

133PSBZ

Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí

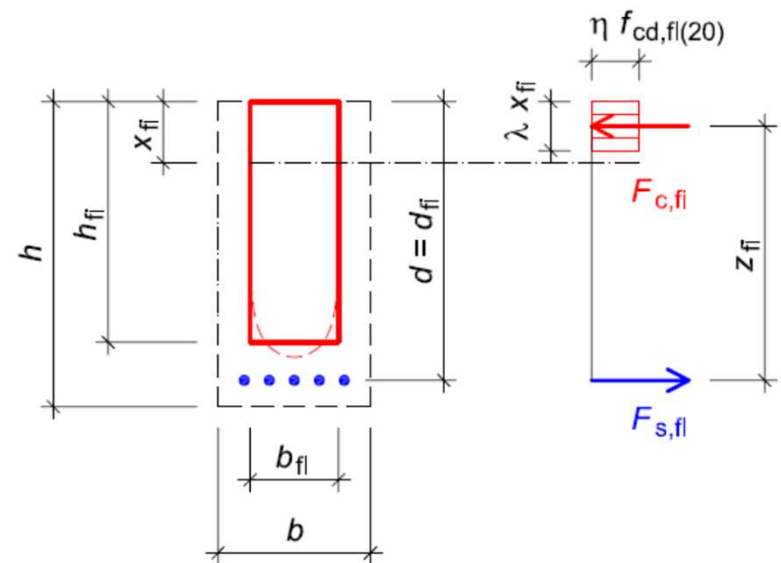
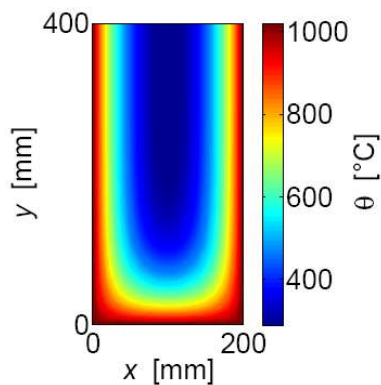
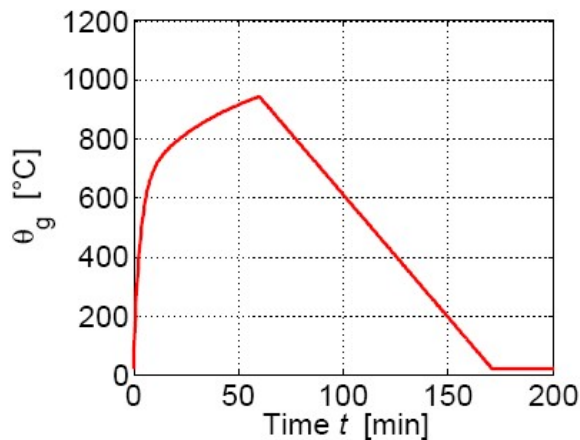
## Přednáška A2

ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
katedra betonových a zděných konstrukcí

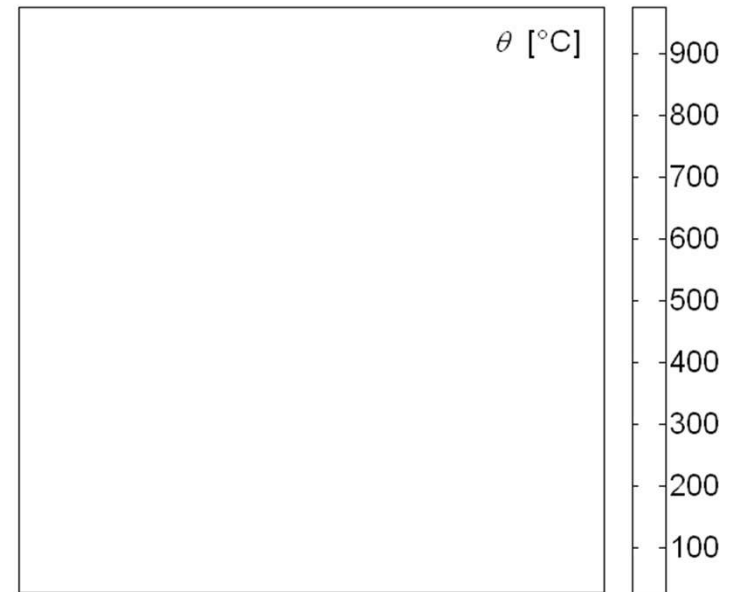
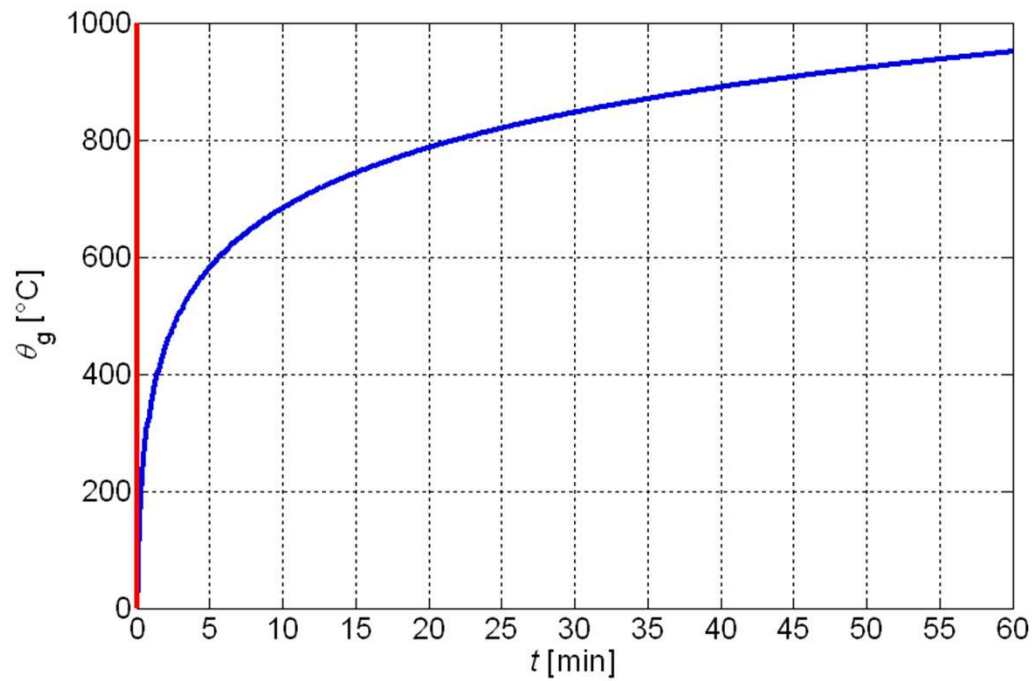
# Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

## Postup návrhu (resp. posouzení) konstrukce na účinky požáru

- teplotní analýza požárního úseku
- teplotní analýza konstrukce
- vlastní návrh (resp. posouzení)



# Teplotní analýza konstrukce



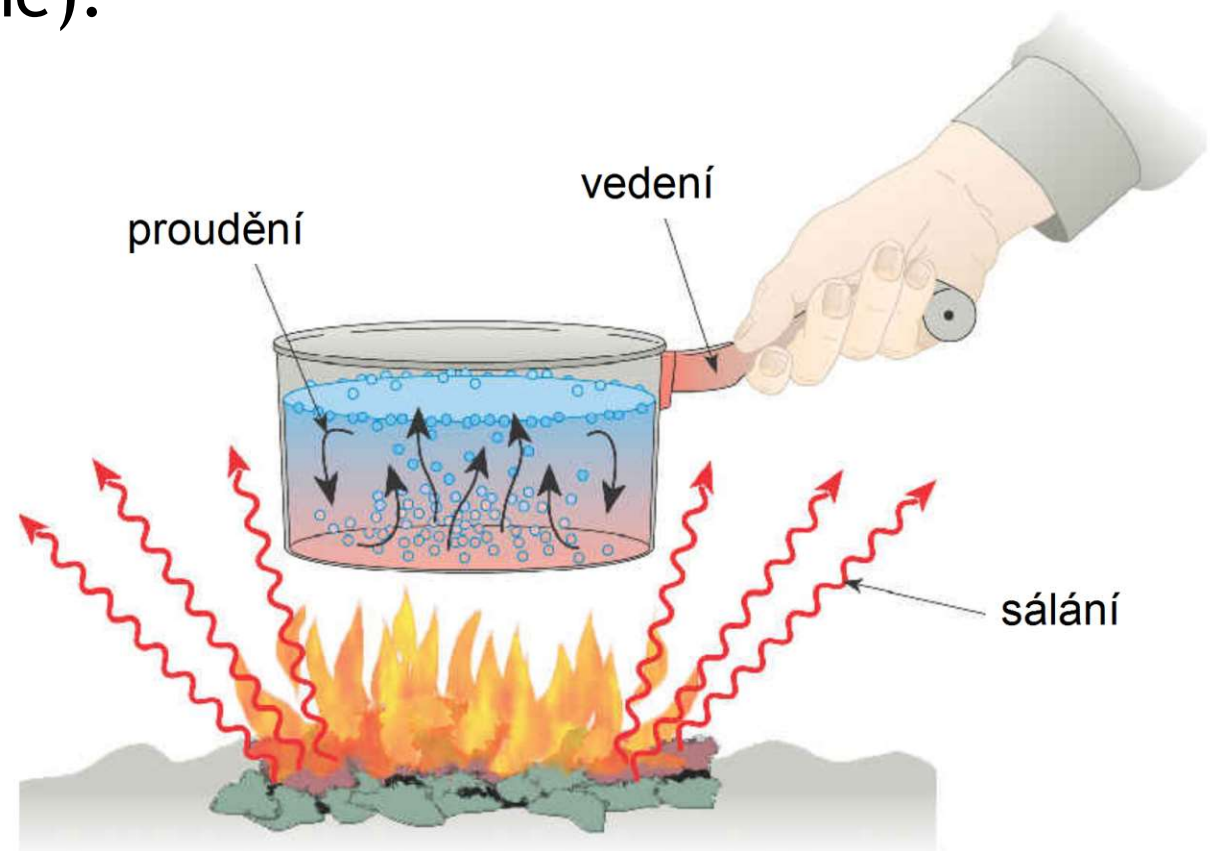
# Teplotní analýza konstrukce

## Sdílení tepla

Přenos energie ve formě tepla, který probíhá třemi způsoby (společně nebo odděleně):

- Vedení (kondukce)
- Proudění (konvekce)
- Sálání (radiace)

[4,7]



# Teplotní analýza konstrukce

## Sdílení tepla vedením

- Typický způsob sdílení tepla v pevných látkách (probíhá však i v tekutinách)
- Částice s vyšší kinetickou energií předávají část této energie částicím s nižší kinetickou energií
- Dochází pouze k přenosu energie, nikoli k přenosu hmoty
- Materiály s dobrou elektrickou vodivostí mají také dobrou tepelnou vodivost
- V materiálech se špatnou tepelnou vodivostí dochází k vedení tepla mechanickým chvěním molekulární mřížky

# Teplotní analýza konstrukce

## Sdílení tepla prouděním

- Sdílení tepla pohybem plynných nebo kapalných látek (tedy proudící tekutinou)
- V případě požáru je důležitým faktorem při šíření plamenů a stoupání kouře a horkých plynů ke stropu požárního úseku nebo otvory ven z požárního úseku
- Podílí se na sdílení tepla mezi povrchem pevných látek a okolní proudící tekutinou (tzv. *přestup tepla*)

# Teplotní analýza konstrukce

## Sdílení tepla sáláním

- Sdílení tepla prostřednictvím elektromagnetických vln, při kterém není nutná přítomnost látkového prostředí (může probíhat i ve vakuu)
- V případě požáru je velmi podstatným faktorem, neboť se jedná o hlavní mechanismus sdílení tepla mezi plameny a povrchy zápalných látek, mezi horkými plyny a stavebními objekty a mezi hořícími budovami a sousedními objekty

# Teplotní analýza konstrukce

## Rovnice vedení tepla, tepelné zatížení při požáru

- Je třeba řešit neustálený (nestacionární) stav, neboť rozložení teploty v konstrukci je proměnné v čase
- Problém sdílení tepla lze popsat rovnicí vedení tepla doplněnou o počáteční podmínku a příslušné okrajové podmínky, které zohledňují sdílení tepla prouděním (resp. přestupem) a radiací



# Teplotní analýza konstrukce

- Rovnice vedení tepla (1D)


$$\rho c_p \frac{\partial \theta}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) = Q \quad \text{pro } x \in \Omega$$


- Počáteční podmínka

$$\theta(x, t) = \theta_0(x) = \theta_0 = 20 \text{ °C} \quad \text{pro } t = 0$$

- Okrajové podmínky - tepelné zatížení na hranici

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r}$$


$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c (\theta_g - \theta_m)$$


$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot (\theta_r^4 - \theta_m^4)$$

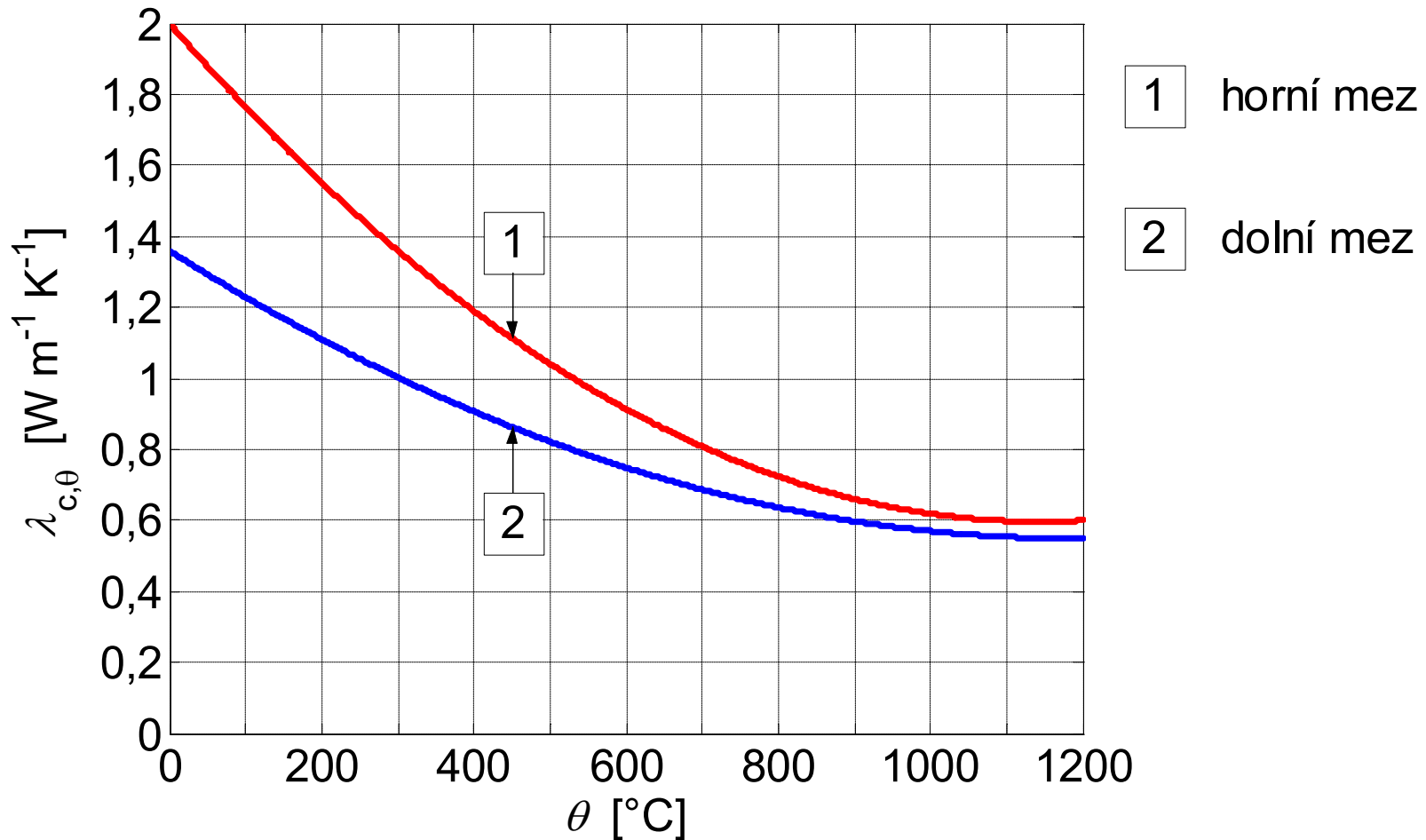
# Teplotní analýza konstrukce

## Teplotní a fyzikální vlastnosti materiálů

- Parametry vstupující do rovnice vedení tepla
- Závislé na teplotě (případně také na jiných parametrech, např. na vlhkosti)
- U železobetonových konstrukcí se přítomnost výztuže při teplotní analýze obvykle zanedbává
- Vztahy vyjadřující teplotní závislost vlastností betonu (případně také výztuže) lze nalézt v normě ČSN EN 1992-1-2, vlastnosti zdiva viz ČSN EN 1996-1-2
- Podrobněji viz další přednášky

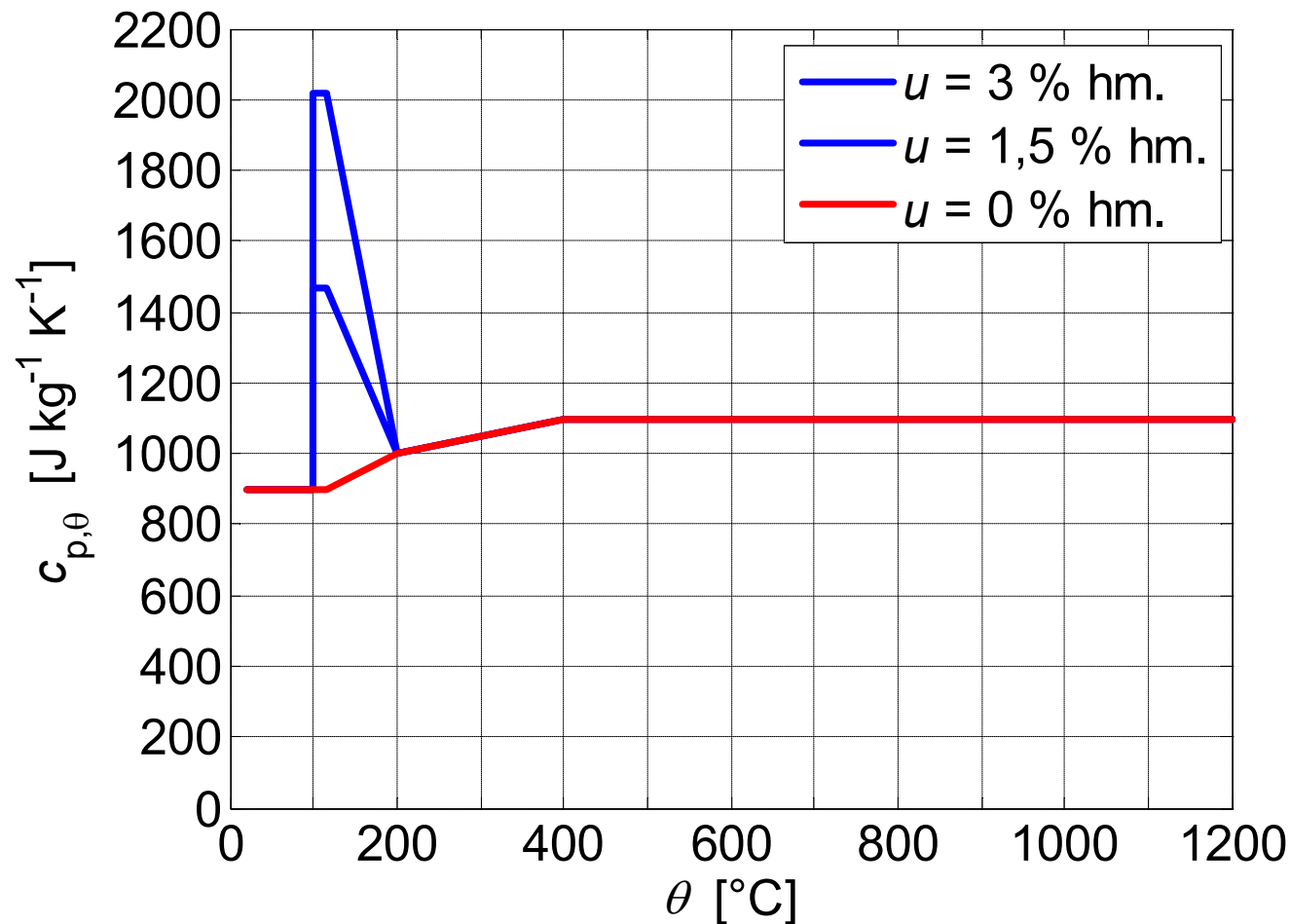
# Teplotní analýza konstrukce

## Tepelná vodivost betonu dle ČSN EN 1992-1-2



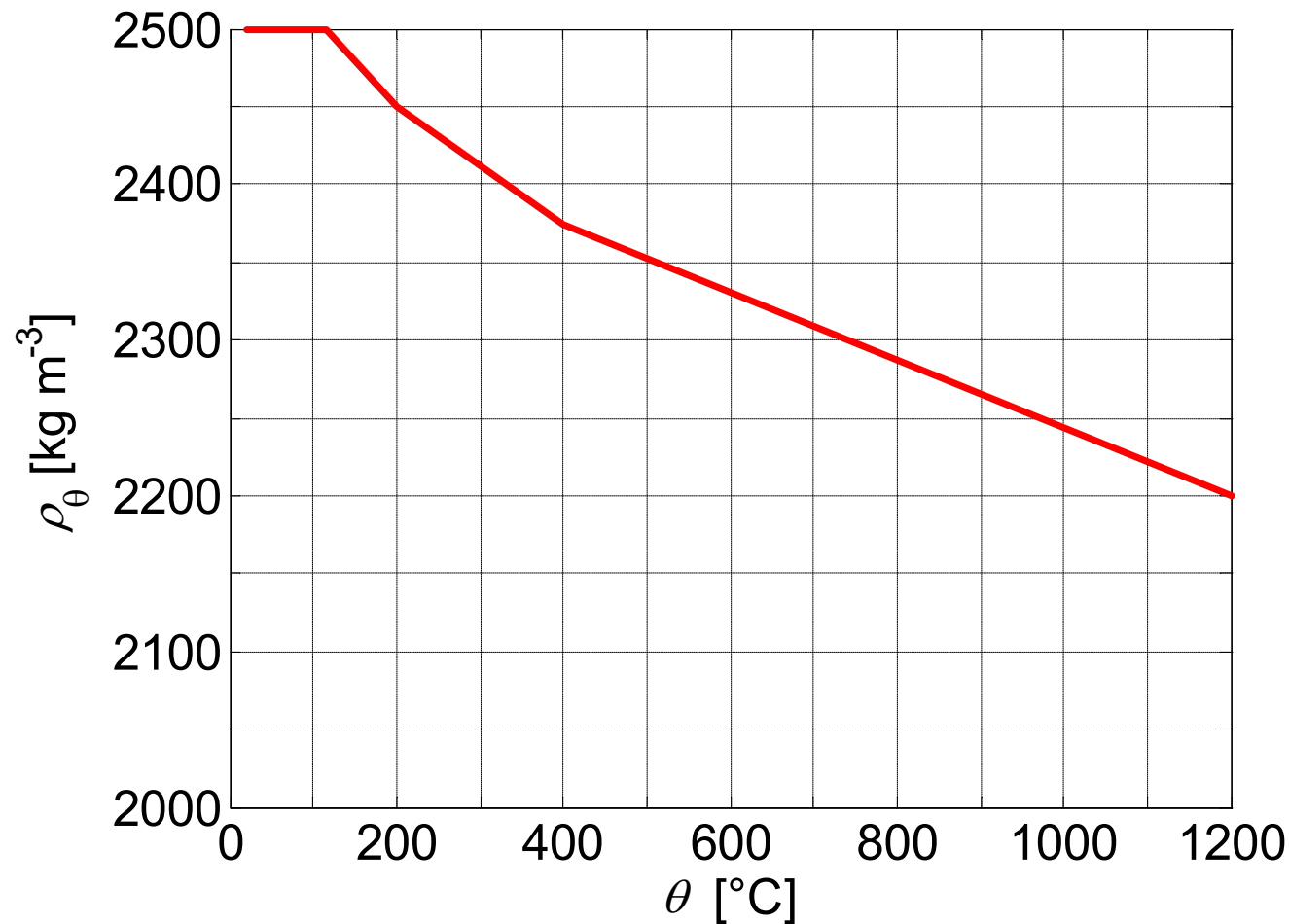
# Teplotní analýza konstrukce

## Měrná tepelná kapacita betonu dle ČSN EN 1992-1-2



# Teplotní analýza konstrukce

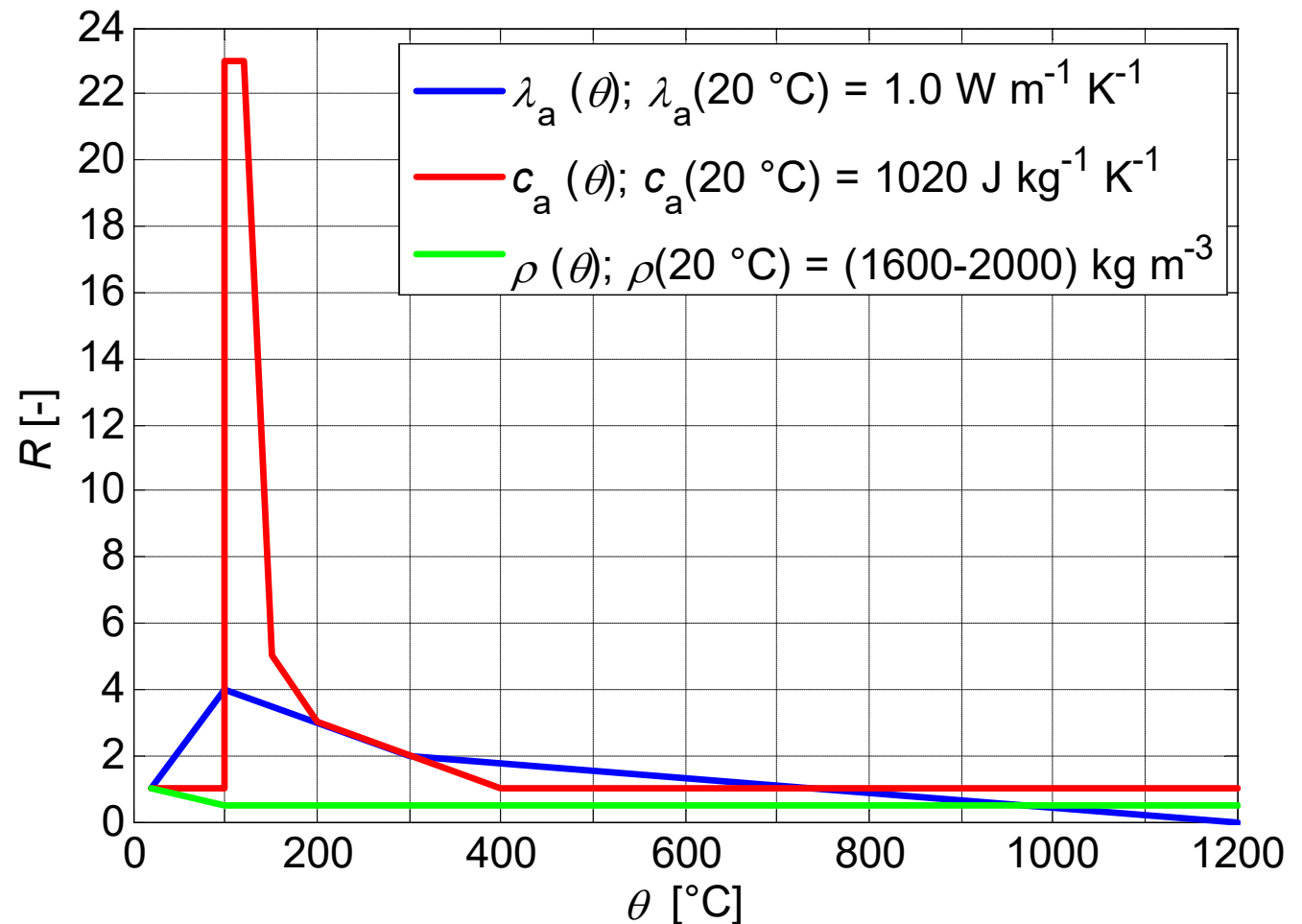
## Objemová hmotnost betonu dle ČSN EN 1992-1-2



# Teplotní analýza konstrukce

Tepelná vodivost, měrná tepelná kapacita a objemová hmotnost zdiva (vápenopískové zdicí prvky) dle ČSN EN 1996-1-2

$R$  ... poměr hodnoty vlastnosti při teplotě  $\theta$  k hodnotě při teplotě 20 °C



# Teplotní analýza konstrukce

## Přístupy k teplotní analýze konstrukce

- Požární zkoušky
- Výpočet
- Využití dříve změřených nebo vypočítaných hodnot

# Teplotní analýza konstrukce

## Požární zkoušky

- Analýza netypických konstrukcí
- Ověření výpočetních modelů a postupů
- Zjištění vlastností a chování netradičních materiálů
- **Velice nákladné**



133PSBZ



Přednáška A2



16



# Teplotní analýza konstrukce

## Výpočet

- Vyřešení problému sdílení tepla popsaného příslušným modelem (model může popisovat i transport dalších veličin - např. vlhkosti)
- V případě betonových a zděných konstrukcí nelze příliš uplatnit zjednodušené metody výpočtu (nepřesné)
- Složitost modelů popisujících transportní procesy v betonu nebo zdivu znemožňuje řešit dané úlohy analyticky
- Využívají se numerické metody výpočtu - např. MKP
- Vlastní výpočet se obvykle provádí s využitím výpočetních programů

# Teplotní analýza konstrukce

**Využití dříve změřených nebo vypočítaných hodnot (databáze dostupných údajů)**

- Nejjednodušší přístup
- Hodnoty mohou být dostupné ve formě tabulek nebo grafických pomůcek
- Příkladem jsou teplotní profily uvedené v normě ČSN EN 1992-1-2 (pro betonové prvky), resp. ČSN EN 1996-1-2 (pro zděné prvky)

# Teplotní analýza konstrukce

- Normové teplotní profily popisují rozložení teploty v průřezech běžných prvků (desky/stěny, nosníky, sloupy) vystavených normovému požáru pro doby odpovídající klasifikačním dobám požární odolnosti (30, 60, 90, 120, (150), 180, 240 minut)
- Nevýhoda normových profilů - omezená platnost

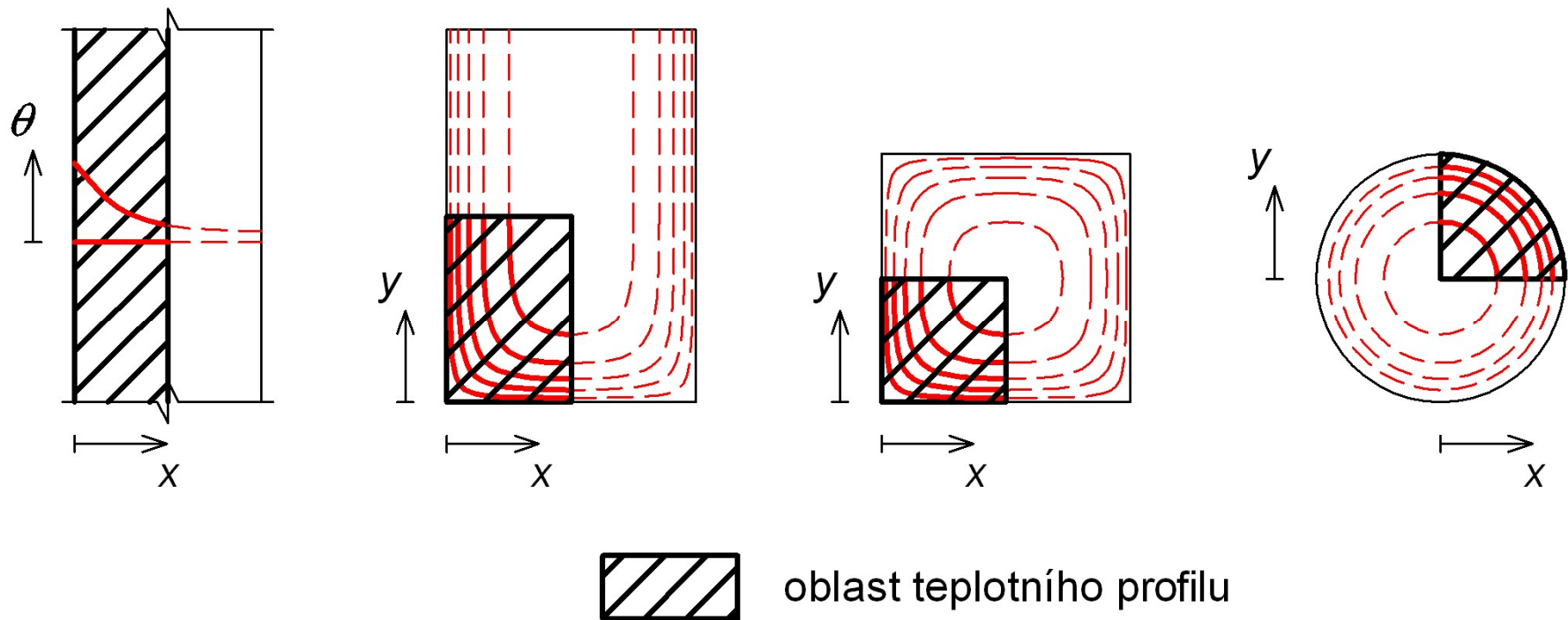
# Teplotní analýza konstrukce

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2

<b>Prvek</b>	<b>Rozměr průřezu [mm]</b>	<b>Vystavení požáru</b>	<b>Doba vystavení požáru [min]</b>
deska/stěna	200 (tloušťka)	z jedné strany	30, 60, 90, 120, 180, 240
nosník/sloup obdélníkového průřezu	80 × 150 ( $b \times h$ ) 160 × 300 ( $b \times h$ ) 300 × 600 ( $b \times h$ ) 500 × 800 ( $b \times h$ )	ze tří stran	30 30, 60, 90 60, 90, 120 90, 120, 180, 240
nosník/sloup čtvercového průřezu	300 × 300 ( $b \times h$ )	ze čtyř stran	30, 60, 90, 120
sloup kruhového průřezu	300 (průměr)	po obvodě	30, 60, 90, 120

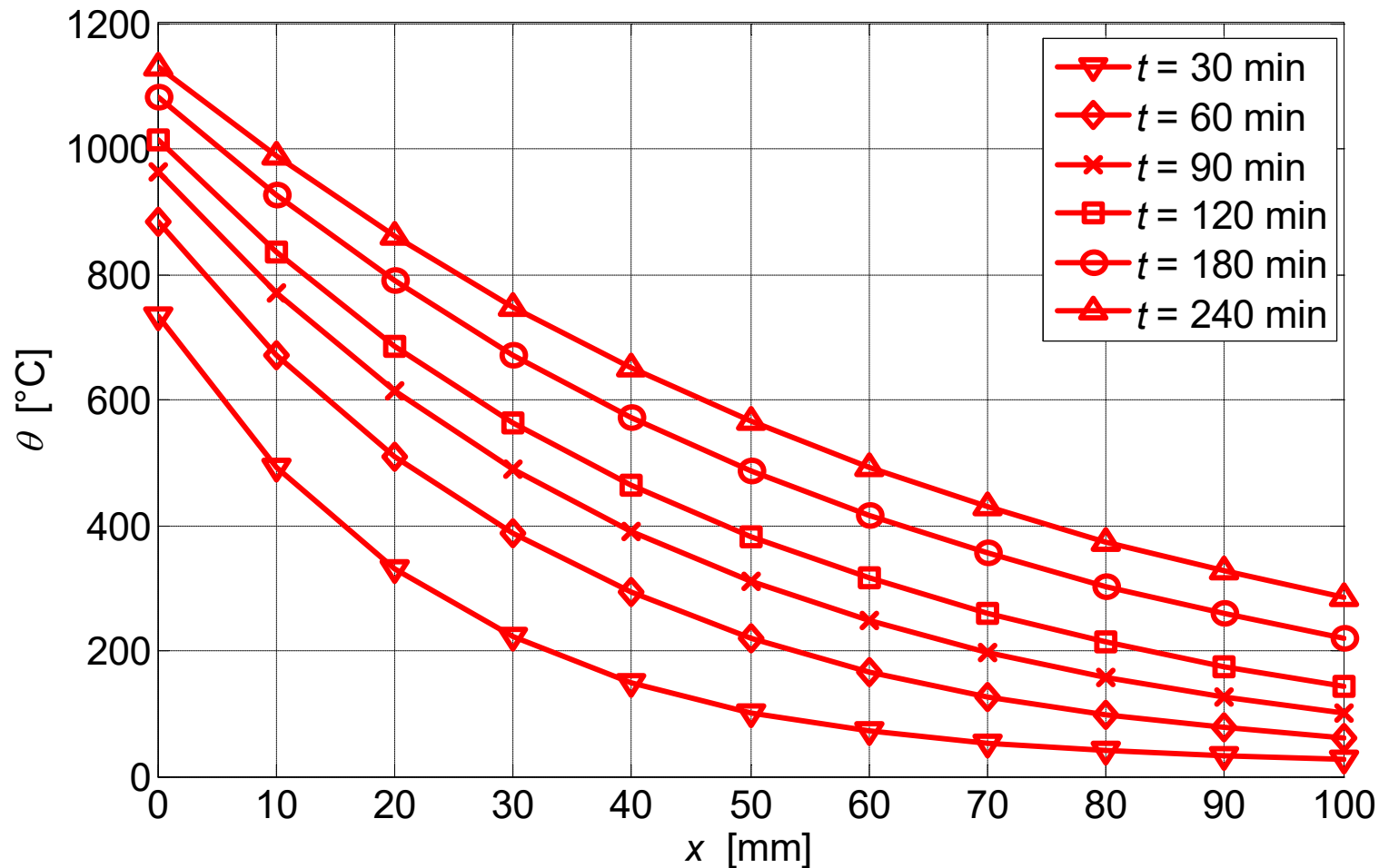
# Teplotní analýza konstrukce

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2



# Teplotní analýza konstrukce

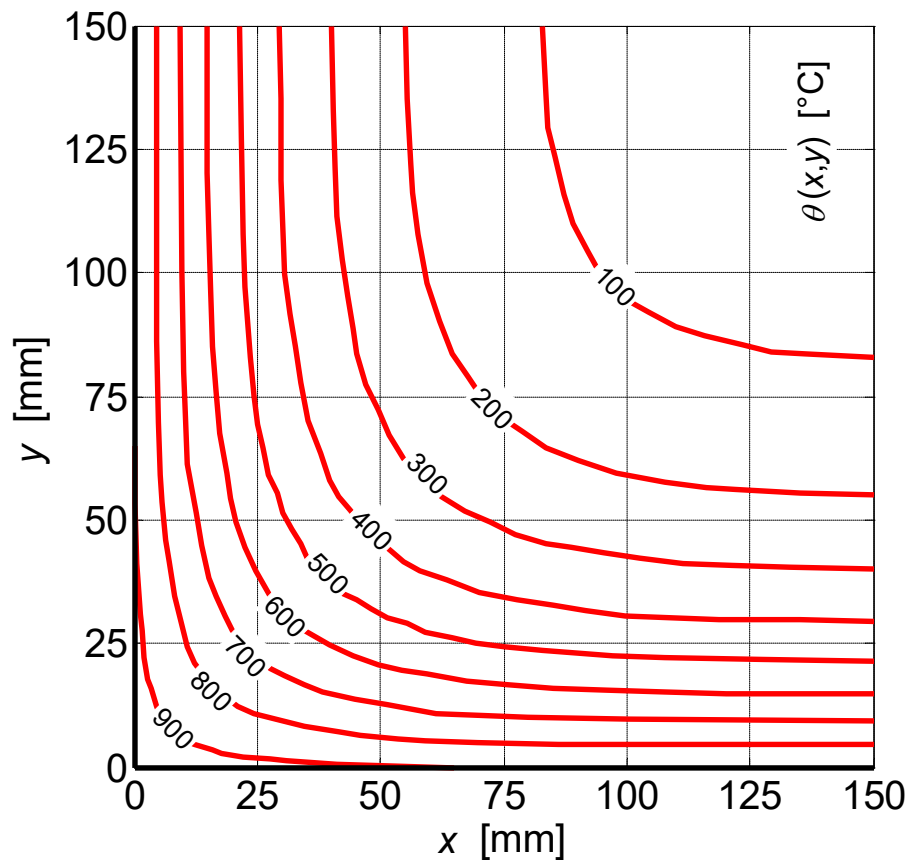
Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2



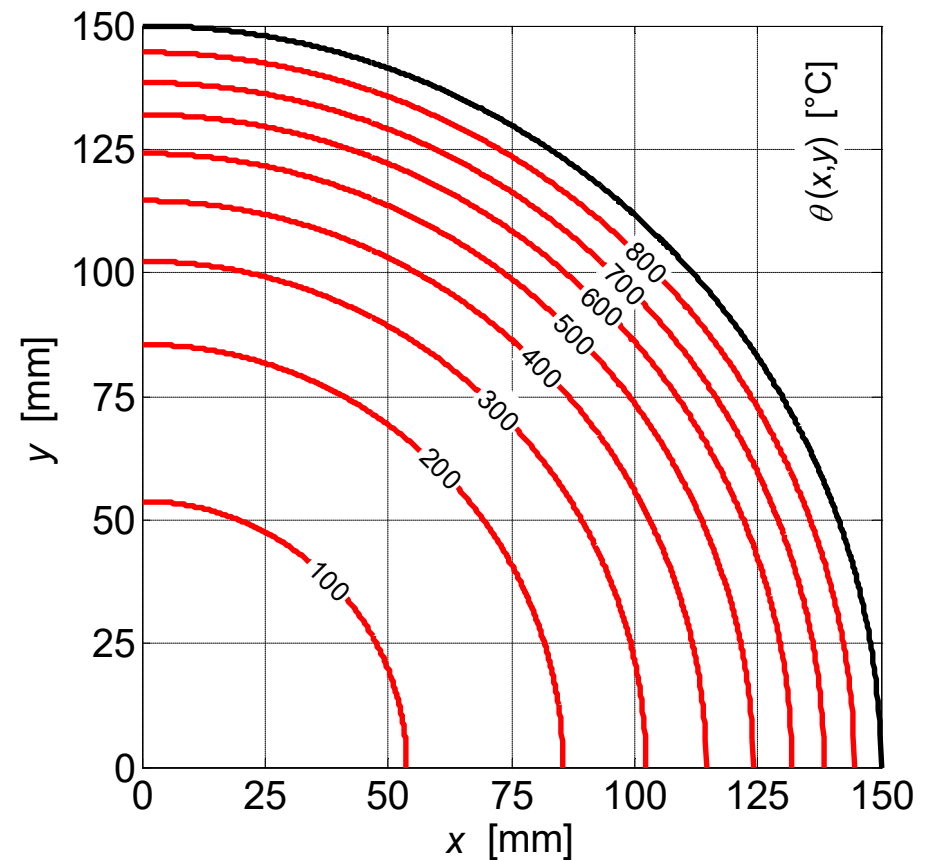
Deska/stěna  
tl. 200 mm

# Teplotní analýza konstrukce

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2



Sloup 300 x 300 mm<sup>2</sup>, 60 minut



Sloup  $\varnothing$  300 mm, 60 minut

# Teplotní analýza konstrukce

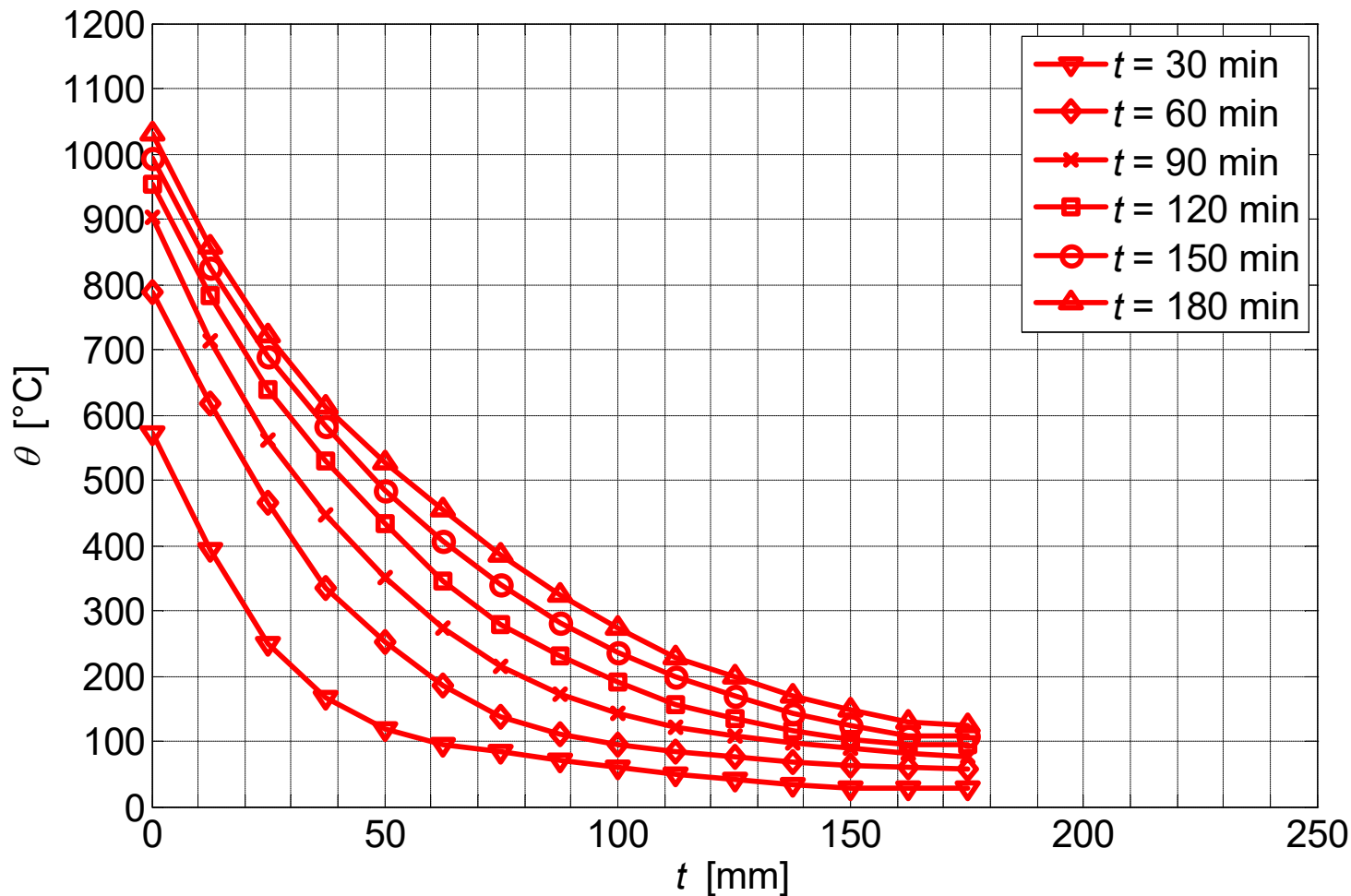
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2

<b>Materiál</b>	<b>Objemová hmotnost [kg m<sup>-3</sup>]</b>	<b>Tloušťka průřezu [mm]</b>	<b>Doba vystavení požáru [min]</b>
zdivo z pálených zdicích prvků	1000-2000	95	30, 60, 90, 120
zdivo z vápenopískových zdicích prvků	1500-2000	175	30, 60, 90, 120, 150, 180
zdivo z betonových tvárnic s pórovitým kamenivem	600-1000	240	30, 60, 90, 120, 150, 180
zdivo z betonových tvárnic s hutným kamenivem	1500-2000	200	30, 60, 90, 120, 180, 240
zdivo z pórobetonových tvárnic	400	250	30, 60, 90, 120, 150, 180
zdivo z pórobetonových tvárnic	500	250	30, 60, 90, 120, 150, 180
zdivo z pórobetonových tvárnic	600	250	30, 60, 90, 120, 150, 180



# Teplotní analýza konstrukce

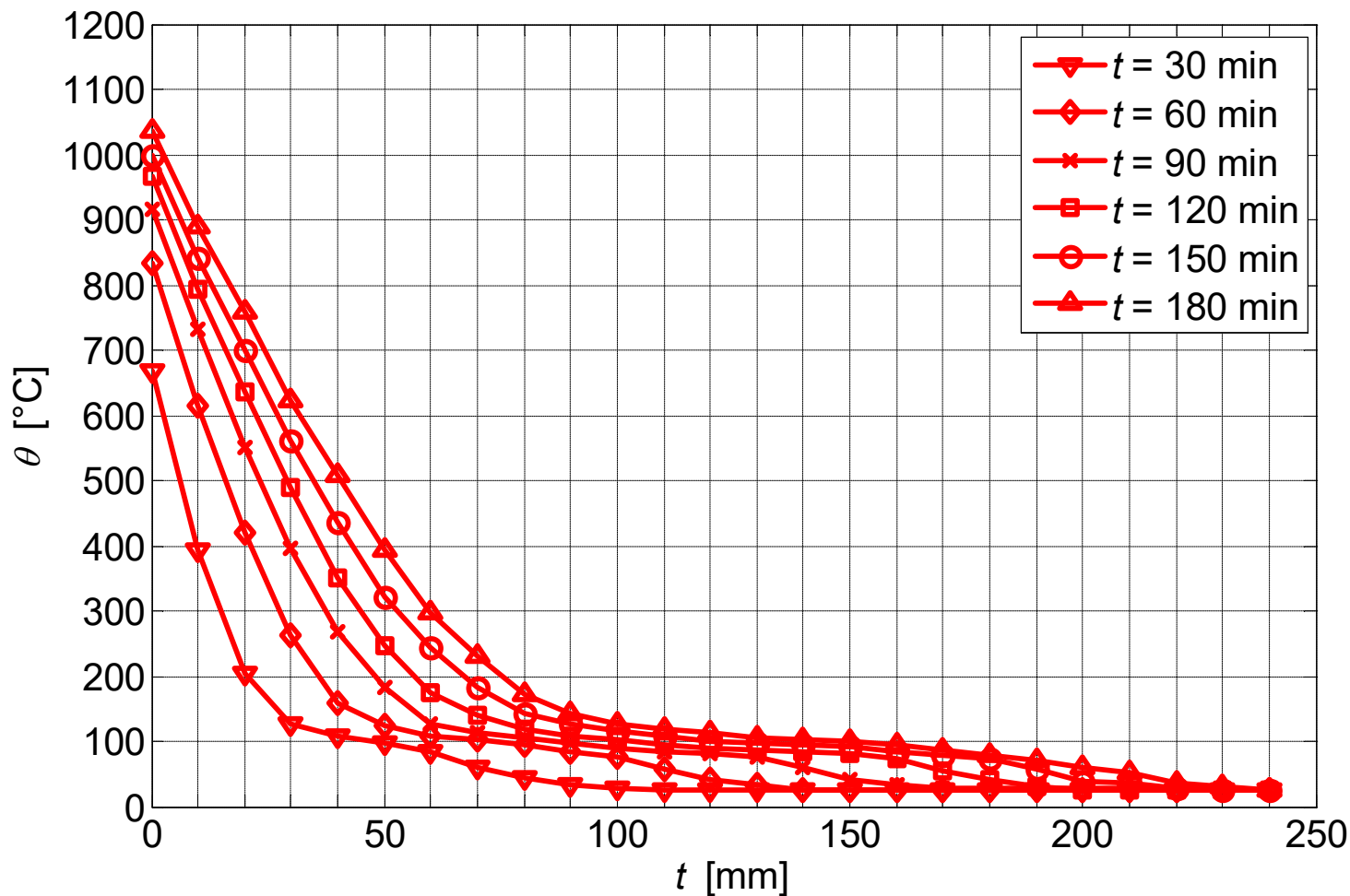
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2



Zdivo z  
vápenopískových  
zdicích prvků,  
tl. 175 mm

# Teplotní analýza konstrukce

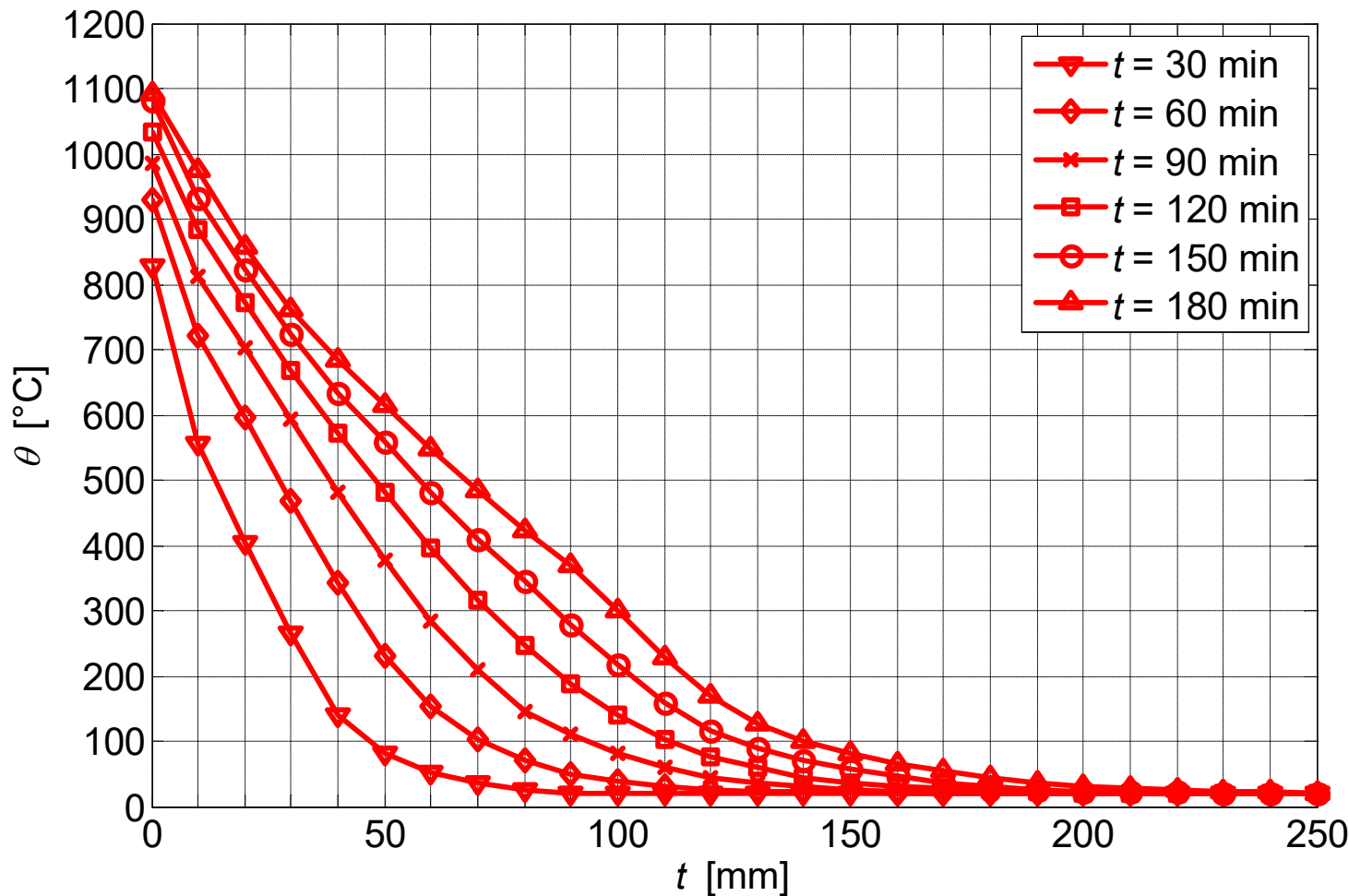
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2



Zdivo  
z betonových  
tvárnic  
s pórovitým  
kamenivem,  
tl. 240 mm

# Teplotní analýza konstrukce

Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2



Zdivo  
z pórobetonových  
tvárnic,  
tl. 250 mm

# Software pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru

Programy vyvíjené na katedře betonových a zděných konstrukcí FSv ČVUT v Praze

- Základní informace o programech
- Program **TempAnalysis**
- Program **HygroThermAnalysis**
- Soubor programů **FiDeS**
- Program **RCC<sub>fi</sub>**

**Děkuji za pozornost!**

# Seznam použitých zdrojů

- [1] Wald, F. a kol. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.
- [2] Směrnice Rady 89/106/EHS, o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků, ze dne 21. prosince 1989.
- [3] ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [4] Procházka, J. a kol. Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [5] Vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), ze dne 29. června 2001.
- [6] Comprehensive fire protection and safety with concrete. Brussels: European Concrete Platform ASBL, April 2007. Český překlad dostupný na:  
<http://www.betontks.cz/downloads/Komplexni-pozarni-ochrana.pdf>
- [7] The three mechanisms of heat transfer (graphic) [online]. [cit. 10. 6. 2010].  
URL: <http://geography.hunter.cuny.edu>
- [8] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.

© Radek Štefan, Jaroslav Procházka 2011-2024

Poslední úprava: 26. 9. 2024

Připomínky a návrhy na vylepšení prezentace zasílejte prosím na adresu [radek.stefan@fsv.cvut.cz](mailto:radek.stefan@fsv.cvut.cz)

Upozornění:

Materiál slouží pouze pro studijní a výukové účely v rámci předmětů vyučovaných na Fakultě stavební ČVUT v Praze!