



ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



Research Fund
for Coal & Steel

STABFI

Stabilizace prvků za zvýšené teploty

František Wald



Motivace

Seznámení se
stabilizací prvků pláštěm
za zvýšené teploty



RFCS 751583

Steel cladding systems for **stab**ilization of steel buildings in **fi**re

ČVUT

Obsah přednášky

- Úvod
- **Experimenty**
- **Model MKP**
 - Validace
- **Analytický model**
- Shrnutí



Experimenty a numerické modely byly připraveny na BUTE Budapešť

Úvod

- Za požáru se redukuje
 - hodnoty materiálových charakteristik sendvičových panelů a trapézových plechů
 - tuhost a únosnost jejich přípojí

➤ Úvod

Experimenty

Model MKP

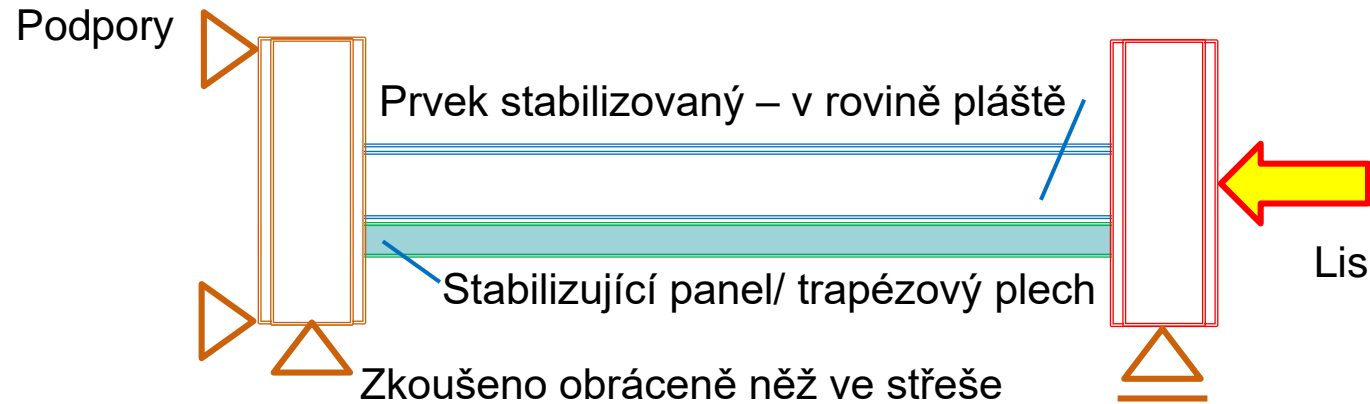
Validace

Analytický
model

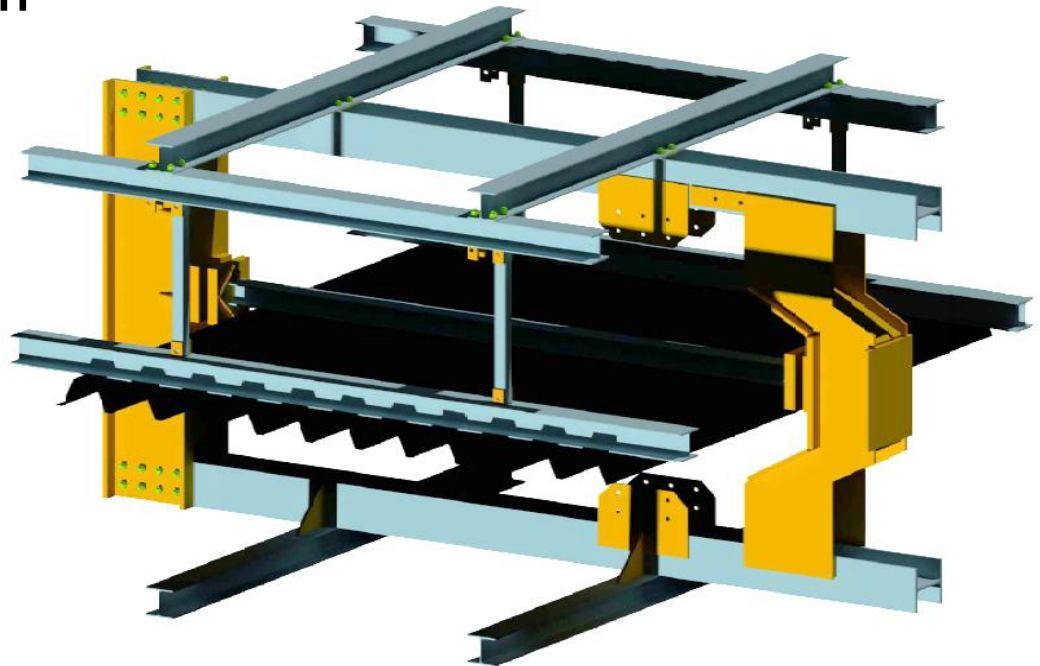
Shrnutí

- Přednáška je zaměřena na experimentální a numerické ověření **stabilizace prvku pláštěm ze sendvičových panelů za zvýšené teploty**

Experimenty



- Zkušební sestava



Úvod

→ Experimenty

Model MKP

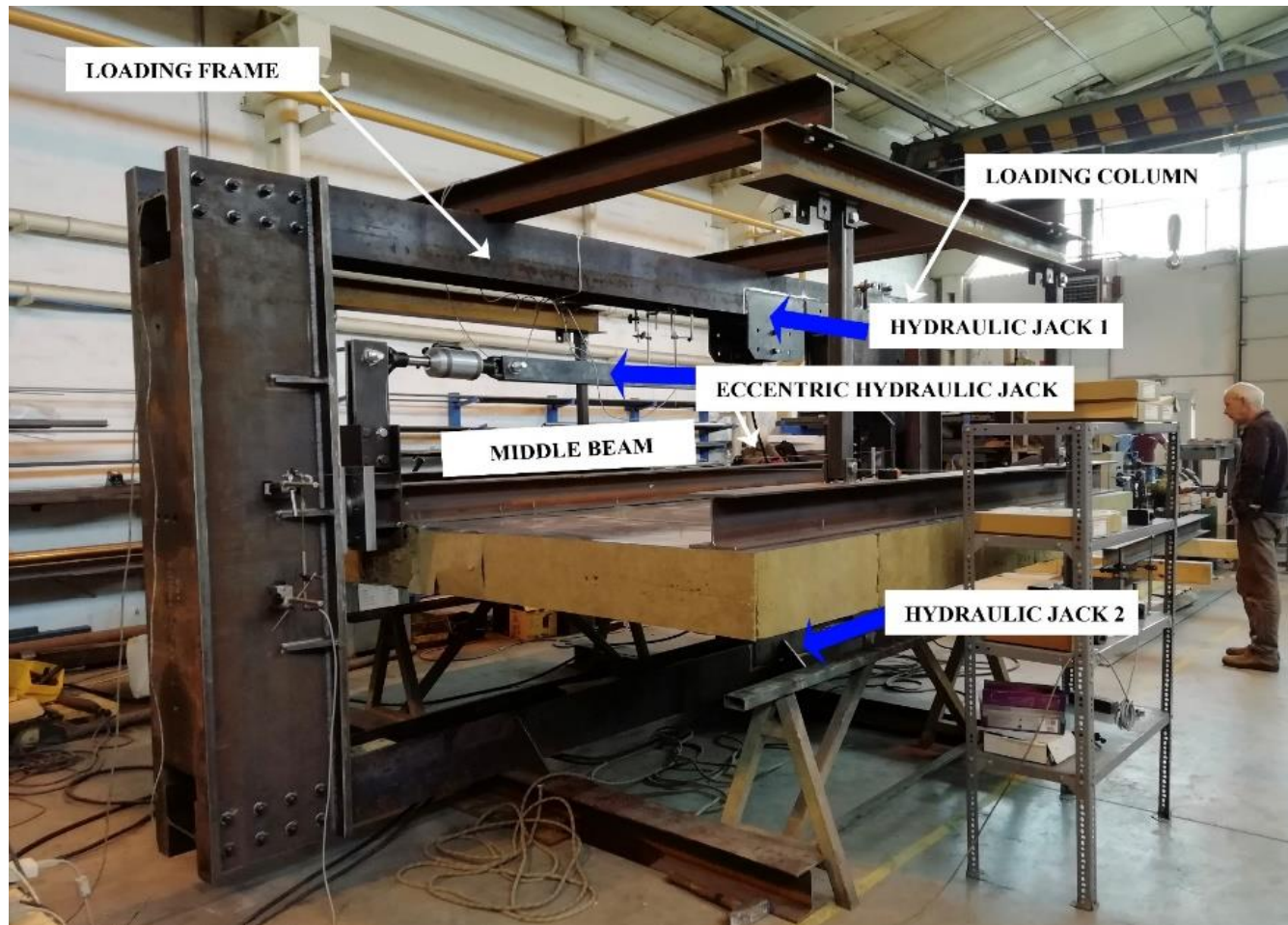
Validace

Analytický model

Shrnutí

Zkušební sestava

- Zkouška za běžné teploty



Úvod

► Experimenty

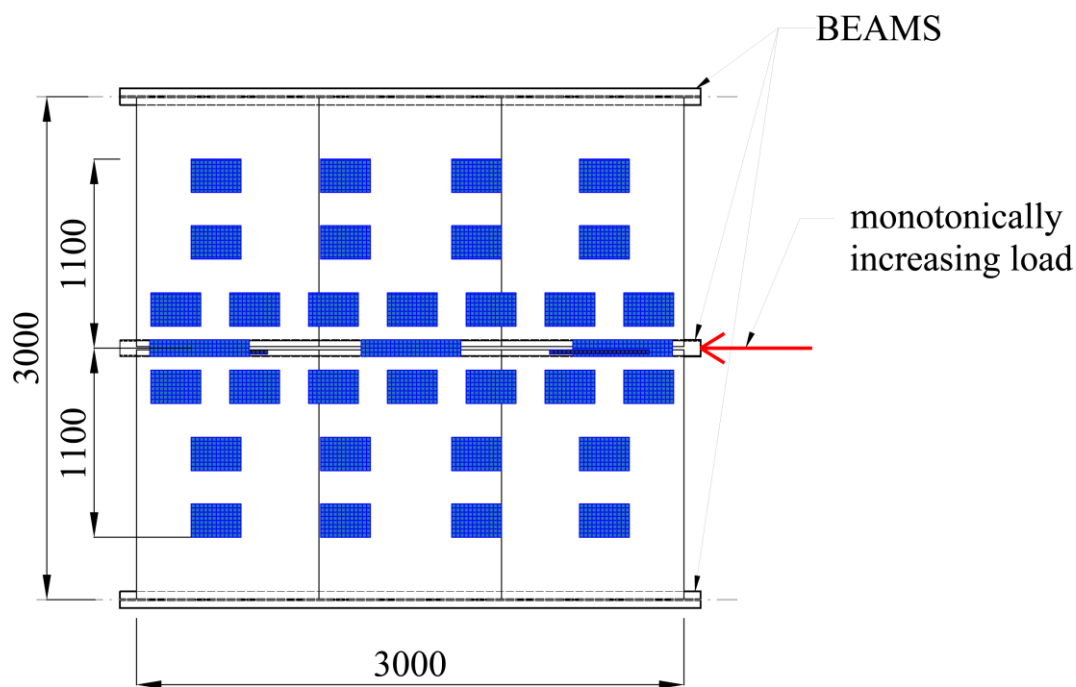
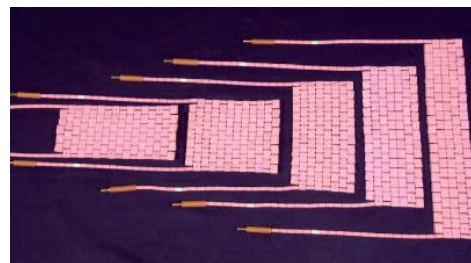
Model MKP

Validace

Analytický
model

Shrnutí

Ohřev keramickými odporovými dečkami



Úvod

➤ Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

Shrnutí

Rozsah zkoušek

Compressive strength			Structural members and loading types			
Cladding	Cladding thickness [mm]	Temp. [°C]	HEA120 – axial load	SHS 250x150x6 – axial load	HEA160	
					Axial load	Eccentric load
Sandwich panel with PIR core	100	20	1060 kN 100 %	1511 kN 100%	779 kN 100 %	84 kN 100 %
		200	673 kN 63%	1035 kN 68 %	737 kN 95 %	81 kN 96 %
		250	652 kN 62 %	1382 kN 91 %	493 kN 63 %	54 kN 64 %
	160	20	1001 kN 100%	1575 kN 100 %	765 kN 100 %	84 kN 100 %
		200	530 kN 53 %	1345 kN 85 %	775 kN 101 %	85 kN 101 %
		250	655 kN 65%	1248 kN 79 %	708 kN 93 %	78 kN 93 %
Trapezoidal sheeting ($t=0.88$ mm)	100	20	856 kN 100 %	1587 kN 100 %	737 kN 100 %	81 kN 100 %
		200	597 kN 70%	1359 kN 86 %	574 kN 78 %	63 kN 78 %
		250	902 kN 105 %	1444 kN 91 %	746 kN 101 %	82 kN 101 %
Sandwich panel with mineral wool core	100	20	984 kN 100 %	1382 kN 100 %	673 kN 100 %	-73 kN 100 %
		200	762 kN 77 %	1206 kN 87 %	547 kN 81 %	-60 kN 82 %
		300	754 kN 77 %	1046 kN 76 %	511 kN 76 %	-56 kN 77 %
	230	20	1057 kN 100%	1735 kN 100 %	691 kN 100 %	-76 kN 100 %
		200	663 kN 63 %	1463 kN 84 %	578 kN 84 %	-63 kN 83 %
		300	763 kN 72 %	1039 kN 60 %	468 kN 68 %	-51 kN 67 %
Trapezoidal sheeting ($t=0.9$ mm)	153	20	850 kN 100 %	1352 kN 100 %	727 kN 100 %	-79 kN 100 %
		200	622 kN 73 %	1426 kN 105 %	541 kN 74 %	-59 kN 75 %
		300	430 kN 51 %	1380 kN 102 %	656 kN 90 %	-71 kN 90 %

Úvod

► Experimenty

Model MKP

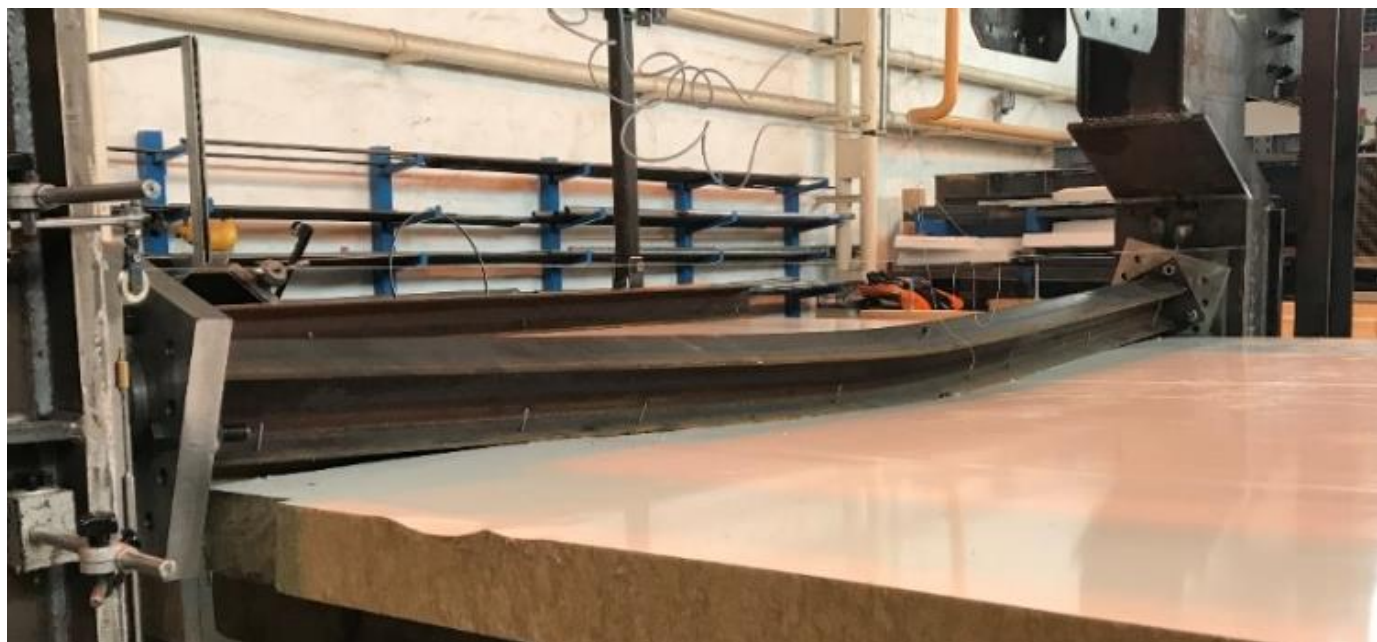
Validace

Analytický model

Shrnutí

Tvary porušení HEA 120

- Klopení



Úvod

➤ Experimenty

Model MKP

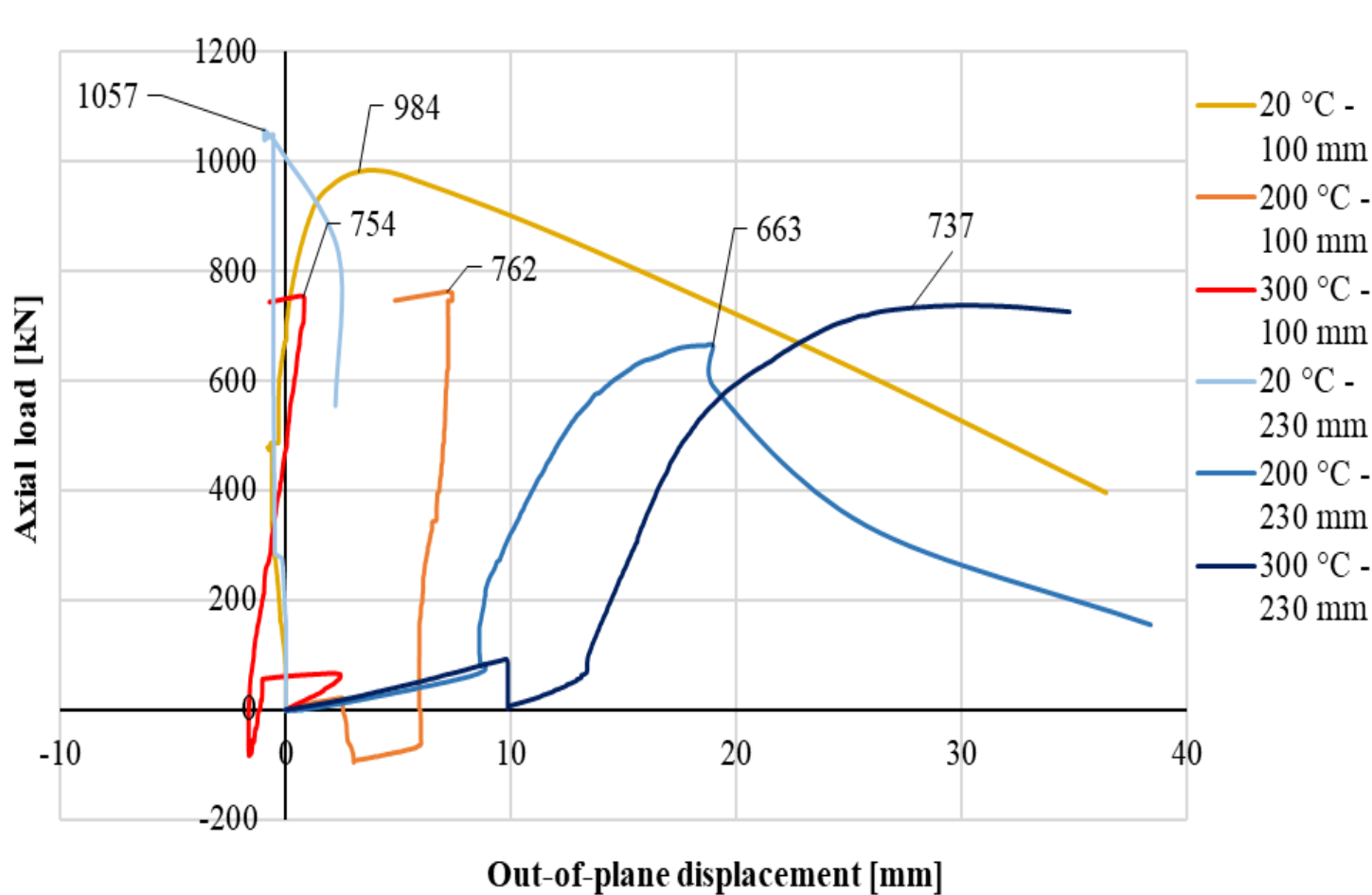
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Výsledky experimentů pro HEA120

○ Járo z minerální vaty



Úvod

► Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

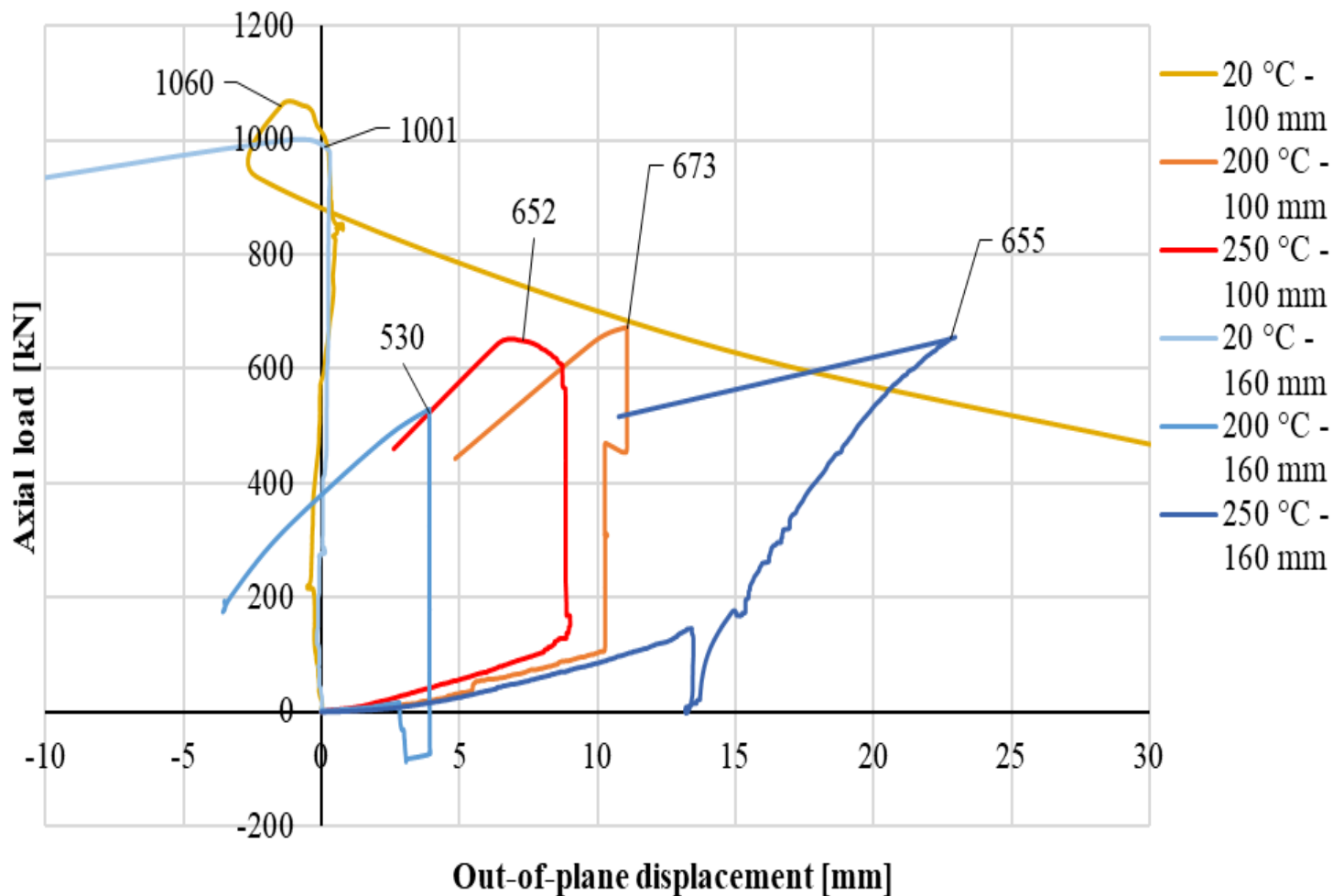
Shrnutí

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Výsledky experimentů pro HEA120

○ Jádro z PIR



Úvod

► Experimenty

Model MKP

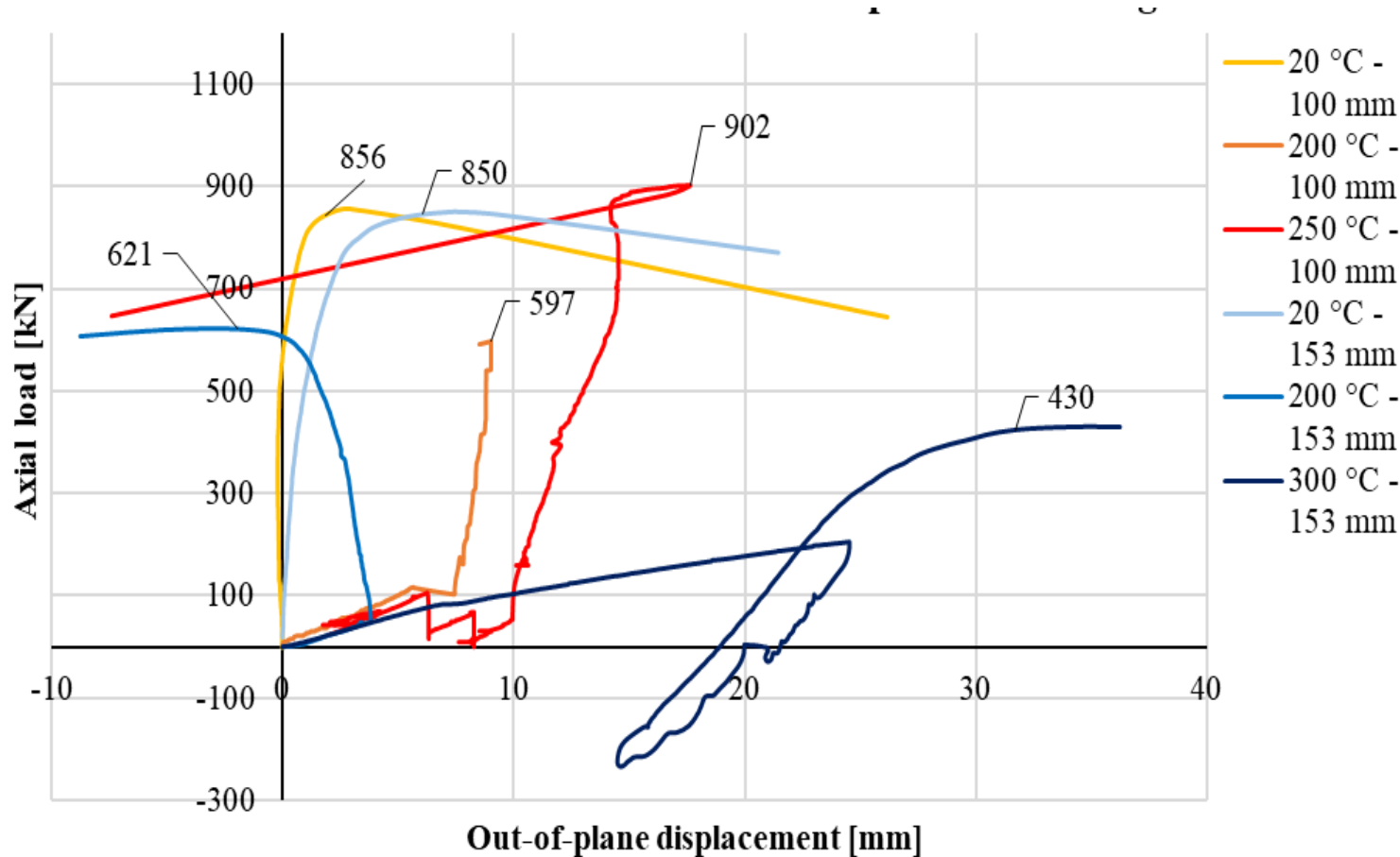
Validace

Analytický model

Shrnutí

Výsledky experimentů pro HEA120

- Plášť z trapézových plechů



Úvod

► Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

Shrnutí

Tvary porušení HEA 160

- Vzpěr



Úvod

► Experimenty

Model MKP

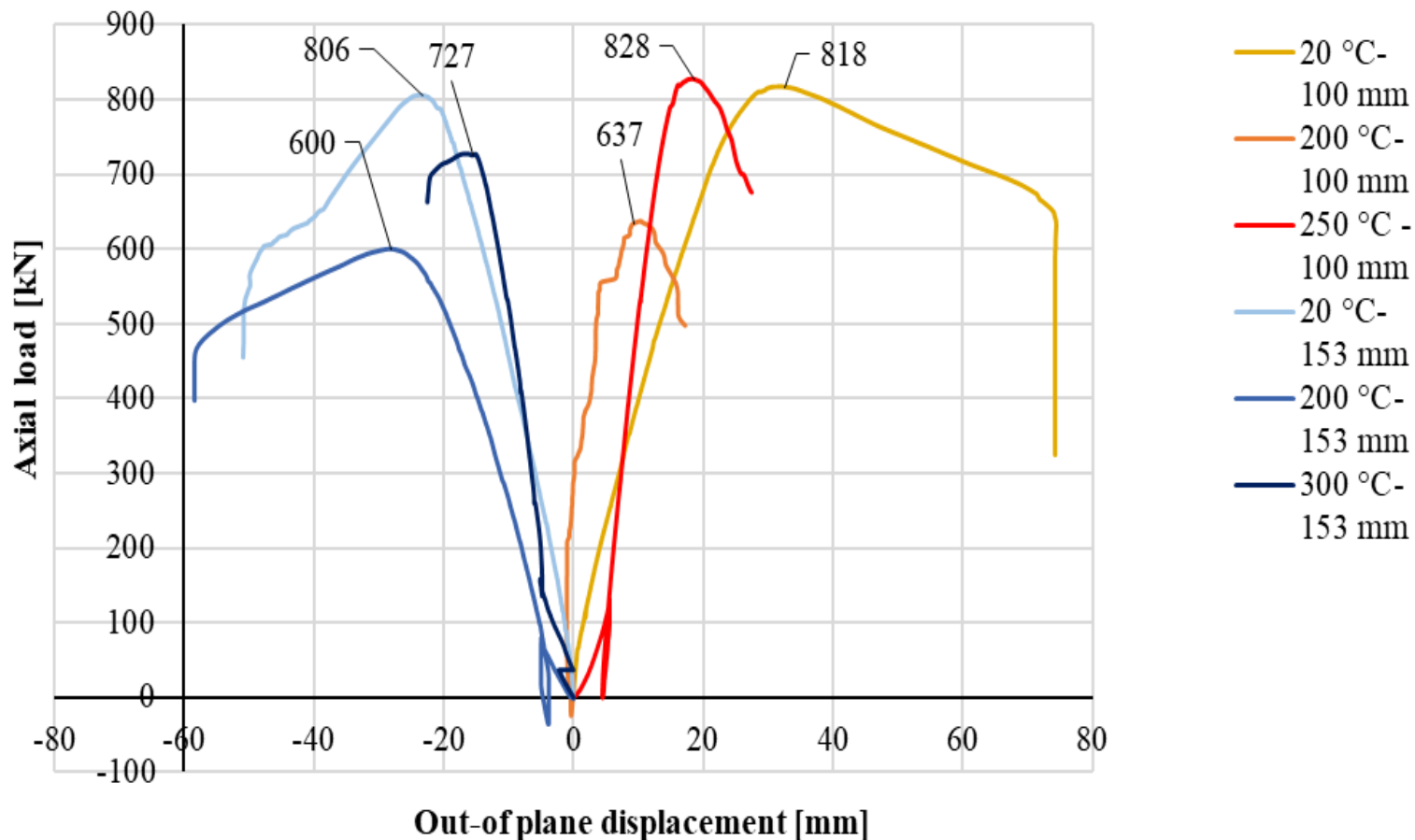
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Výsledky experimentů pro HEA160

○ Plášť z trapézových plechů



Úvod

► Experimenty

Model MKP

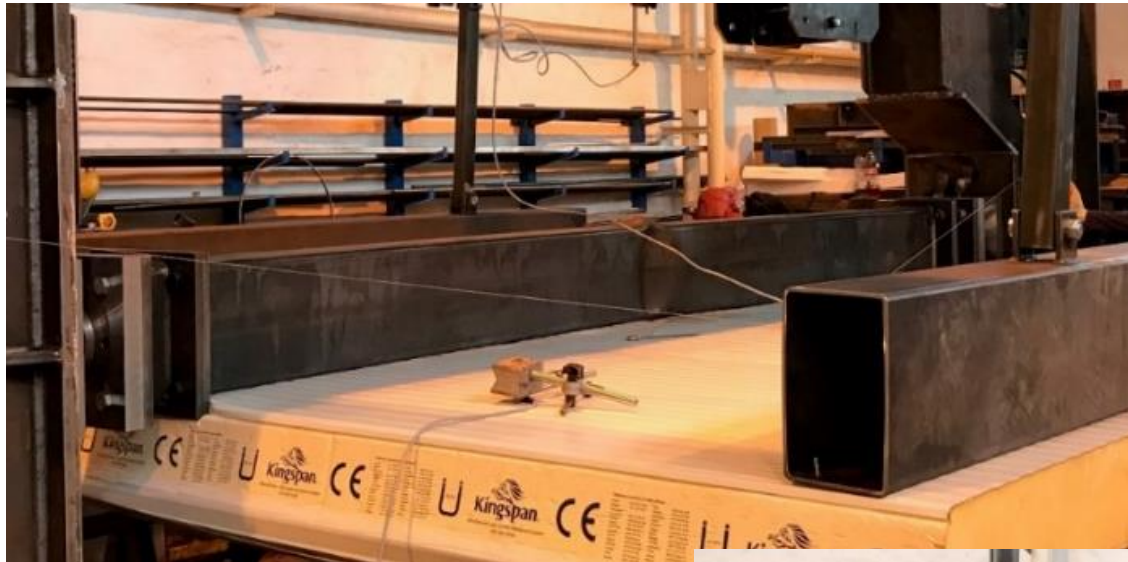
Validace

Analytický model

Shrnutí

Tvary porušení SHS 250x150x6

- Vzpěr a místní boulení



Úvod

► Experimenty

Model MKP

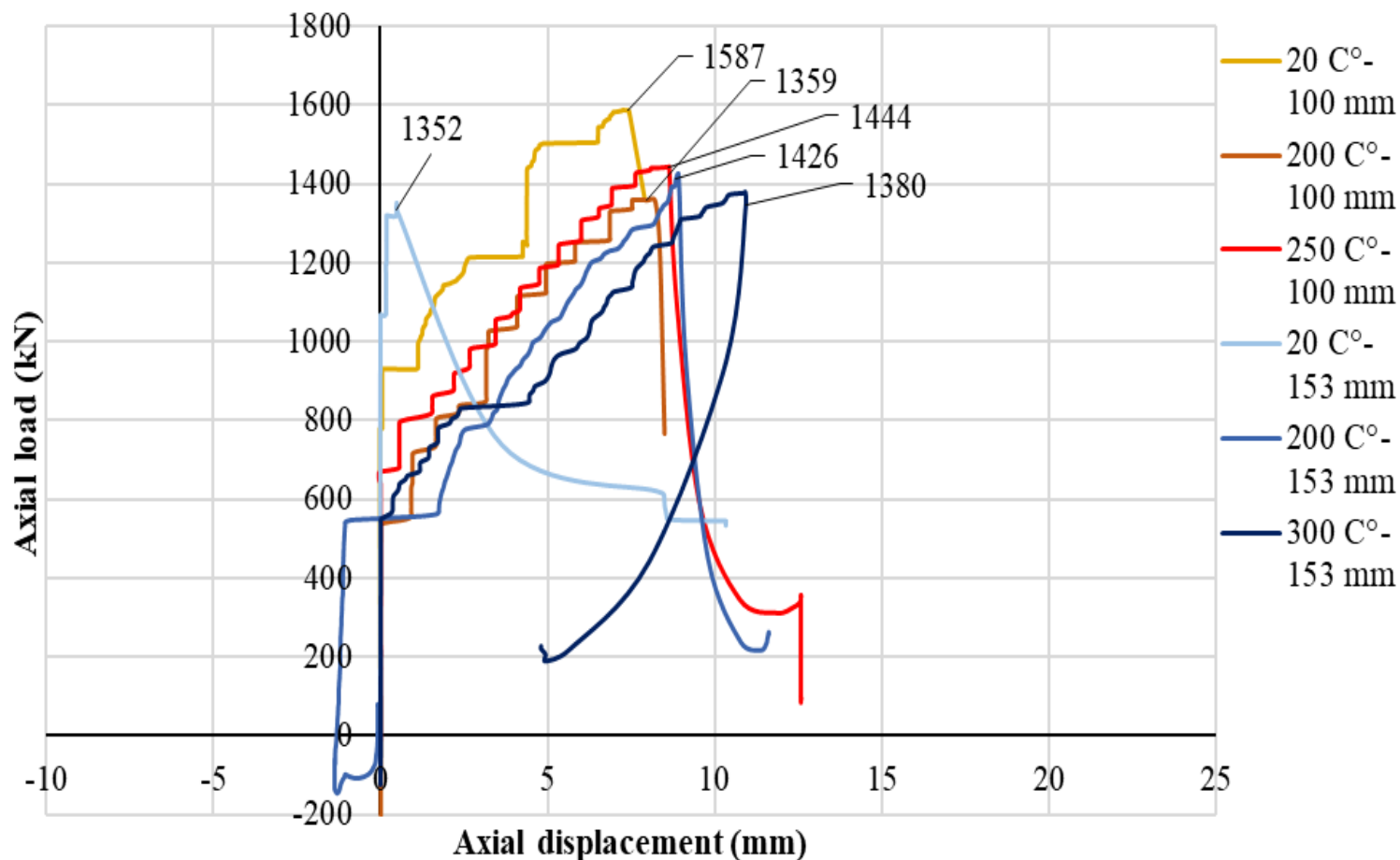
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Výsledky experimentů pro SHS250x150x6

- Plášť z trapézových plechů



Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

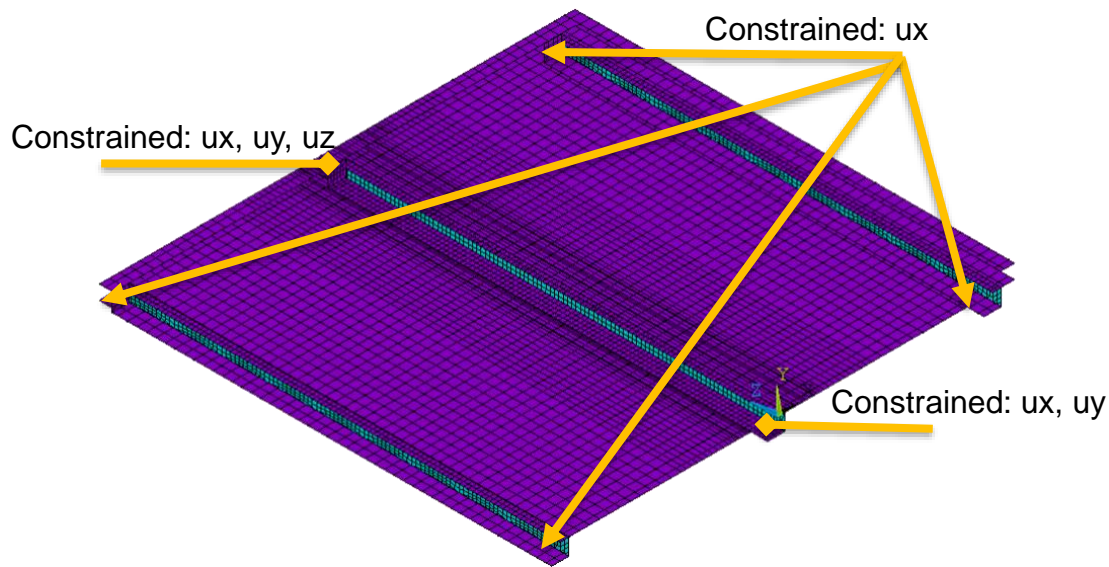
Shrnutí

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Model MKP

- ANSYS Workbench
- Ohřev a síla po přírůstcích jako při experimentu



Material model: multilinear isotropic hardening (MISO)

Contact areas between lower sheeting and beam (CONTA173 – TARGE170)

Úvod

Experimenty

▶ Model MKP

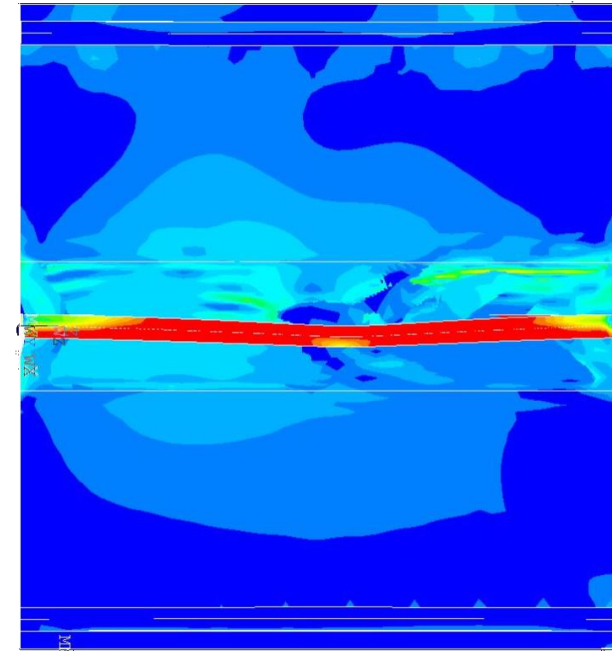
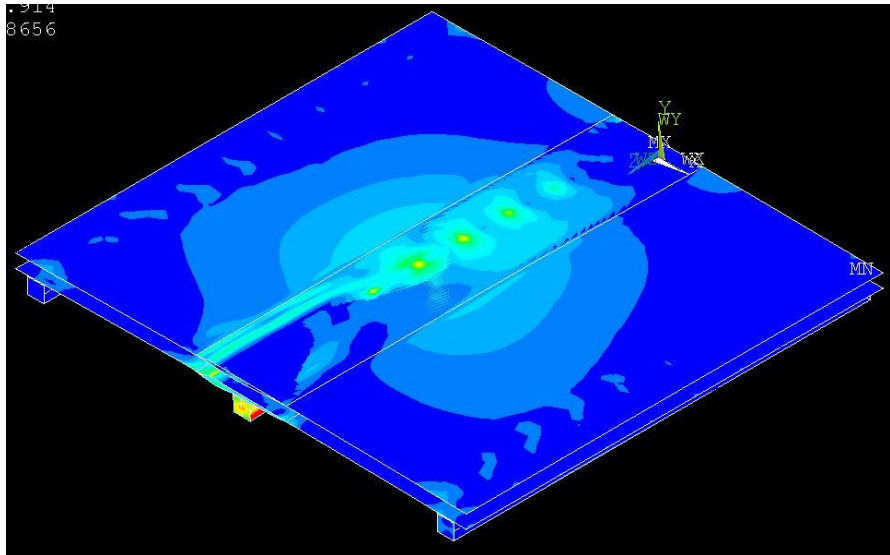
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Výsledky HEA120

- Tvary porušení



Úvod

Experimenty

Model MKP

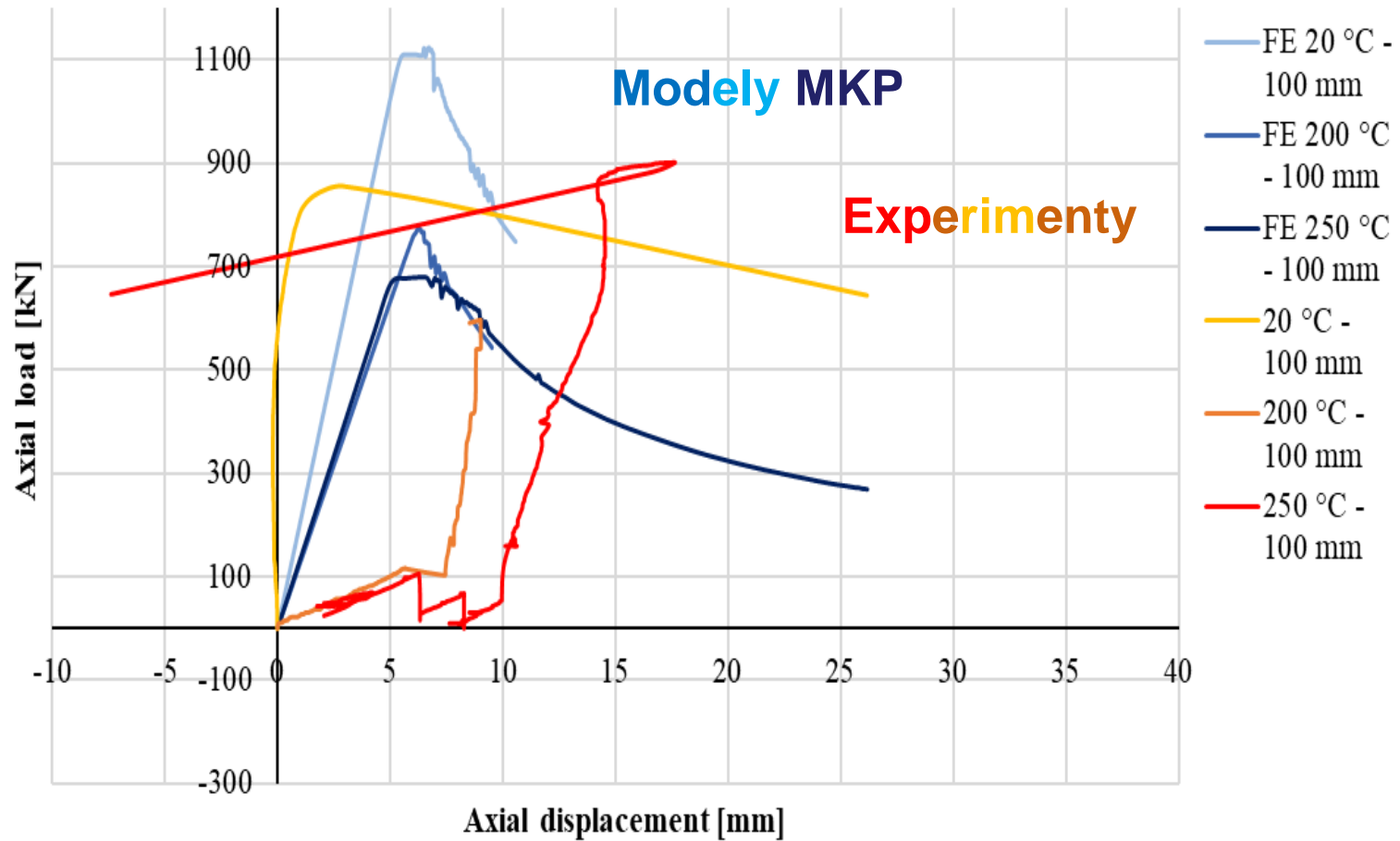
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Validace HEA120

- Plášť z trapézových plechů



Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický
model

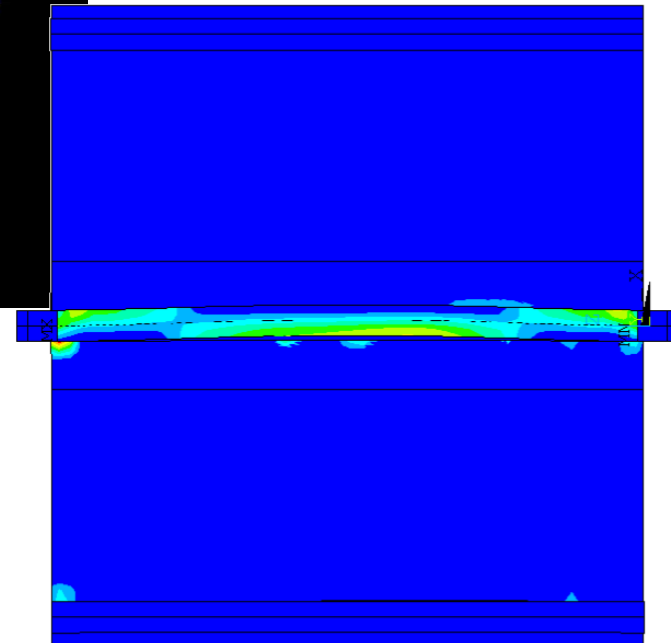
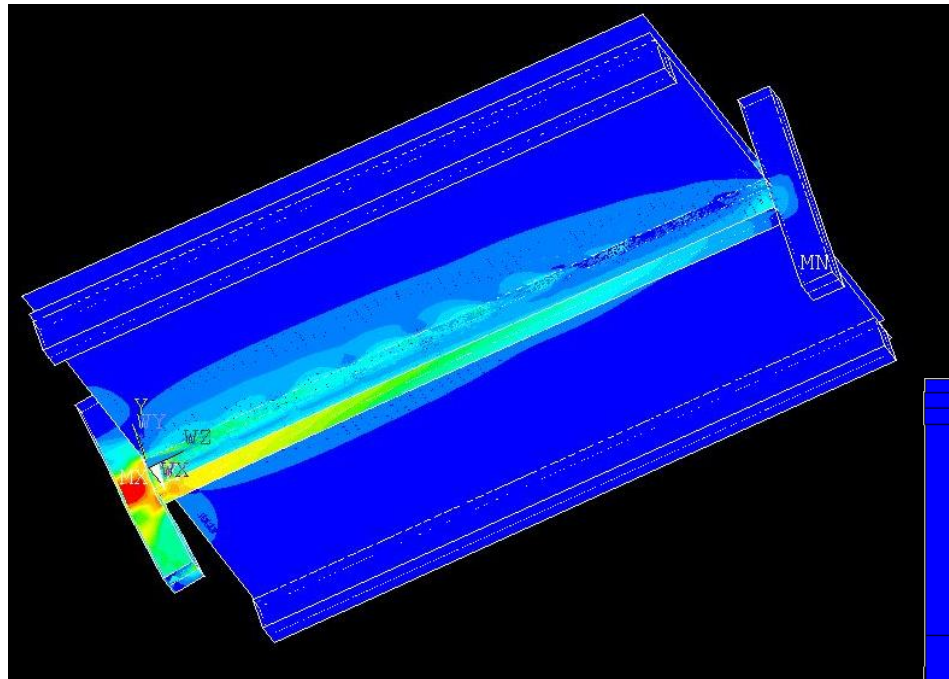
Shrnutí

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Výsledky HEA120

- Tvary porušení



Úvod

Experimenty

Model MKP

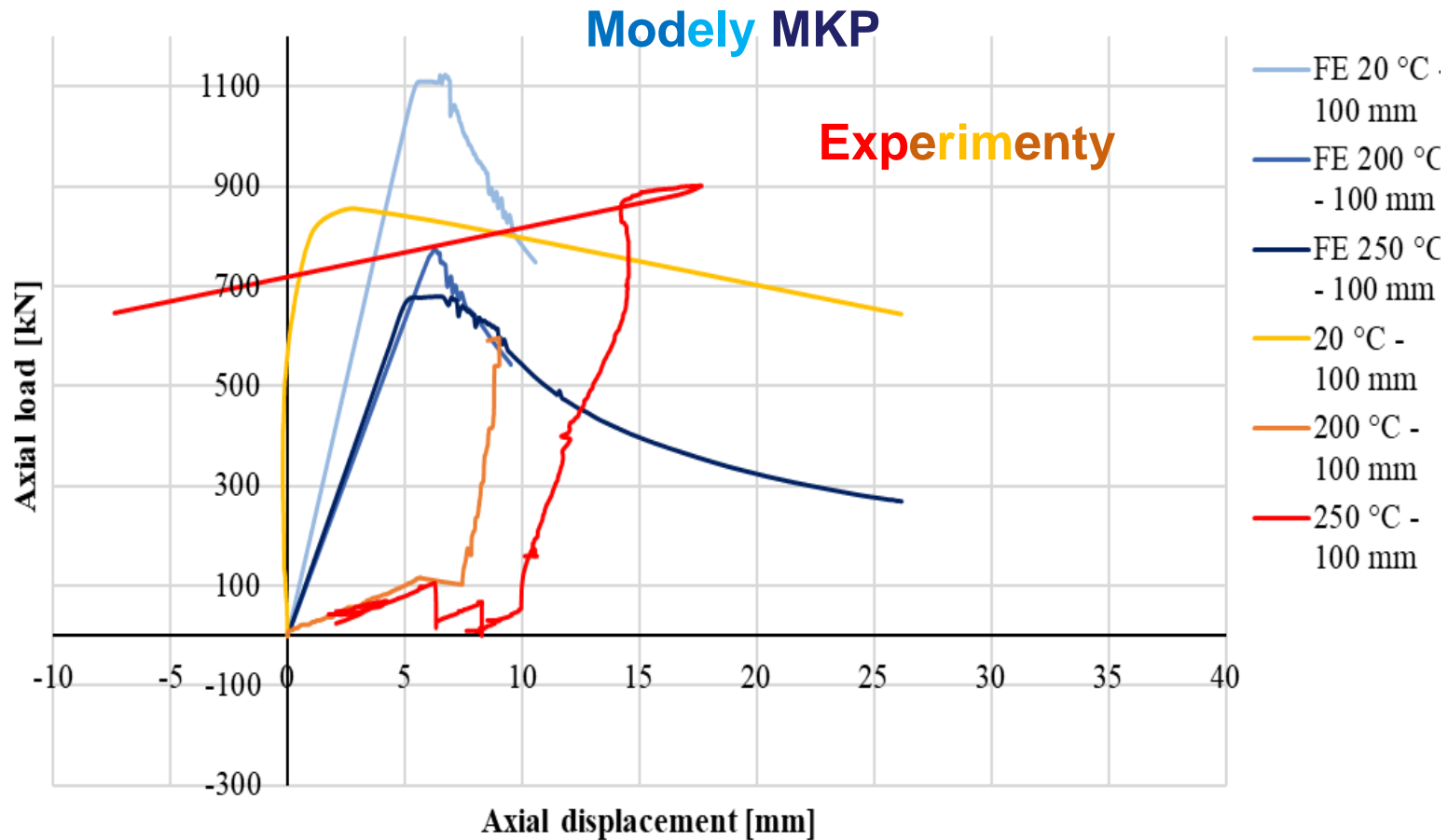
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Validace HEA120

- Plášť z trapézových plechů



Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

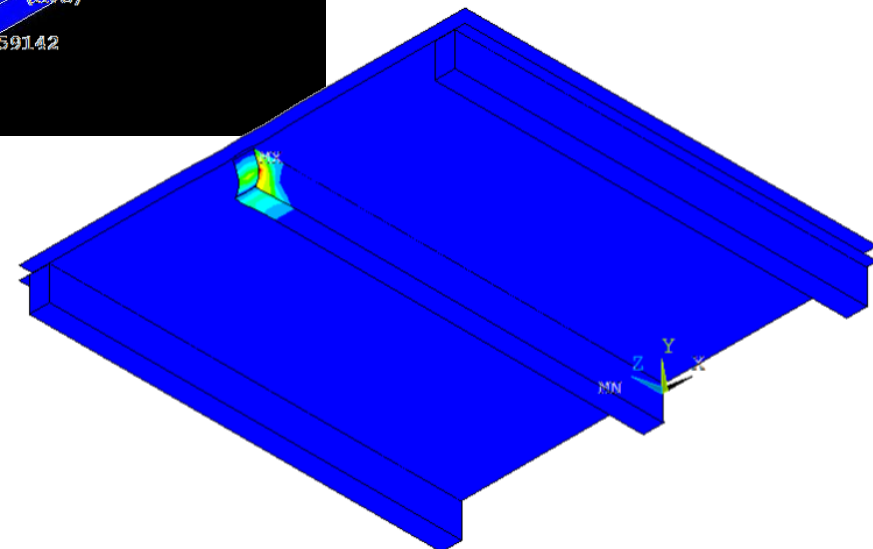
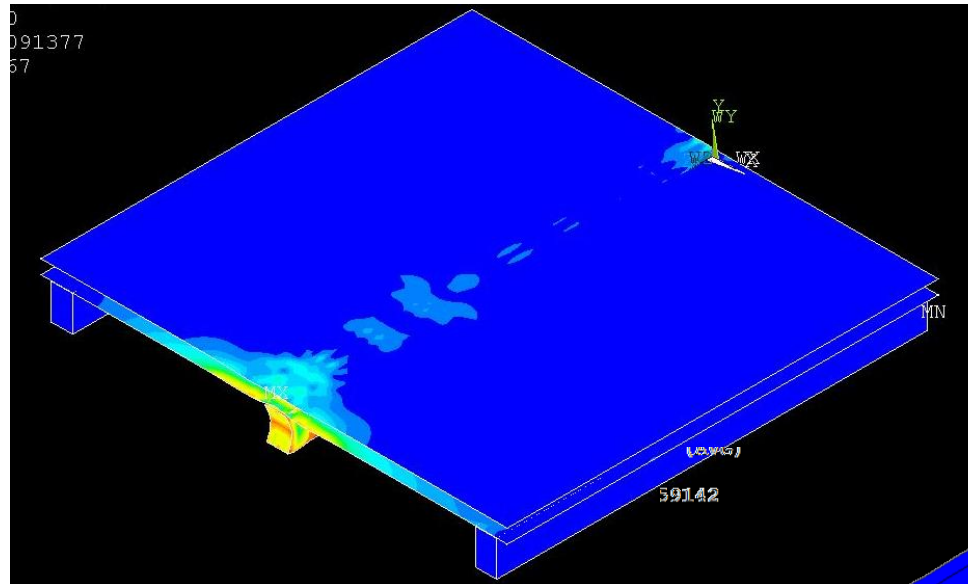
Shrnutí

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Výsledky SHS250x150x6

- Tvary porušení



Úvod

Experimenty

Model MKP

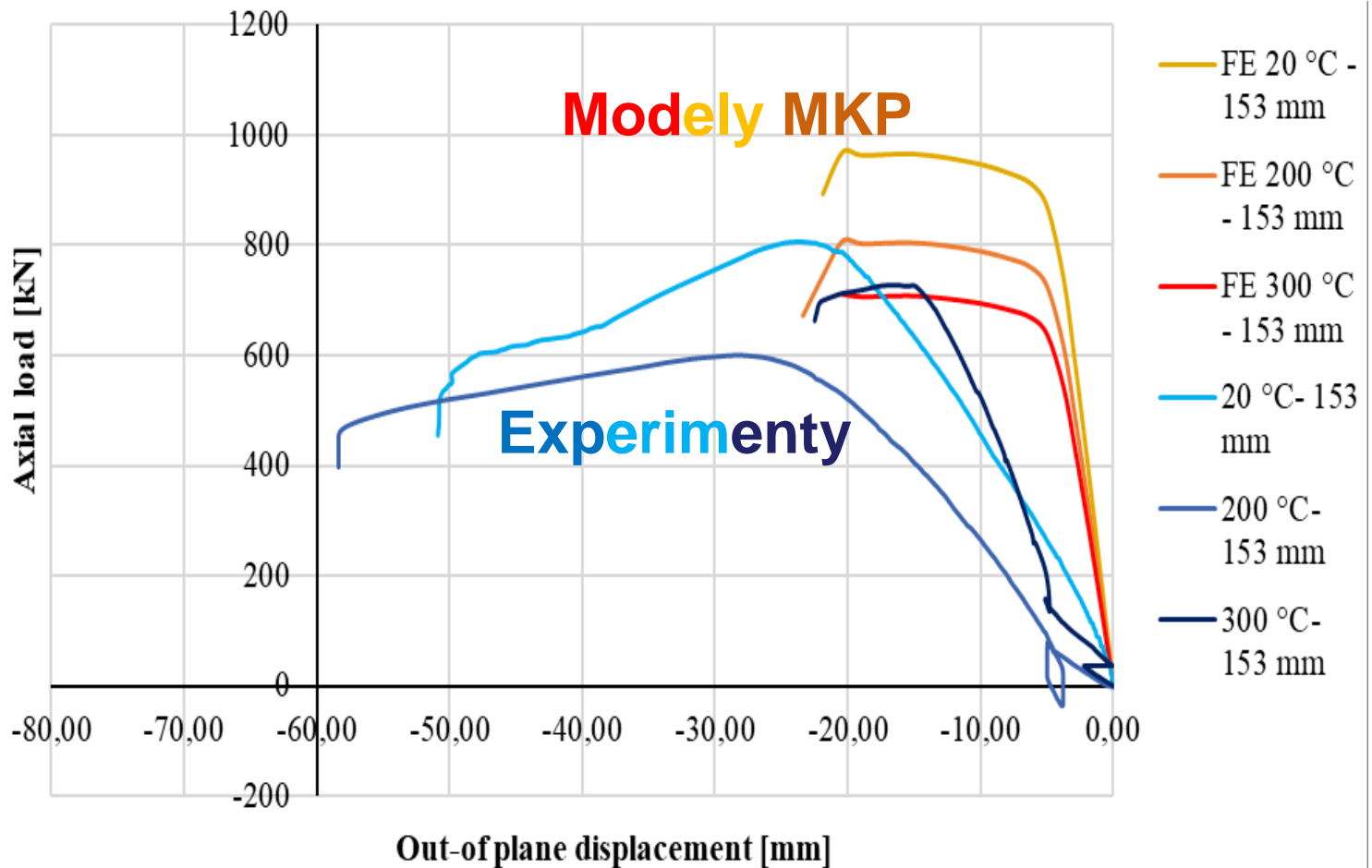
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Validace SHS250x150x6

- Plášť z trapézových plechů



Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

Shrnutí

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Analytický model v rovině pláště

Vzpěrná síla $N_{cr,z}$ a vzpěrná délka $L_{cr,z}$ v rovině lze stanovit jako

$$\frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,z}^2} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot EI_z}{L_z^2} + \frac{k_v}{2B} \sum_{k=1}^n c_k^2 \Rightarrow$$

$$L_{cr,z} = \frac{L}{\sqrt{1 + \frac{k_v}{2B} \sum_{k=1}^n c_k^2 \frac{L^2}{\pi^2 EI_z}}}$$

kde

EI_z je ohybová tuhost prvku k měkké ose

L rozpětí

k_v tuhost vodorovného připojení

n počet přípojí

Úvod

Experimenty

Model MKP

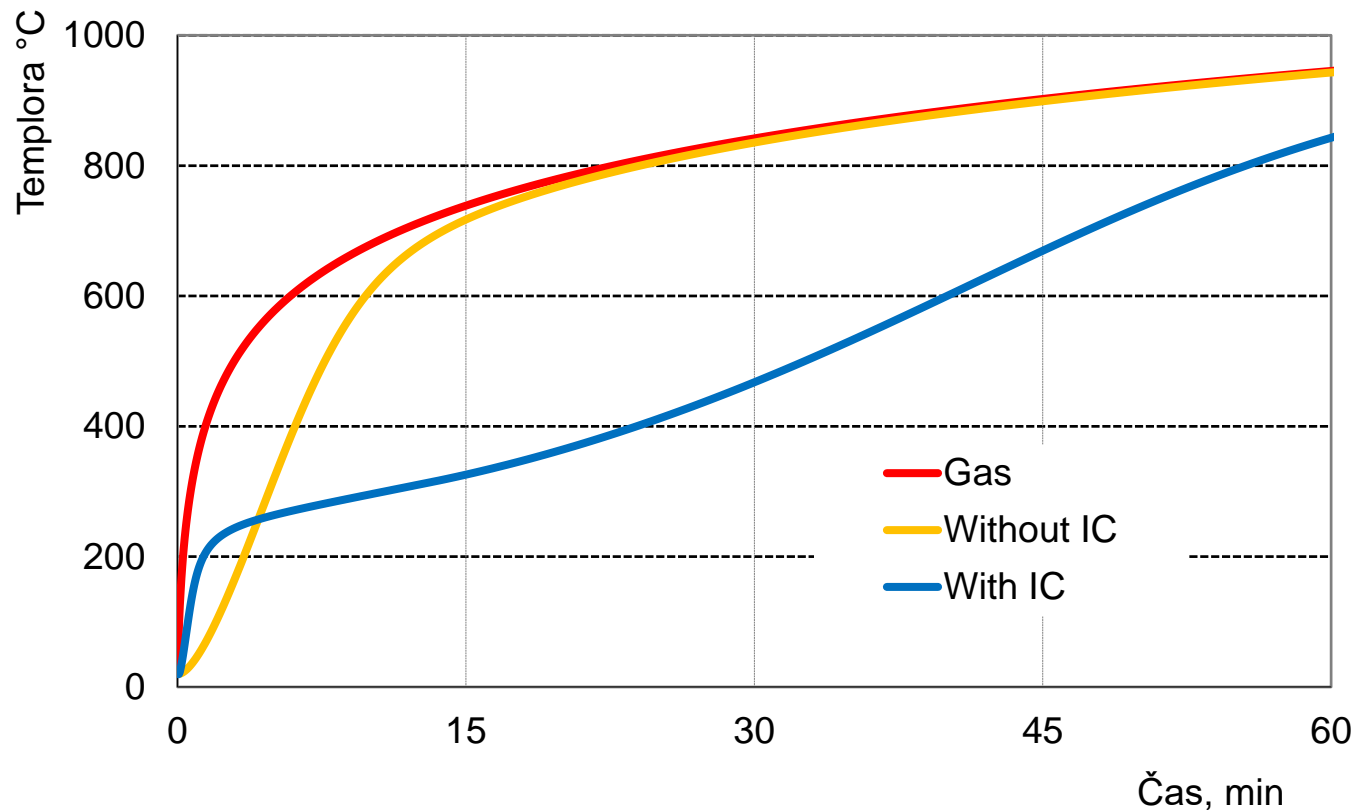
Validace

Analytický
model

Shrnutí

Vzpěr v rovině pláště

- Teplota nosníku HEA120 ro ohřev podle nominální normové křivky



Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

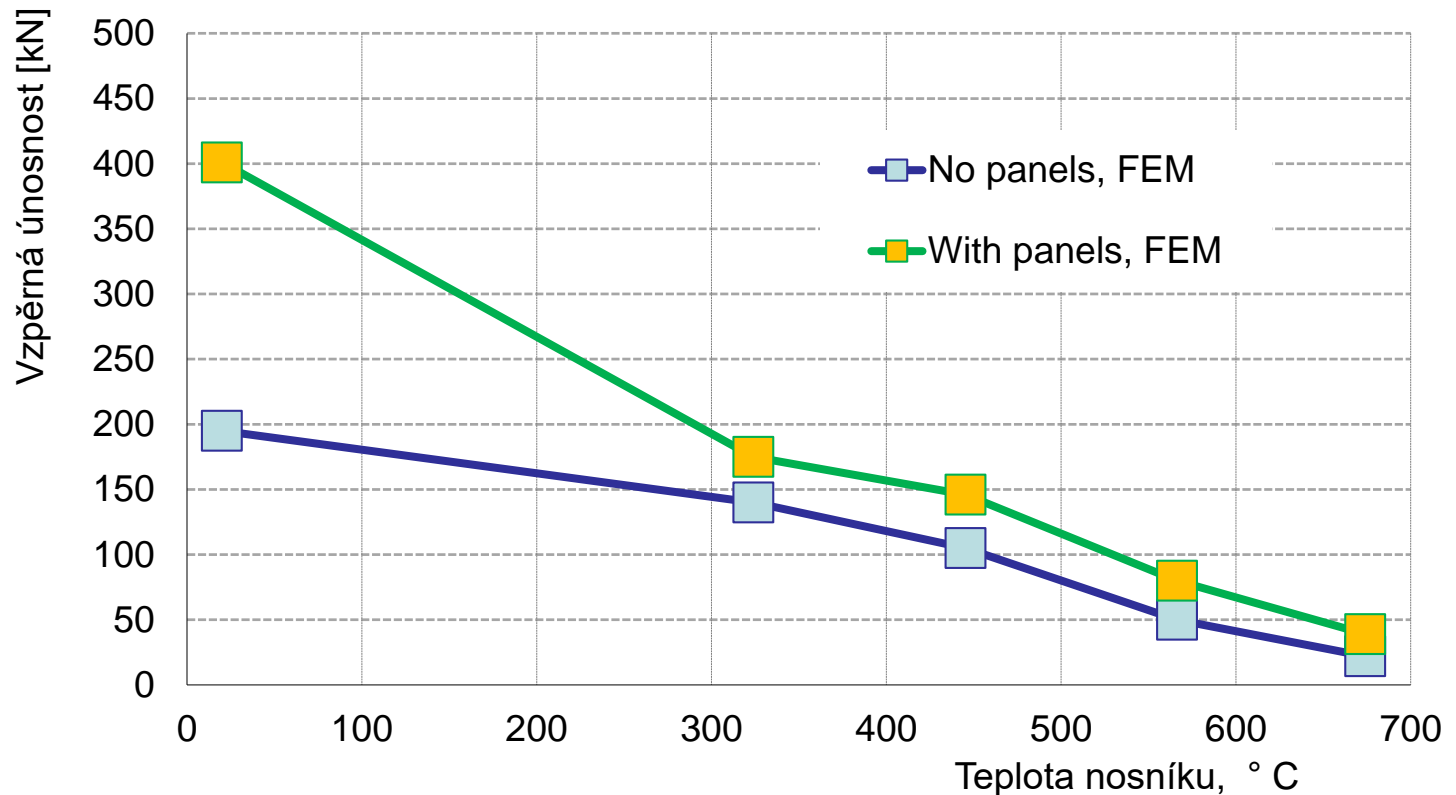
Shrnutí

ČVUT

ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE

Vzpěr v rovině pláště

- Vzpěrná únosnost nosníku HEA120 k měkké ose podle MKP simulace



Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický model

Shrnutí

Shrnutí

- Pro návrh tuhosti a únosnosti přípoju panelů lze využít návrh za běžné teploty

-

- Únosnost lze redukovat

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

- Tuhost lze redukovat

$$E_\theta = E \cdot k_{E,\theta}$$

$$f_{u,F2,\theta} = f_{u,F2} \cdot k_{p,\theta}$$

Úvod

Experimenty

Model MKP

Validace

Analytický
model

➤ Shrnutí

redukčními součiniteli podle EN1993-1-2:2005



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE



STABFI

Děkuji za pozornost

František Wald

frantisek.wald@fsv.cvut.cz

