



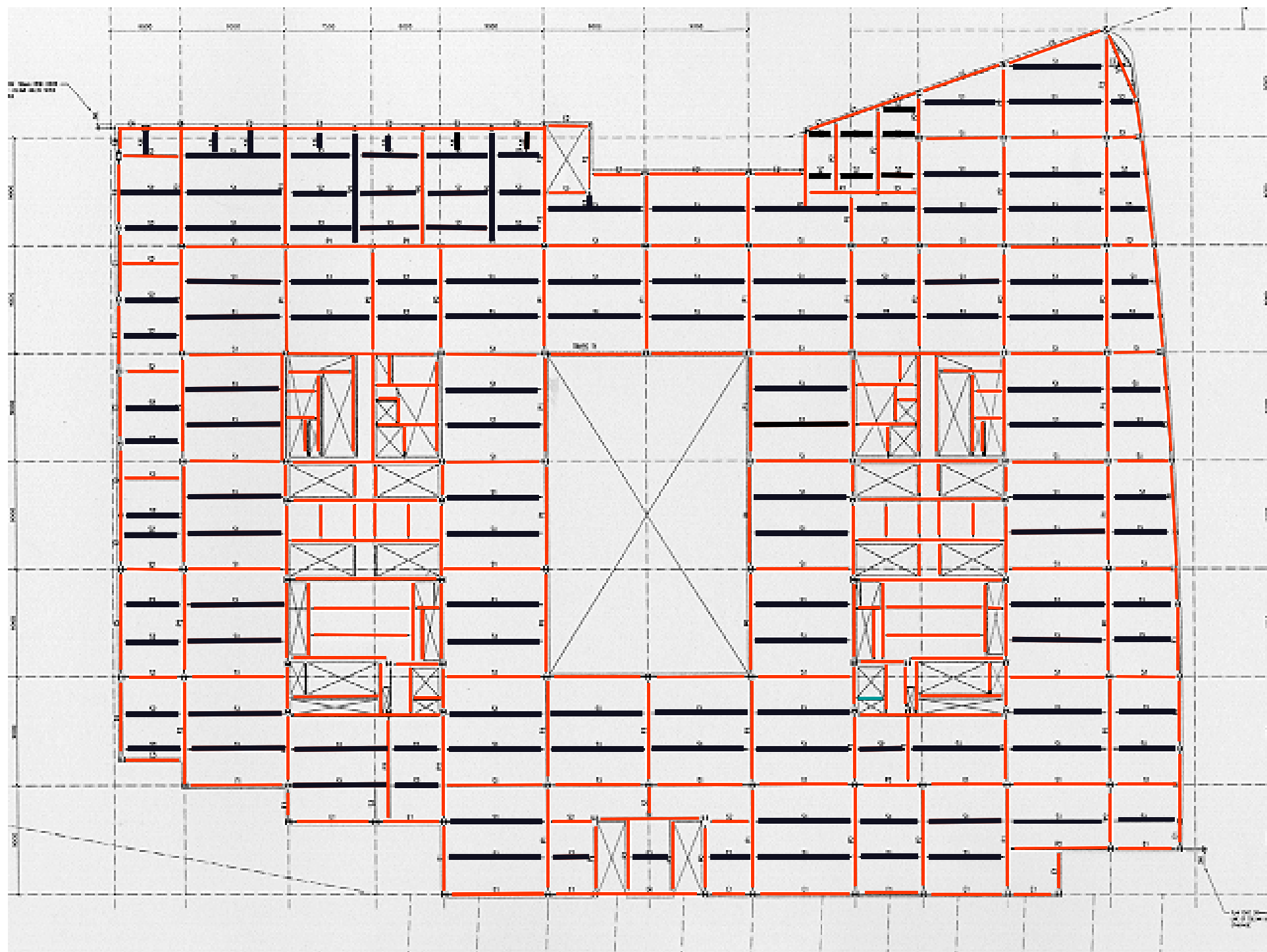
Ocelobetonové stropní konstrukce vystavené požáru

Jednoduchá metoda pro požární návrh



Cíl návrhové metody







- **Chování ocelobetonového stropu za požáru**
- **Jednoduchá metoda pro návrh ocelobetonových desek za běžné teploty**
 - Model stropní desky
 - Druhy porušení
- **Jednoduchá metoda pro návrh ocelobetonových desek za zvýšené teploty**
 - Rozšíření na chování za požáru
 - Zvětšení únosnosti membránovým působením
 - Zahrnutí zbytkové únosnosti ocelových nosníků
 - Návrh požárně chráněných nosníků



Chování ocelobetonového stropu

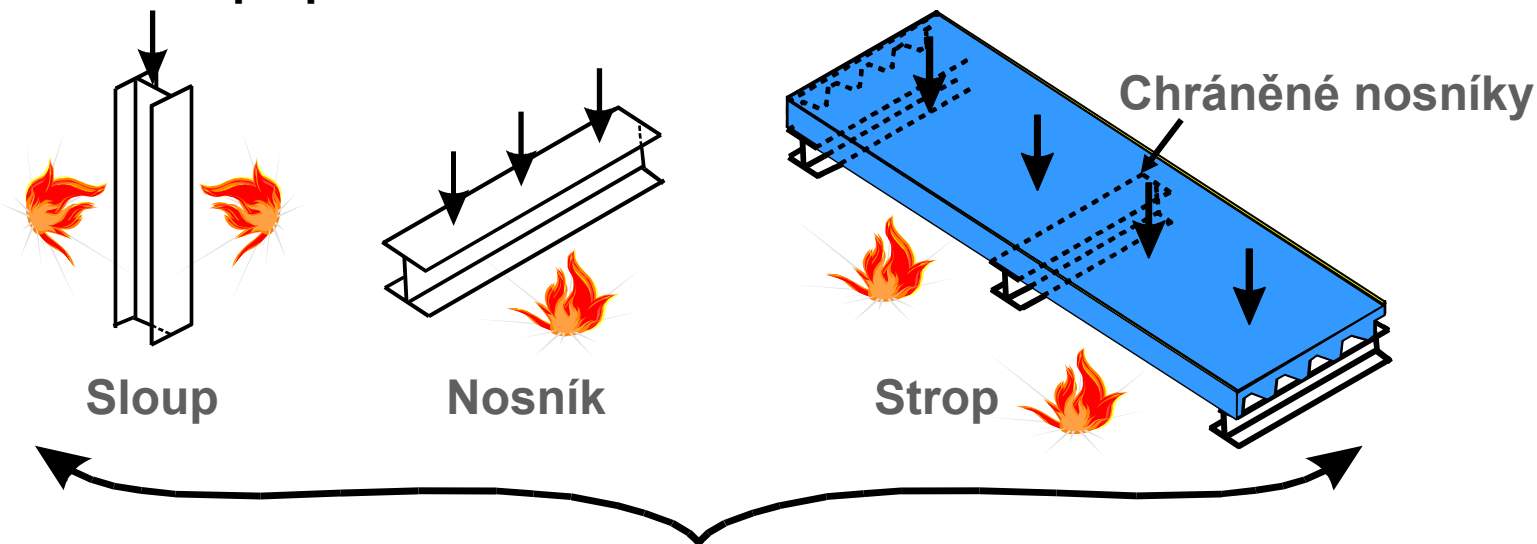


- **Návrh po prvcích**

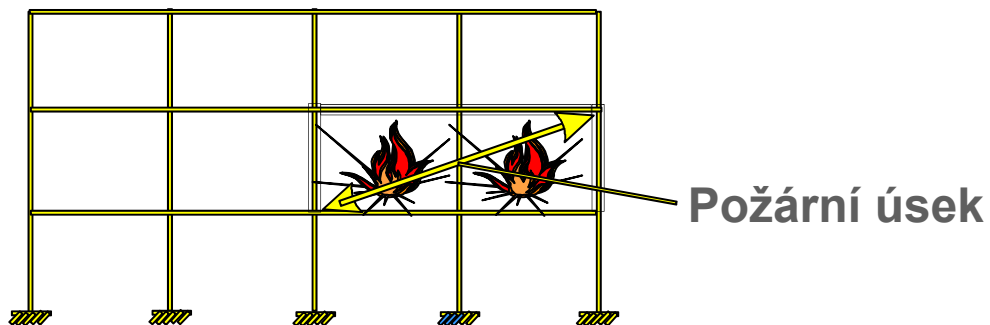
Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty



Existující návrhová metoda předpokládá samostatně působící prvky





Chování ocelobetonového stropu

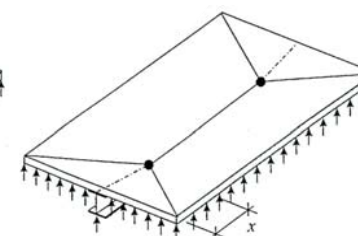
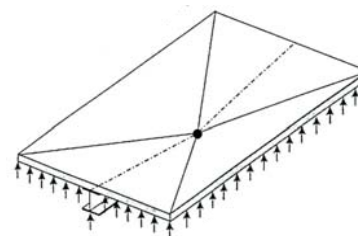
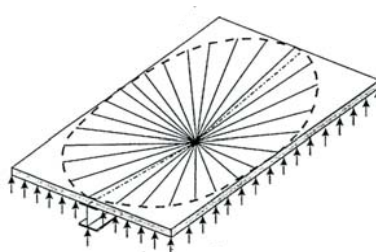
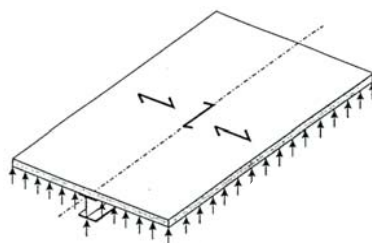
- Skutečné chování ocelobetonového stropu s ocelovou výztuží v betonové desce

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty

Nárůst teploty za požáru



Prostý ohyb



Membránové
působení



Jednoduchá metoda pro návrh za běžné teploty



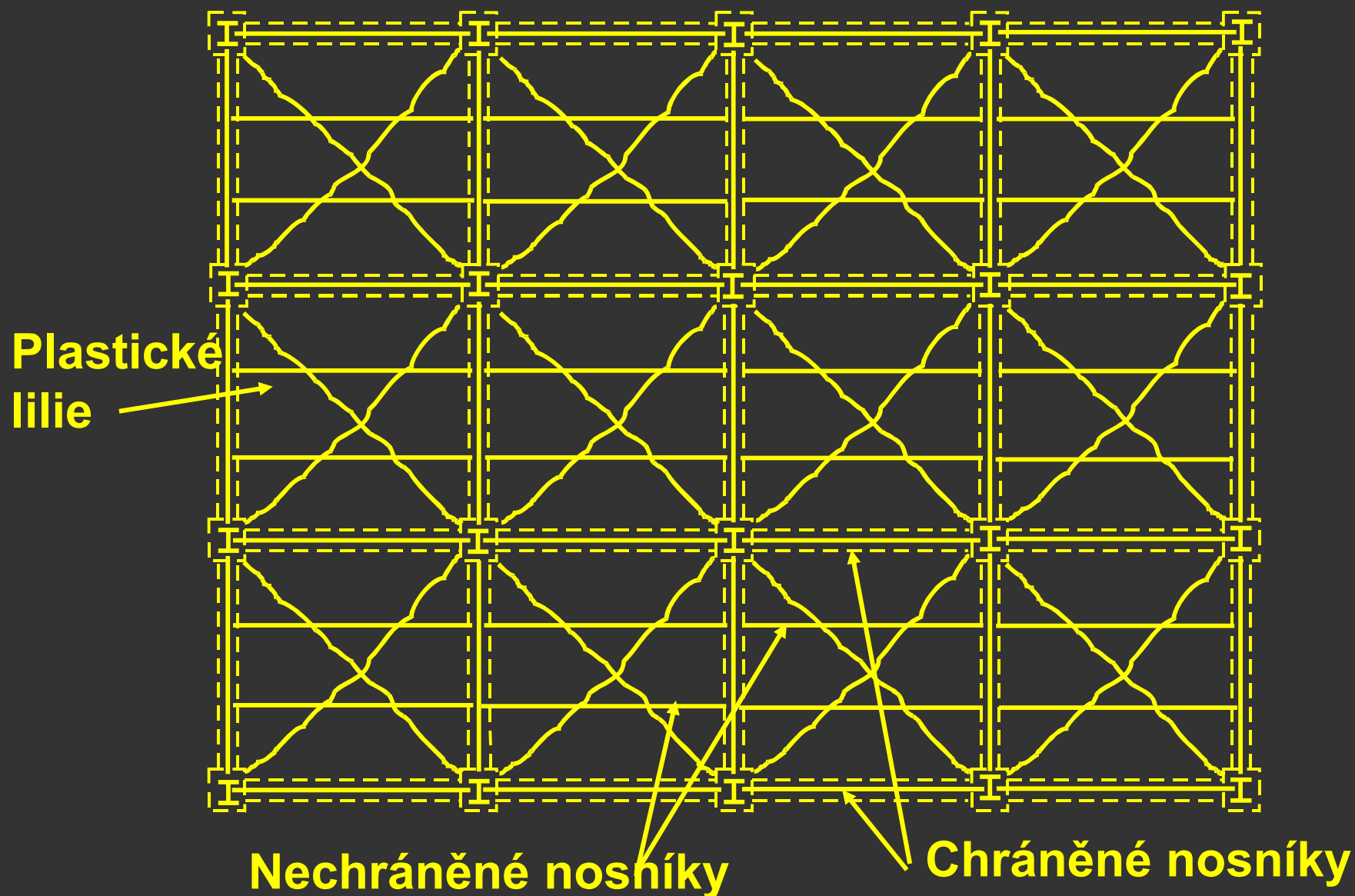
Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty

- **Metoda navržená profesorem Colinem Baileym**
Univerzita v Manchesteru
dříve s Building Research Establishment (BRE)

Navrhování na membránové působení za požáru





Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty

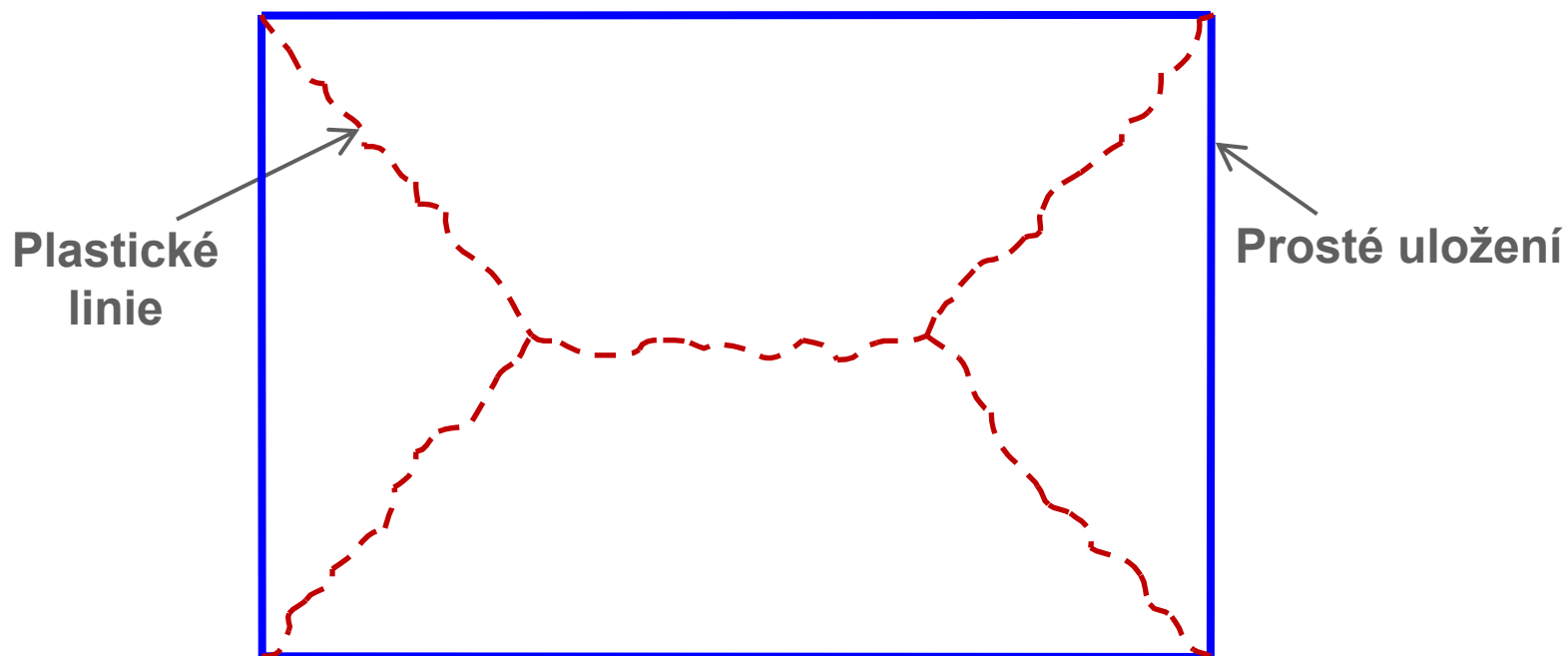


- **Model stropní desky svisle uložené po 4 stranách**
- (Plastické linie) – volná ve vodorovném směru– velmi konzervativní předpoklad

Chování
ocelobetonového
stropu

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty**

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty





Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty

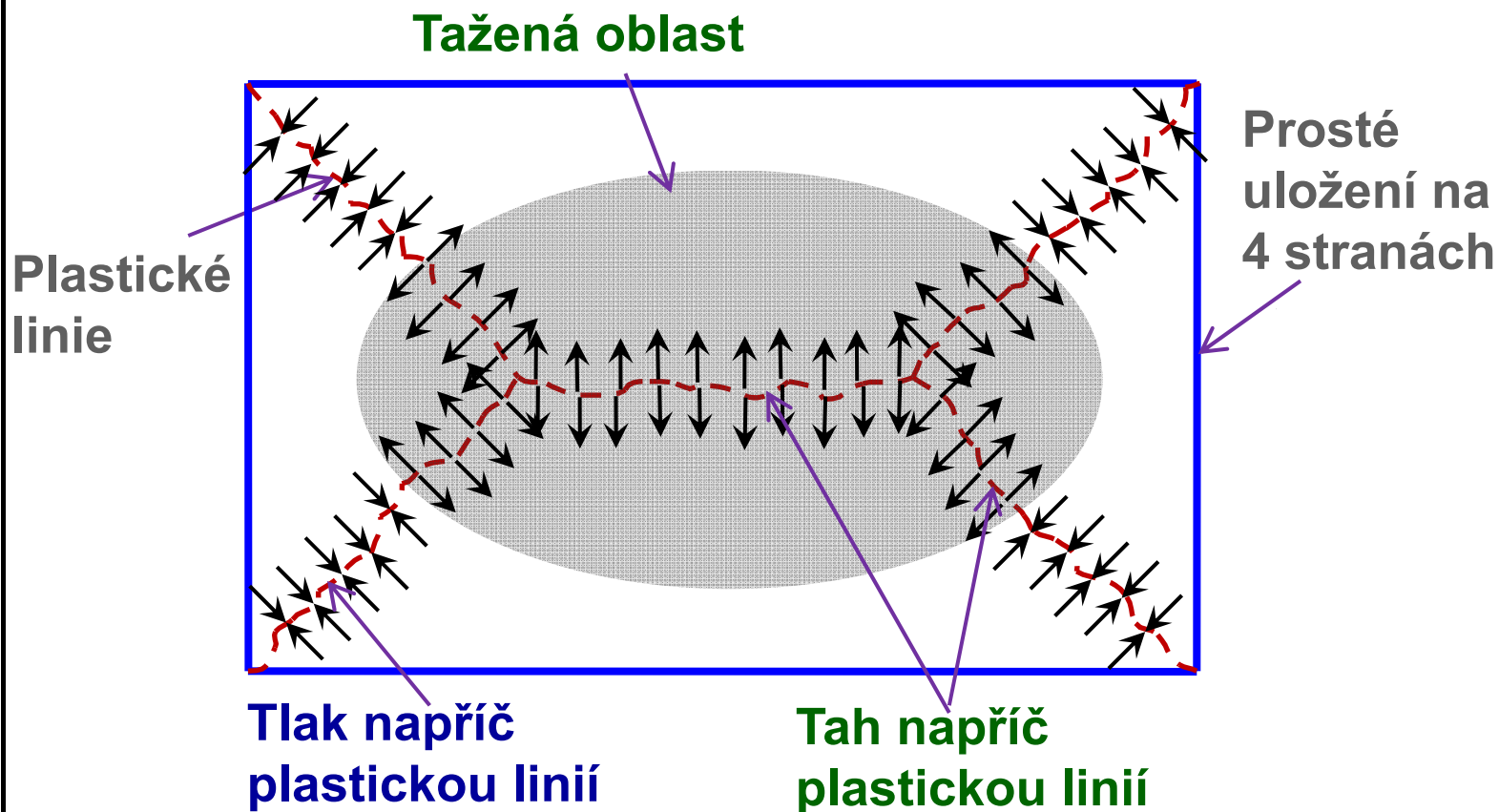


- **Model stropní desky**
 - Vlivem membránového působení se zvýší únosnost stanovená metodou plastických linií

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty

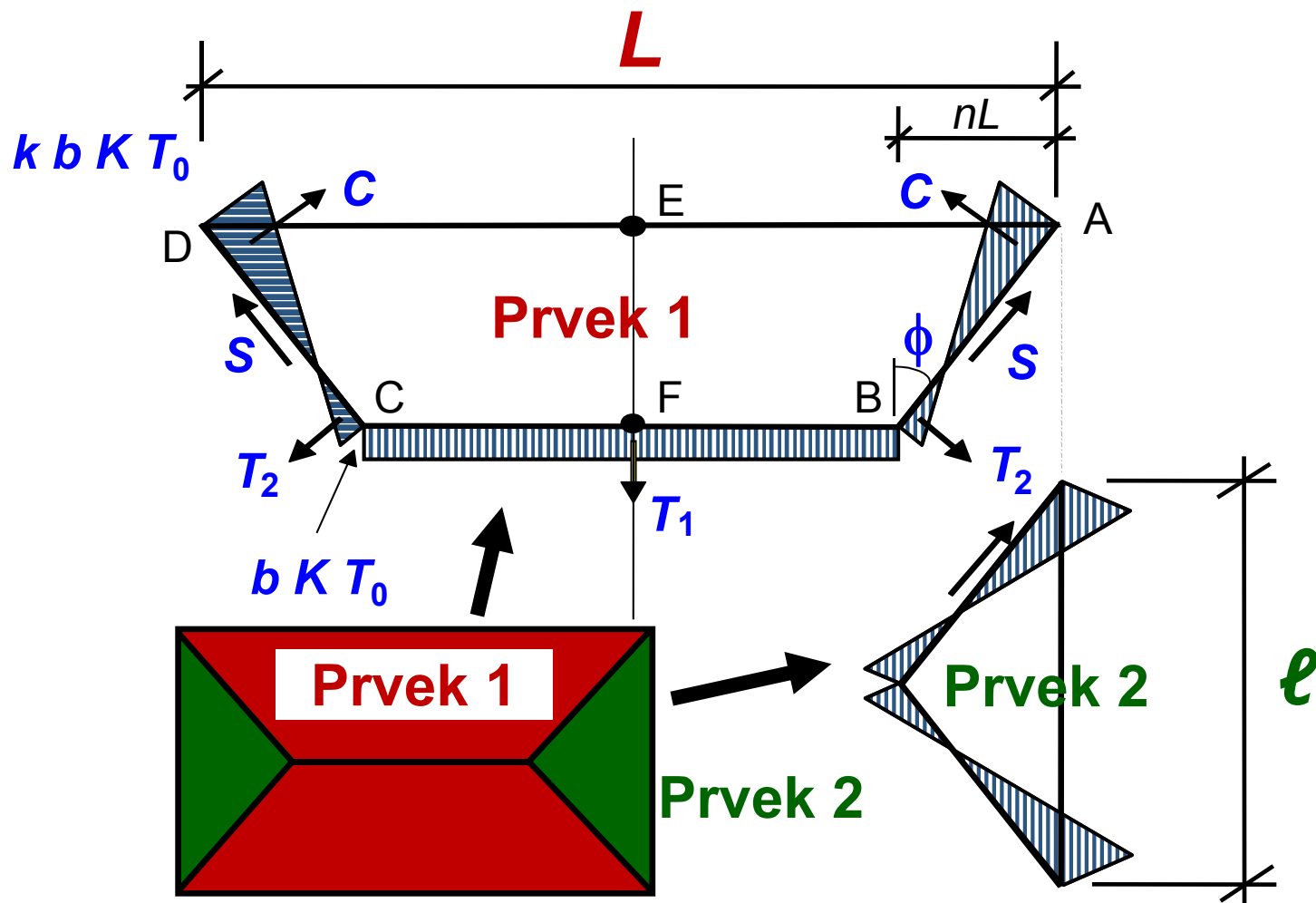




Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty



- Membránové síly podél plastických linií (1)



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty



- **Membránové síly podél plastických linií (2)**

Chování
ocelobetonového
stropu

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty**

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty

k, b

parametry velikosti membránových sil,

n

součinitel z teorie plastických linií,

K

poměr výztuže v kratším rozponu k
výztuži v delším rozponu,

KT_0

únosnost ocelové výztužné sítě na
jednotku délky,

T_1, T_2, C, S

jsou výsledné membránové síly podél
plastických linií.



Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty

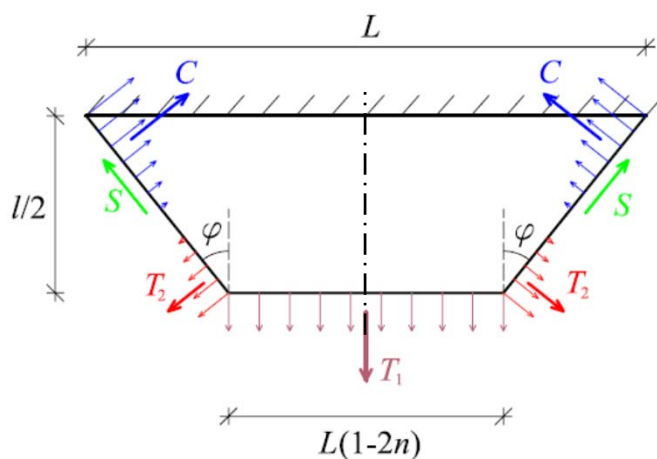


- Příspěvek membránového působení (1)
 - Prvek 1

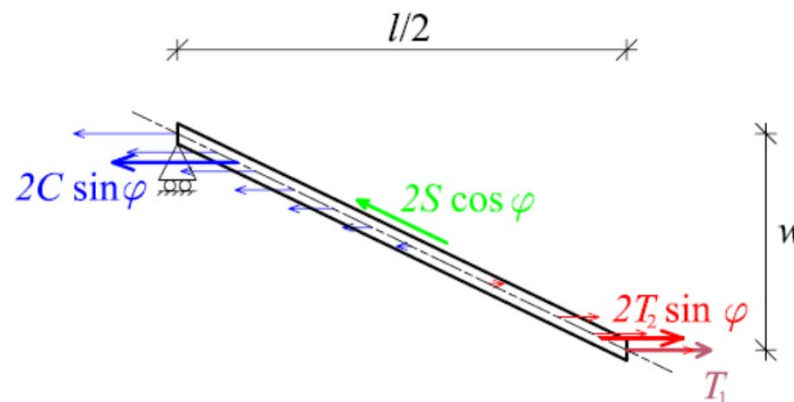
Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty



Pohled na výsledné
membránové síly v rovině



Pohled z boku na výsledné
membránové síly při průhybu w



Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty

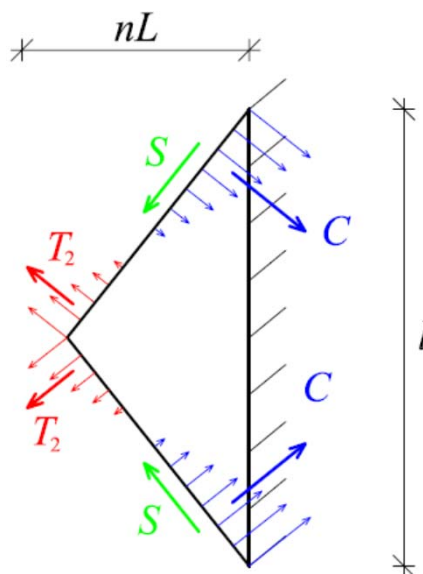


- Příspěvek membránového působení (2)
 - Prvek 2

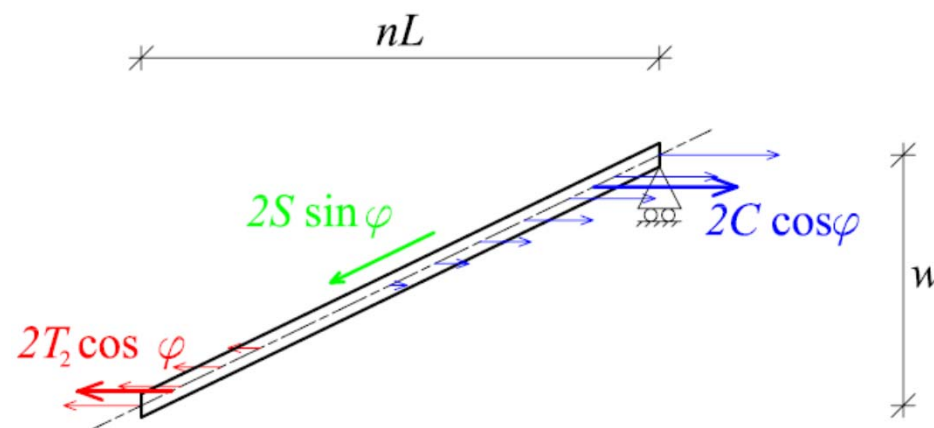
Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty



Pohled na výsledné
membránové síly v rovině



Pohled z boku na výsledné
membránové síly při průhybu w



Chování
ocelobetonového
stropu

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty**

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty

- **Příspěvek membránového působení (3)**

- **Zvětšující součinitel pro všechny prvky**

$$e_{i, i=1,2} = \begin{cases} e_{im} : \text{momentová únosnost prvku } i \text{ okolo podpory} \\ + \\ e_{ib} : \text{momentová únosnost plastických linií} \\ \text{prvku } i \end{cases}$$

- **Celkové zvětšení**

$$e = e_1 - \frac{e_1 - e_2}{1 + 2\mu a^2}$$

kde:

μ je koeficient pravoúhlosti výztuže

a je vliv poměru desky = L/ℓ

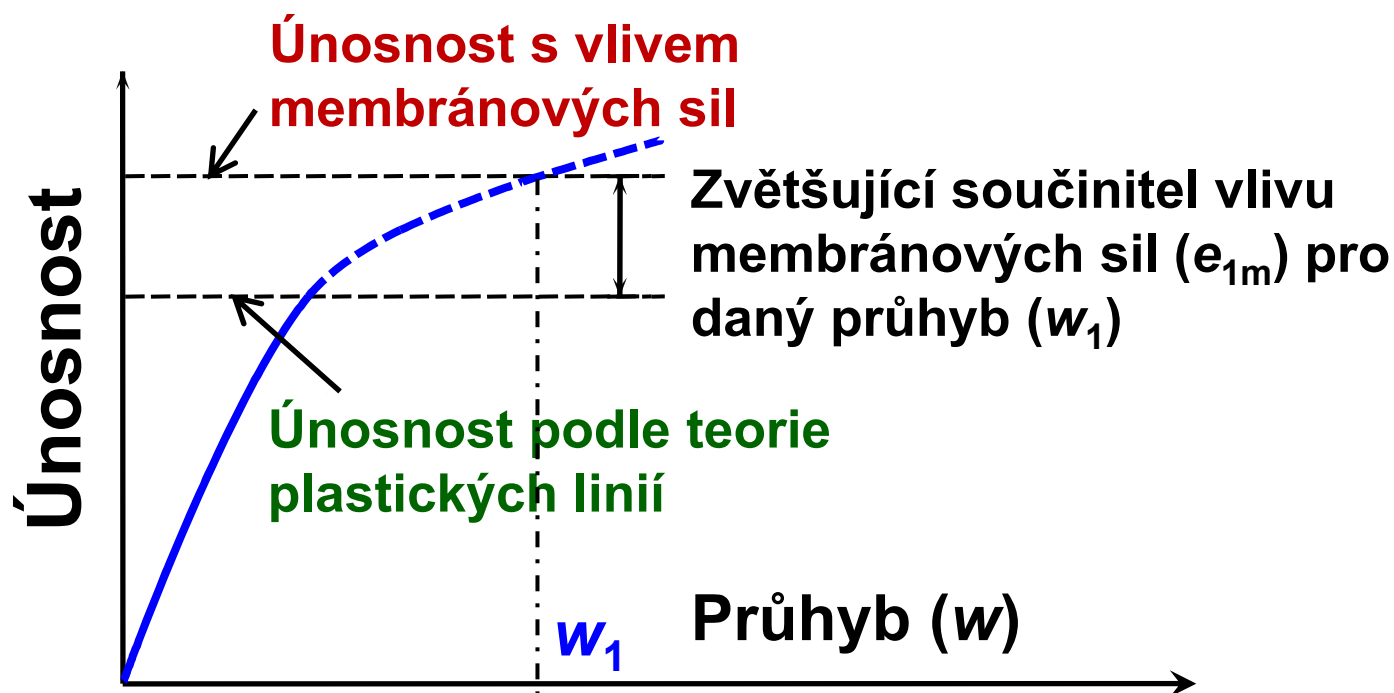


- Příspěvek membránového působení (4)

Chování
ocelobetonového
stropu

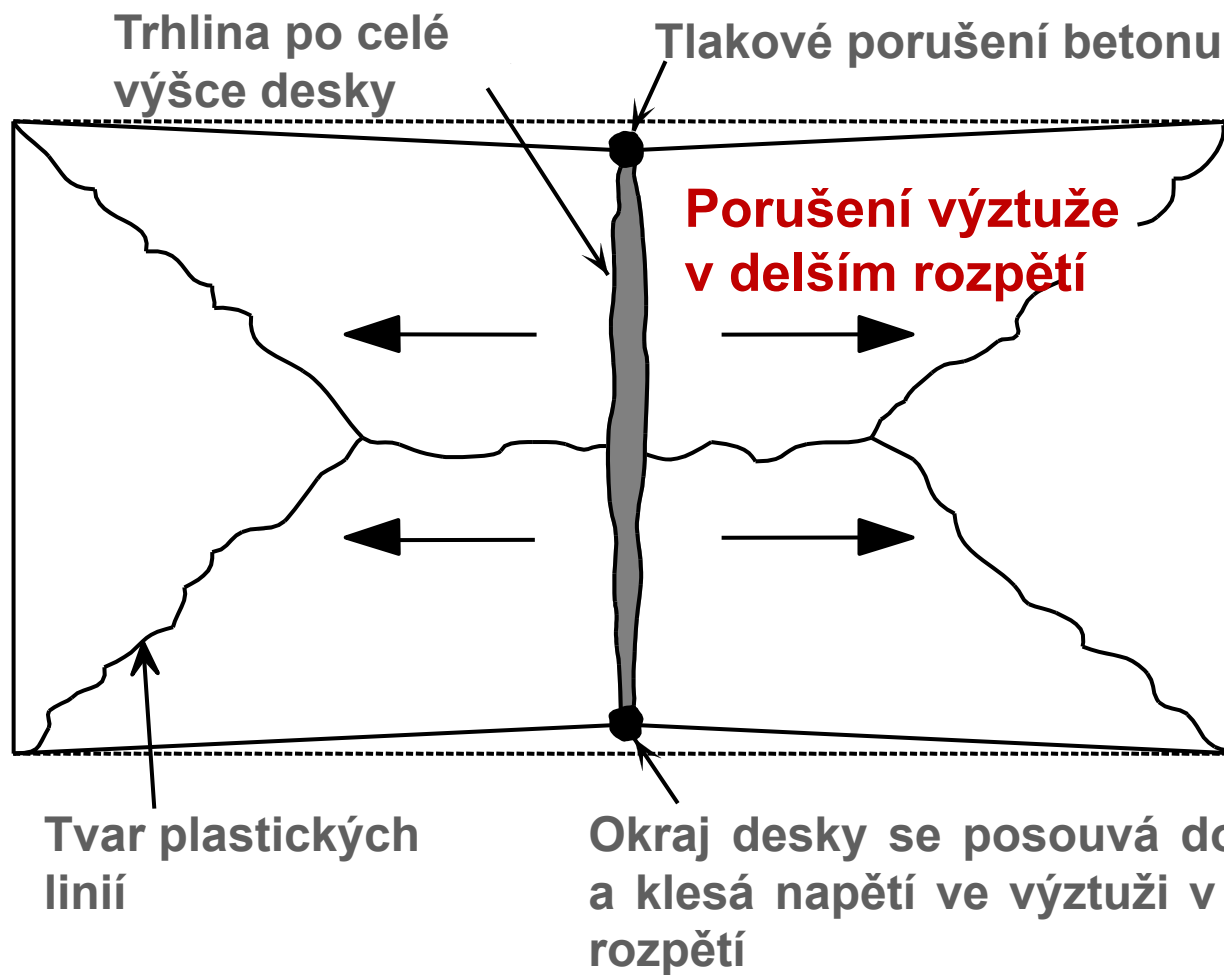
Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty





- Druhy porušení (tahové porušení výztuže)



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty



Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty

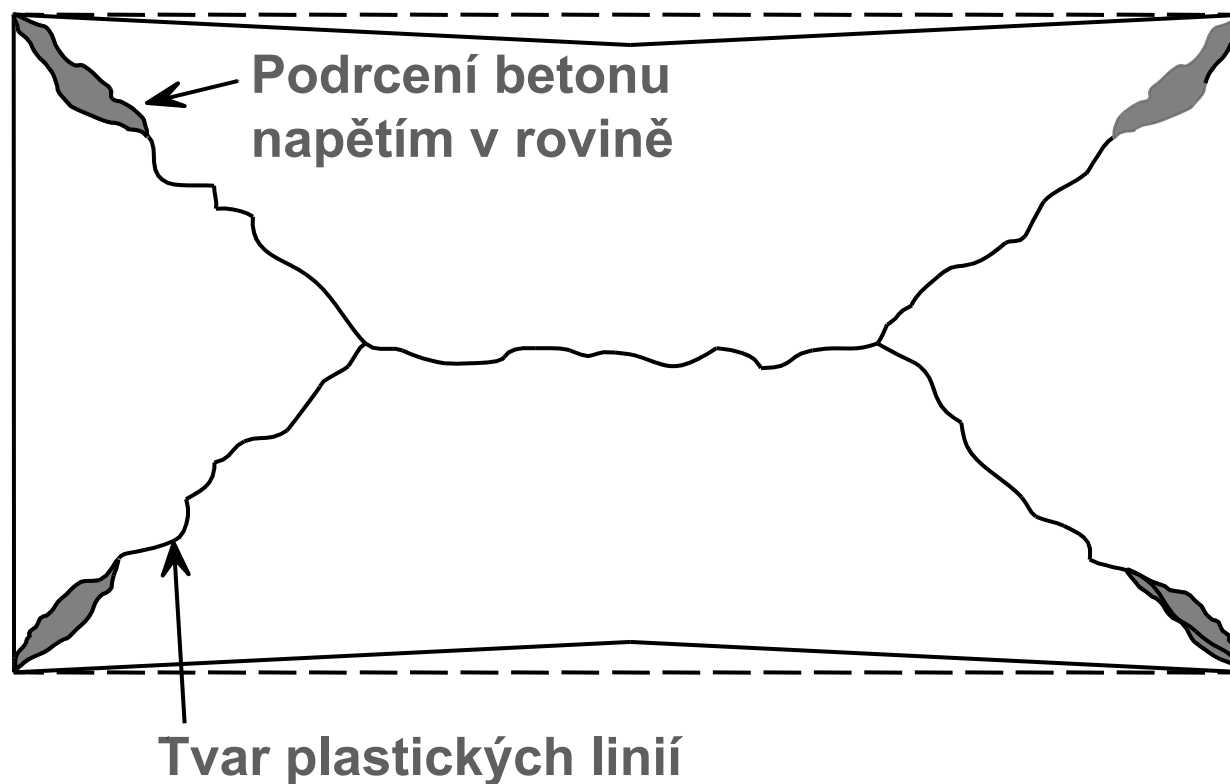


- **Druhy porušení (tlakové porušení betonu)**
 - Pro desky silně vyztužené

Chování
ocelobetonového
stropu

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty**

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty





Jednoduchá metoda pro návrh ze běžné teploty



- **Druhy porušení (experimentální důkaz)**

Chování
ocelobetonového
stropu

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za běžné
teploty**

Jednoduchá
metoda pro návrh
za zvýšené teploty



**Tahové porušení
výztuže**



**Tlakové porušení
betonu**



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



- **Model stropní desky za zvýšené teploty (1)**
 - Na základě stejného modelu za běžné teploty
 - S přihlédnutím vlivu teploty na materiálové vlastnosti.

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

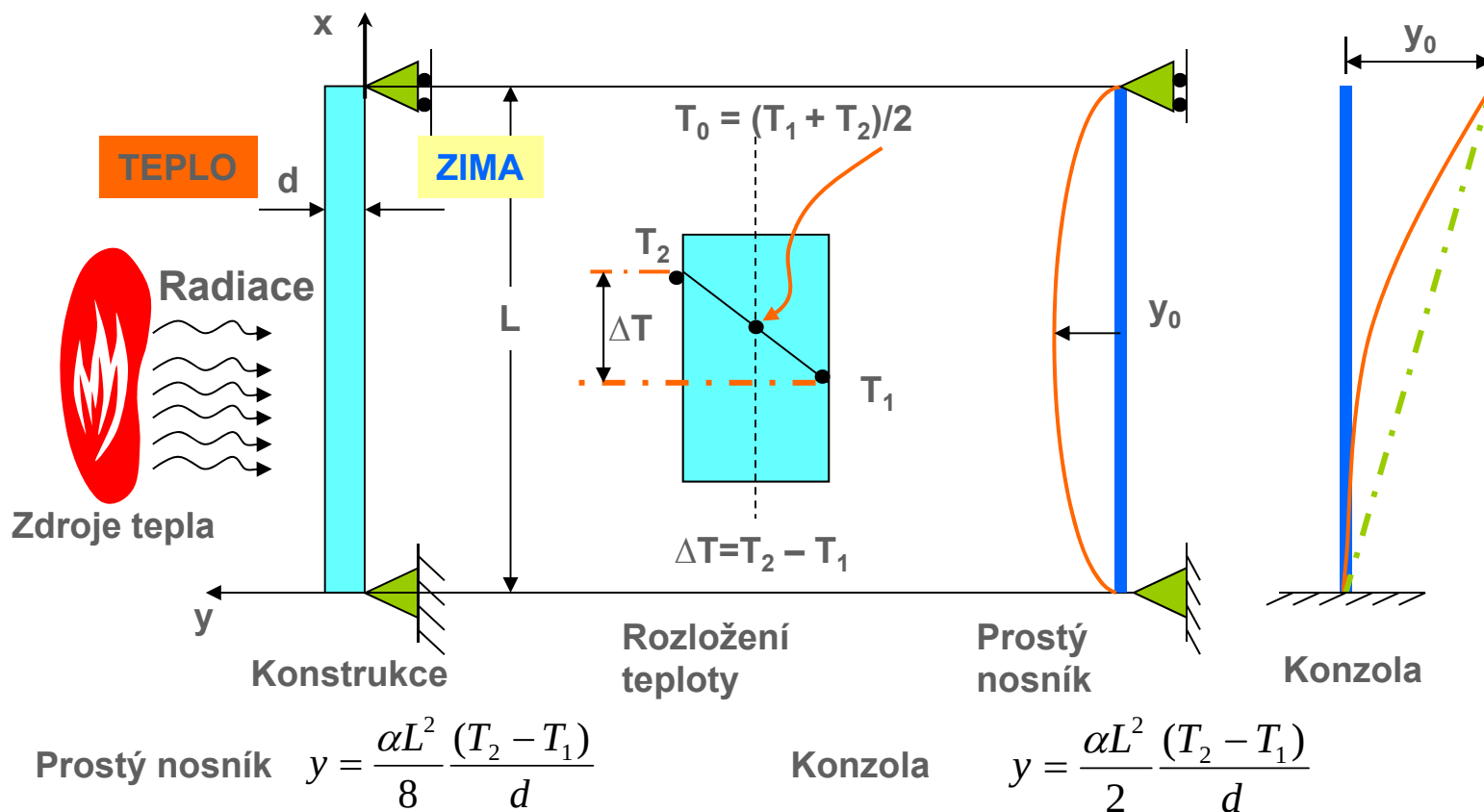
**Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty**



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



Volné ohýbání betonové desky



Ohýbání je způsobeno teplotními rozdíly

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

nebo gradient

$$\Delta T/d$$



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



- **Model stropní desky za zvýšené teploty (2)**
 - Průhyb vlivem teplotního gradientu po výšce:

$$w_{\theta} = \frac{\alpha (T_2 - T_1) \ell^2}{19.2 h}$$

kde:

h je účinná výška desky

ℓ je kratší rozpětí desky

α součinitel teplotní roztažnost betonu

Pro LW beton, EN 1994-1-2 je hodnota brána

$$\alpha_{LWC} = 0.8 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$$

Pro NW beton, je konzervativní hodnota brána

$$\alpha_{NWC} = 1.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1} < 1.8 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1} \text{ (EN 1994-1-2 value)}$$

T₂ teplota spodního povrchu desky (strana vystavená požáru)

T₁ teplota horního povrchu desky (neexponovaná strana)

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty**



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty

- **Model stropní desky za zvýšené teploty (3)**

- Předpokládá se, že průměrné napětí ve výztuži odpovídá polovině meze kluzu za pokojové teploty
- Průhyb desky je založen na parabolickém tvaru deformované desky od příčného zatížení:

$$w_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{0.5f_{sy}}{E_s}\right) \frac{3L^2}{8}} \leq \frac{\ell}{30}$$

kde:

E_s je modul pružnosti výztuže při 20°C
 f_{sy} mez kluzu výztuže při 20°C
 L delší rozpětí desky



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty

- **Model stropní desky za zvýšené teploty (4)**

- Největší přípustný průhyb stropní desky:

$$w = \frac{\alpha(T_2 - T_1)\ell^2}{19.2 h} + \sqrt{\left(\frac{0.5f_{sy}}{E_s}\right) \frac{3L^2}{8}}$$

- Průhyb stropní desky se dále omezuje, aby se neporušila celistvost desky u podpór:

$$w < \frac{\alpha(T_2 - T_1)l^2}{19.2h} + l/30$$

$$w \leq \frac{L + \ell}{30}$$



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty

- **Rezervy v návrhu stropní desky**
 - V místě podpor se předpokládá přetržení výztuže
 - Svislé průhyby od tepelného gradientu v desce jsou podhodnoceny
 - Svislé průhyby od tepelného gradientu se počítají z kratšího rozpětí desky
 - Svislé průhyby od zabráněné tepelné roztažnosti desky nejsou uvažovány
 - Příspěvek ocelového plechu není uvažován
 - Nárůst tažnosti výztužné sítě její zvýšenou teplotou není uvažovány



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty**

- **Zvýšení únosnosti modelu stropní desky v případě nechráněných ocelových nosníků (1)**
 - **Vláknové působení nechráněných nosníků není uvažováno**
 - **Ohybová momentová únosnost nechráněných nosníků se bere do výpočtu s následujícími předpoklady:**
 - Prostý nosník na obou koncích
 - Ohřívání průřezu podle Čl. 4.3.4.2 ČSN EN 1994-1-2
 - Tepelné a mechanické vlastnosti pro ocel a beton podle ČSN EN 1994-1-2



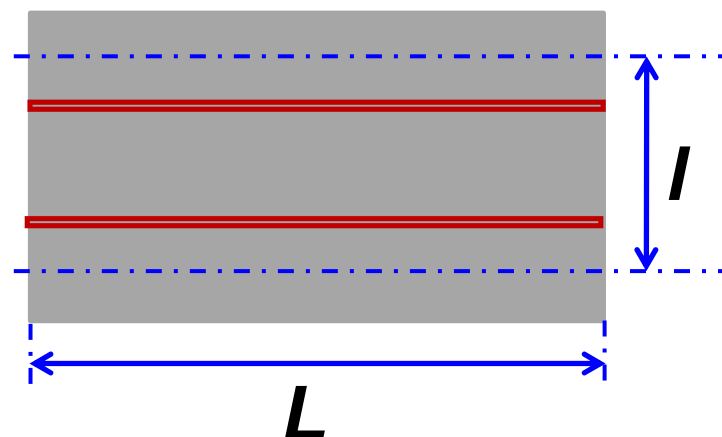
Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



- Zvýšení únosnost modelu stropní desky v případě nechráněných ocelových nosníků (2)

– Zvýšení únosnosti vlivem nechráněných nosníků je:

$$\frac{8M_{Rd,fi}}{L^2} \frac{1 + n_{ub}}{\ell}$$



where:

n_{ub} je počet nechráněných nosníků

$M_{Rd,fi}$ momentová únosnost nechráněných kompozitních nosníků

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



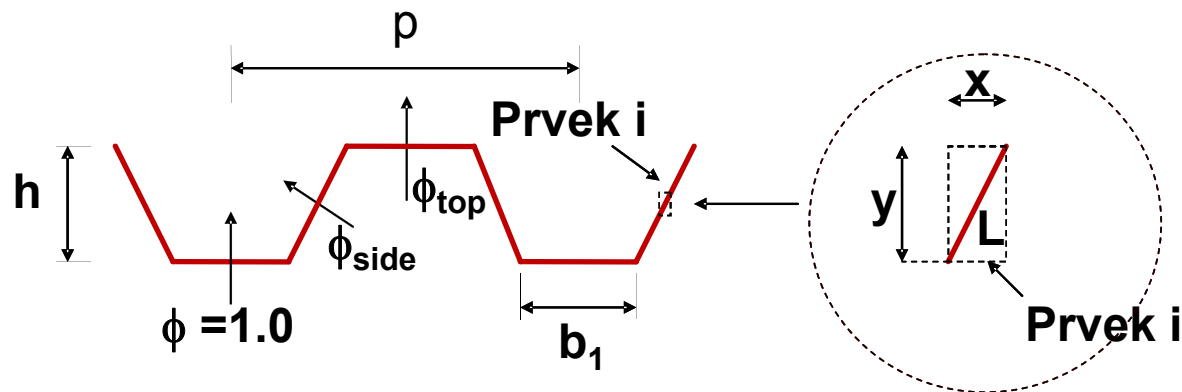
- **Výpočet teploty ocelobetonové desky**
 - Na základě pokročilých výpočetních modelů

- Metoda přírůstku ve 2D
- Materiálové vlastnosti podle ČSN EN 1994-1-2
- Uvažuje se s vlivem zastínění

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty





Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty**

- **Únosnost požárně chráněných obvodových nosníků**
 - **Plastický návrh**
 - **Redukční součinitel zatížení za požáru**
 - Přídavné zatížení na chráněné nosníky
 - **Metoda kritické teploty (ČSN EN 1994-1-2)**



Jednoduchá metoda pro návrh za zvýšené teploty

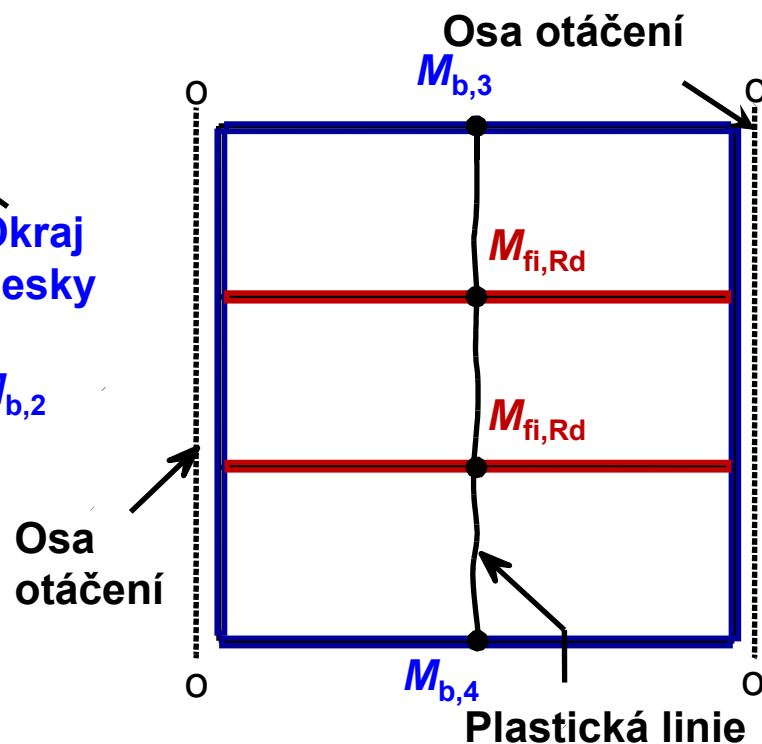
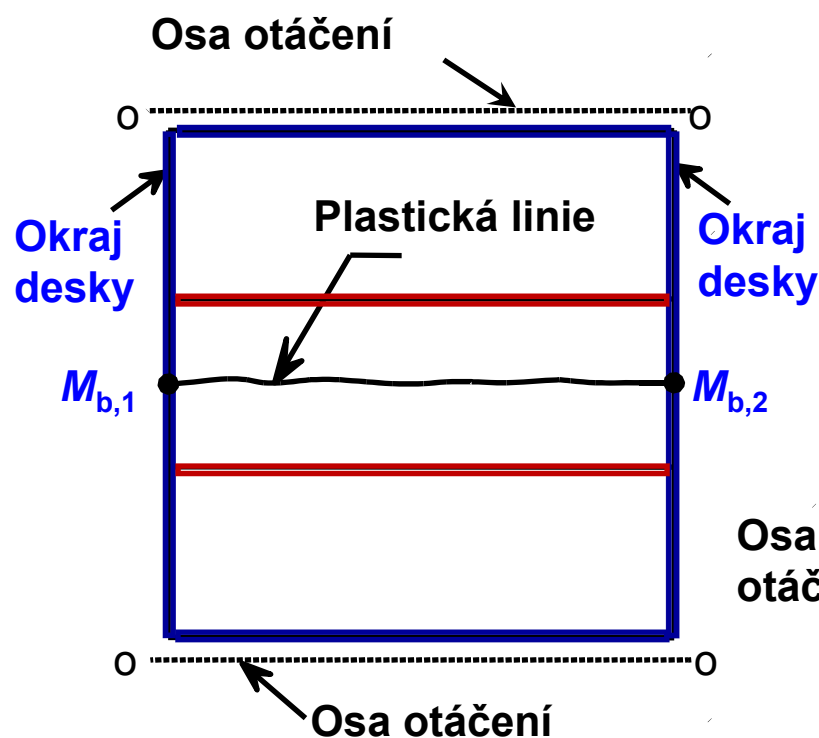


- Únosnost požárně chráněných obvodových nosníků na základě plastického návrhu

Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty





Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty

7 Požárních zkoušek v laboratoři v Cardingtonu

1 Zkouška BRE (za studena simulovaná pro požár)

10 Zkoušek za studena provedených v letech 1960/1970

15 zkoušek malého měřítka provedených univerzitou v Sheffieldu v roce 2004

44 zkoušek malého měřítka za studena a za tepla provedených univerzitou v Manchesteru

Zkoušky FRACOF a COSSFIRE

Zkouška velkého měřítka provedená univerzitou v Ulsteru v roce 2010.



Zkoušky malých měřítek a návrh betonových stropních konstrukcí



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty



**22 zkoušek za studena a 22
stejných zkoušek za tepla
(Obě se sítěmi MS a SS)**





Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty



*40 až 55% nosníků
může být
ponecháno
nechráněné s místní
ochranou, kde je
třeba.*





Dostupné knihy



Chování
ocelobetonového
stropu

Jednoduchá
metoda pro návrh
za běžné teploty

**Jednoduchá
metoda pro
návrh za zvýšené
teploty**

