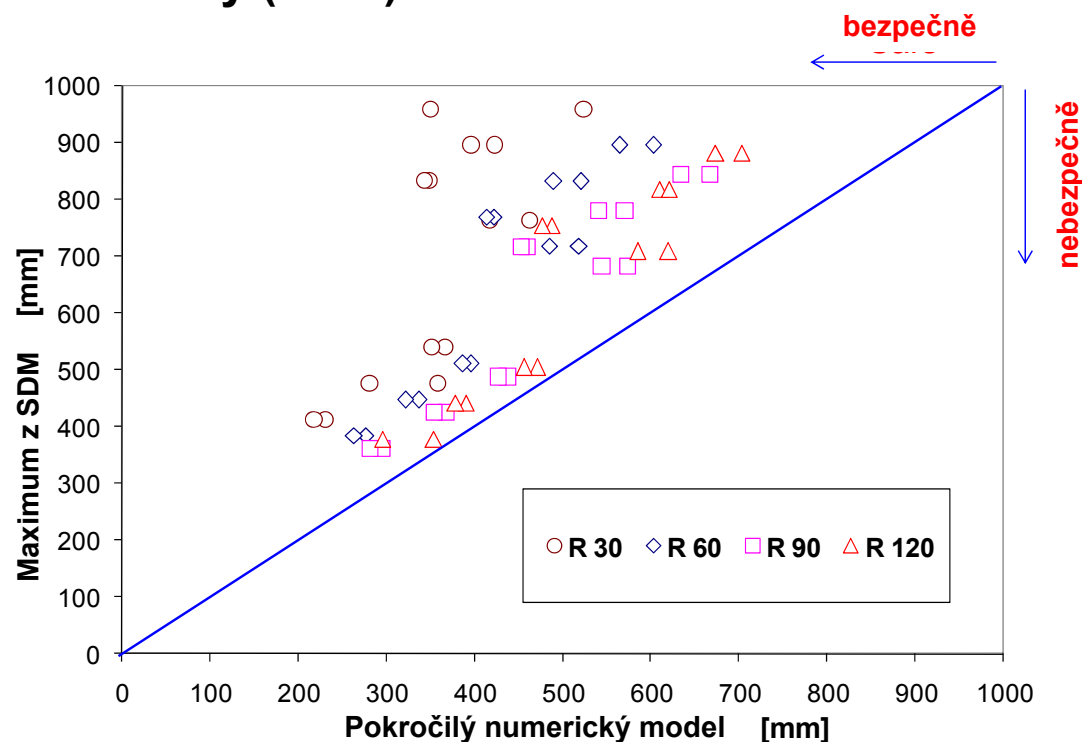
Závěr



Výsledky parametrické studie (1/4)



- **Porovnání průhybu získaného z numerické analýzy s maximálním možným průhybem získaným z jednoduché návrhové metody (SDM)**



S mechanickými spojovacími prostředky mezi deskou a sloupy v pokročilých výpočtech

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

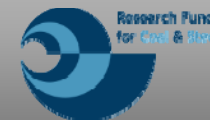
Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

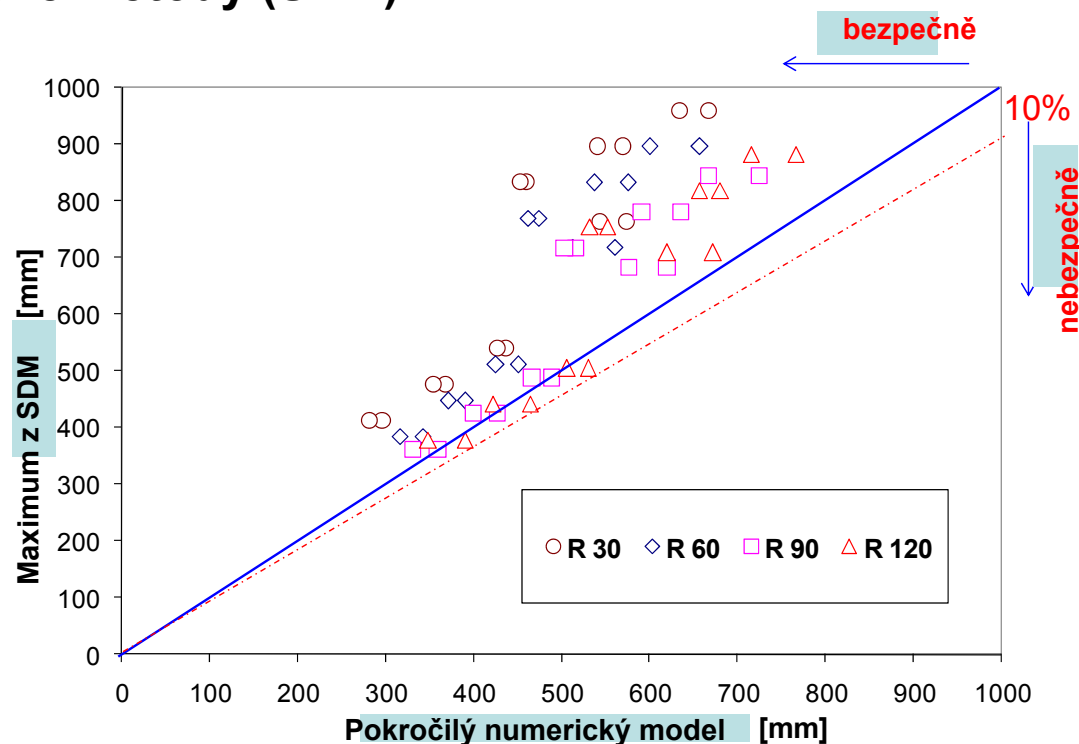
Závěr



Výsledky parametrické studie (2/4)



- Porovnání průhybu získaného z numerické analýzy s maximálním možným průhybem získaným z jednoduché návrhové metody (SDM)



**Bez mechanických spojovacích prostředků
mezi deskou a sloupy v pokročilých výpočtech**

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

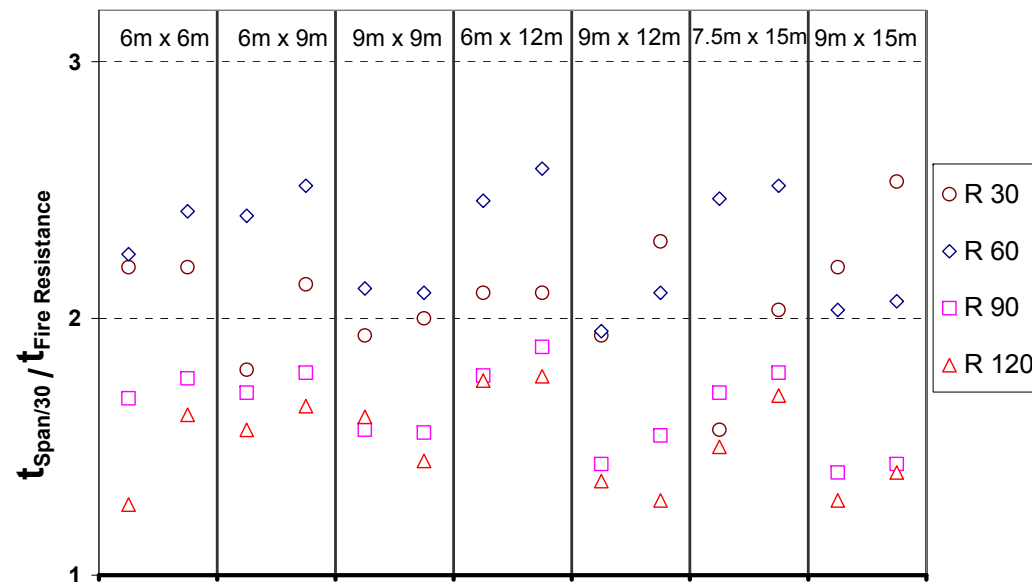
Závěr



Výsledky parametrické studie (3/4)



- Porovnání času, kdy průhyb získaný z numerické analýzy dosáhne rozpětí/30 s požární odolností podle jednoduché návrhové metody (SDM)



- **Závěr**
 - Kritérium rozpětí/30 není v numerické analýze dosaženo po celou dobu požární odolnosti předpovídané SDM

Cíle

Vlastnosti
parametrické
studie

Analýza pomocí
metody
konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

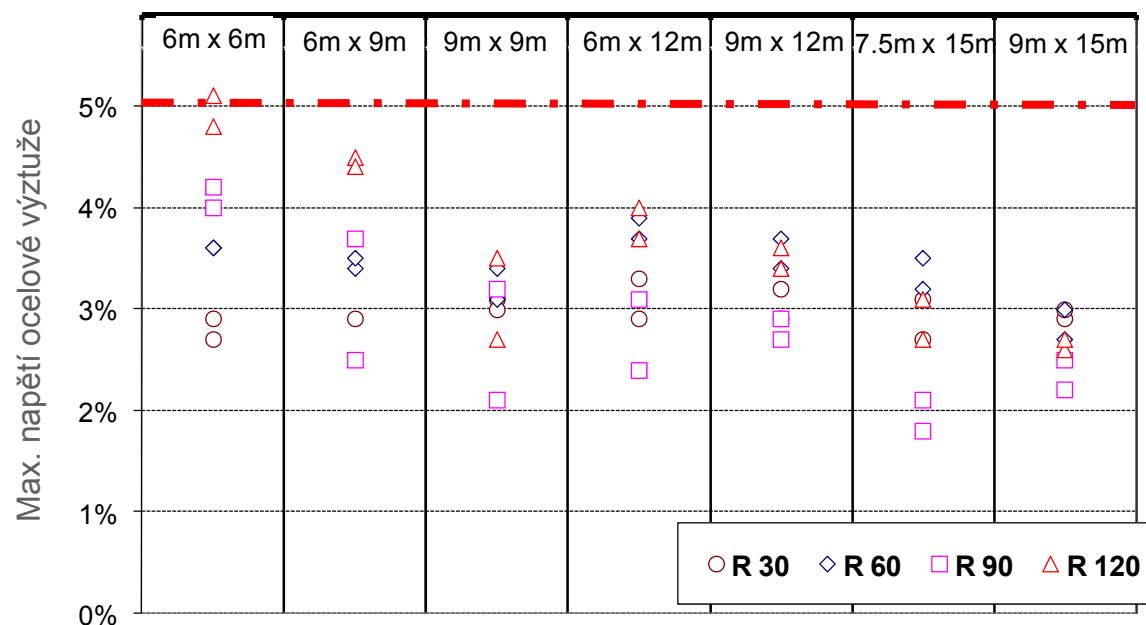
Závěr



Výsledky parametrické studie (4/4)



- **Protažení výztužné sítě**



- **Závěr**

- **Protažení výztuže < 5 %, což je nejmenší protažení výztuže podle EC4-1.2.**

Cíle

Vlastnosti

parametrické
studie

Analýza pomocí
metody

konečných prvků

Ověření
numerického
modelu

Účinek okrajových
podmínek

Výsledky
parametrické
studie

Závěr



Závěr



- **SDM (Jednoduchá návrhová metoda) je na bezpečné straně v porovnání s výsledky pokročilých výpočetních metod.**
- **Protažení výztužné ocelové sítě zůstává nižší než 5%.**
- **Ohybově tuhé spojení desky na sloup může snížit průhyb kompozitního stropního systému za požární situace, ale není bezpodmínečně nutné.**
- **SDM je schopna předvídat bezpečně konstrukční chování kompozitní ocelobetonové stropní konstrukce vystavené požáru.**