

133PSBZ

Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí

Přednáška A3

ČVUT v Praze, Fakulta stavební
katedra betonových a zděných konstrukcí

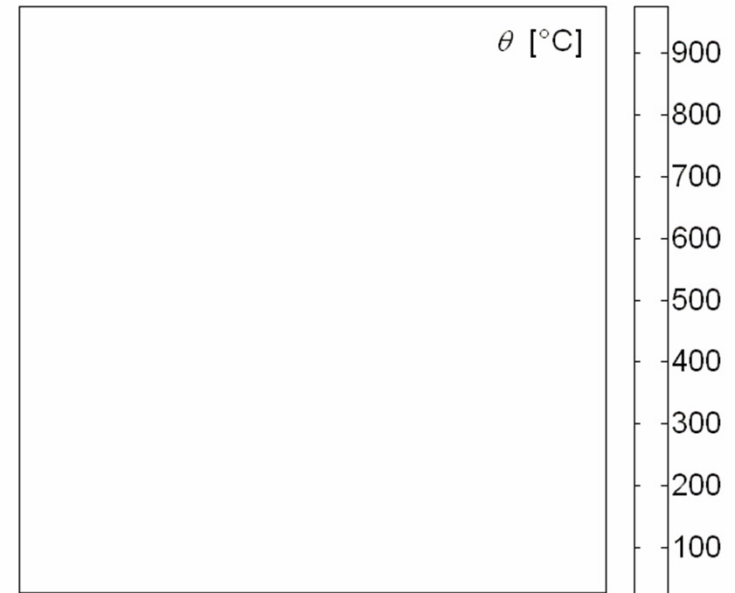
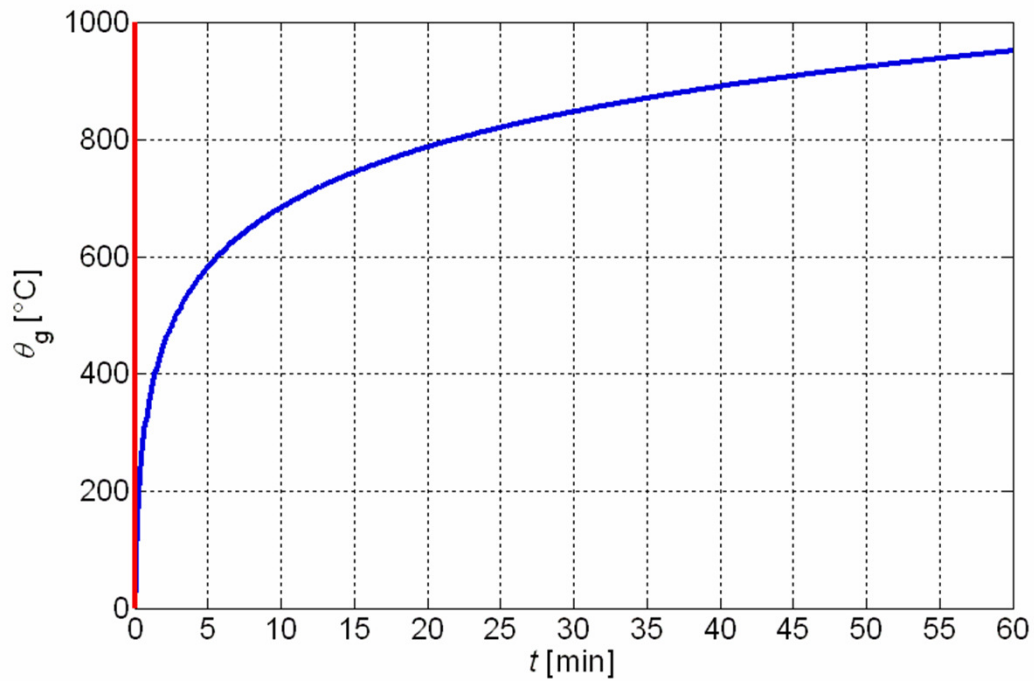
Obsah přednášky

Teplotní analýza konstrukce

- Sdílení tepla
- Rovnice vedení tepla, tepelné zatížení při požáru
- Teplotní a fyzikální vlastnosti materiálů
- Přístupy k teplotní analýze konstrukce
- Teplotní profily

Obsah přednášky

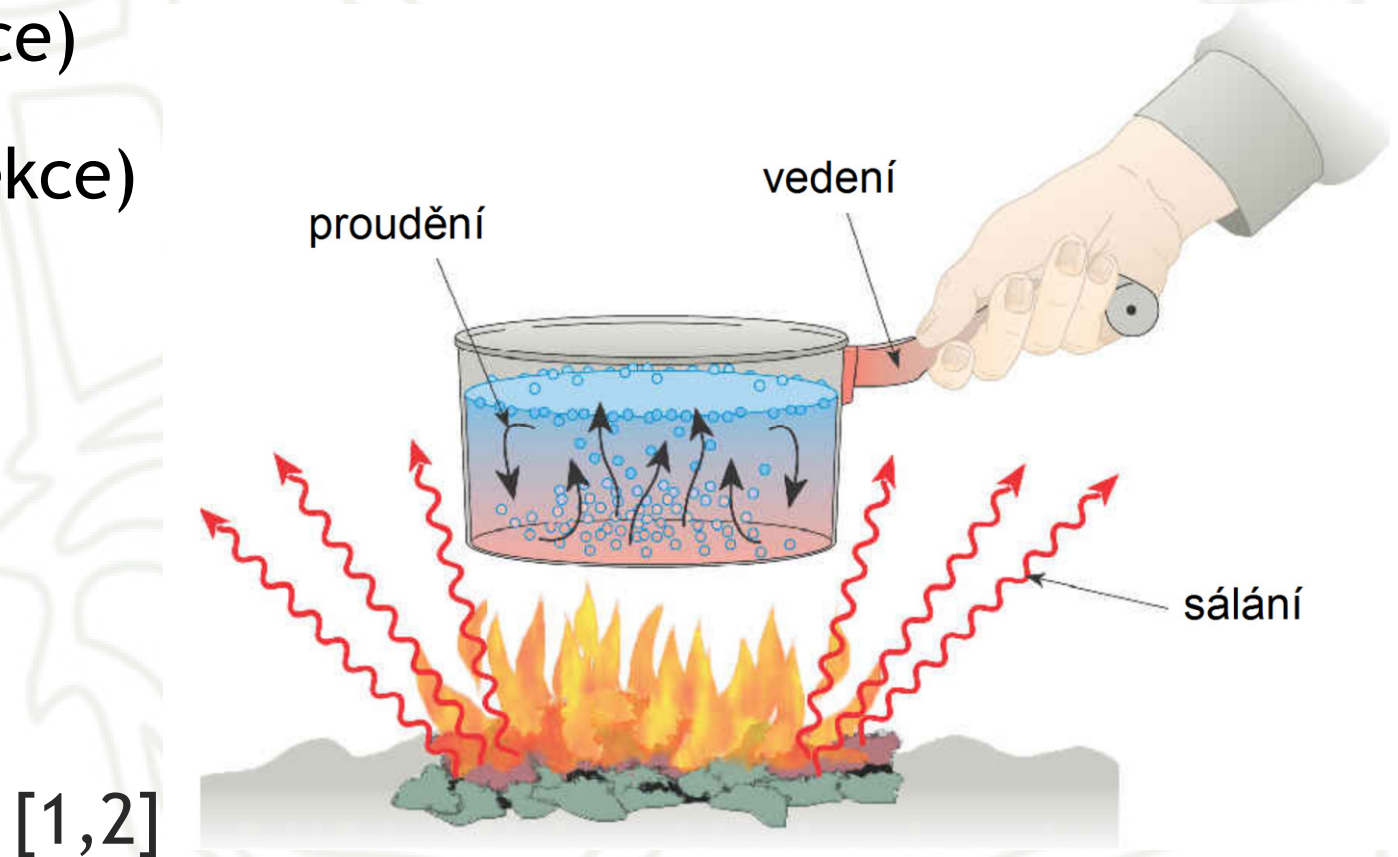
Teplotní analýza konstrukce



Sdílení tepla

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

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



Sdílení tepla

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

Sdílení tepla

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*)

Sdílení tepla

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

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

Rovnice vedení tepla, tepelné zatížení při požáru

- 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

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

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

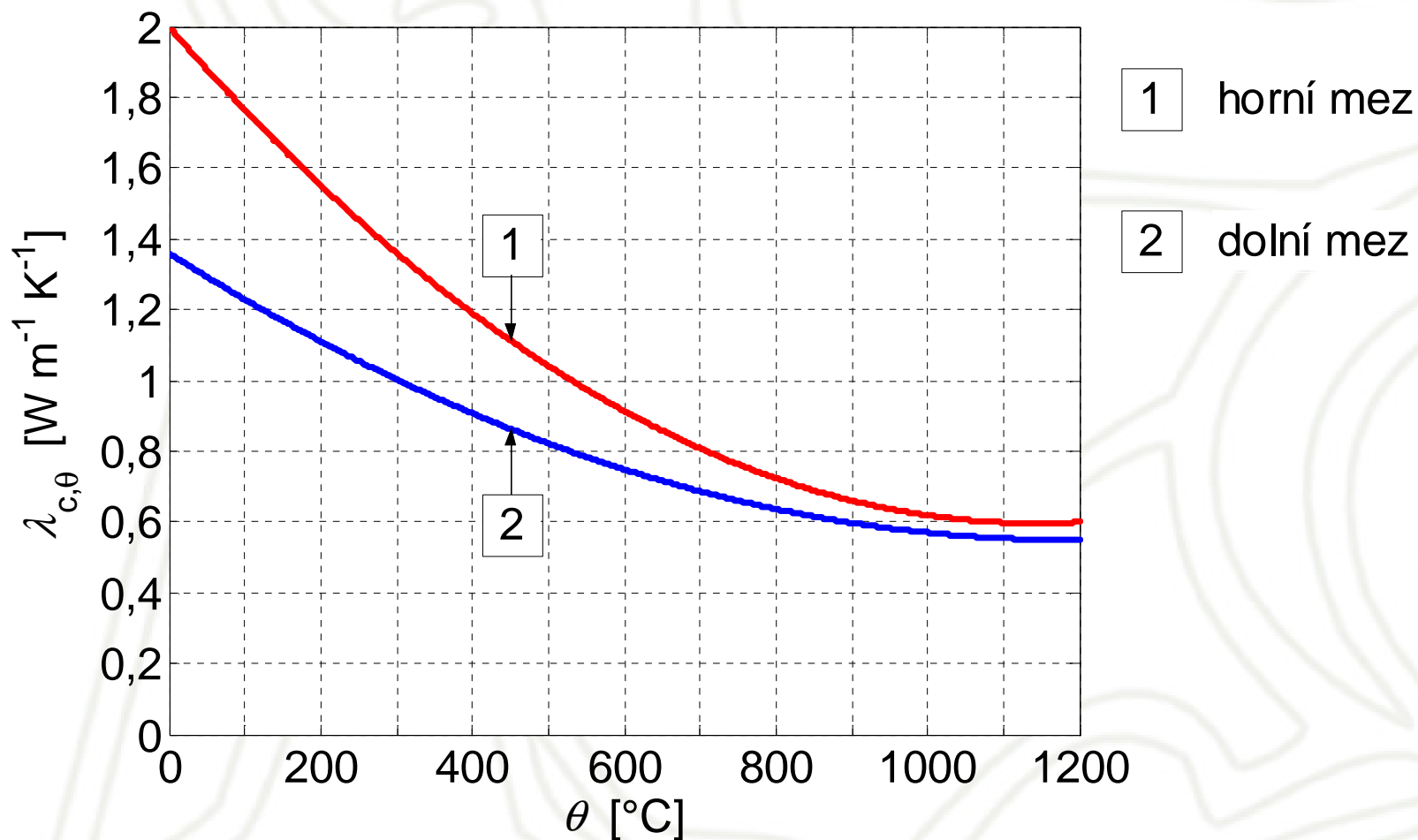
$$\dot{h}_{\text{net,r}} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma [\theta_r^4 - \theta_m^4]$$

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 přednášky 5 a 6

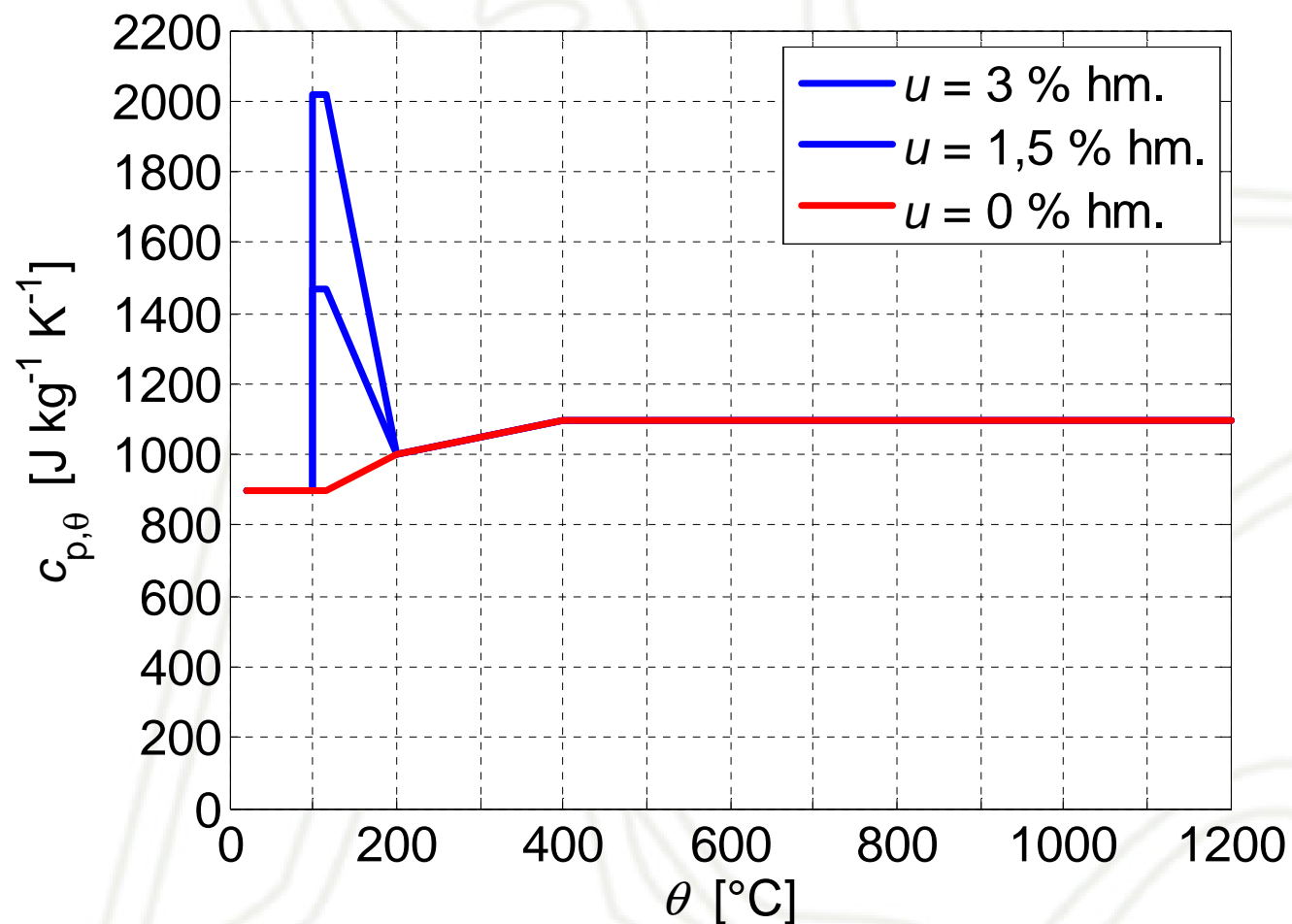
Teplotní a fyzikální vlastnosti materiálů

Tepelná vodivost betonu dle ČSN EN 1992-1-2 [3]



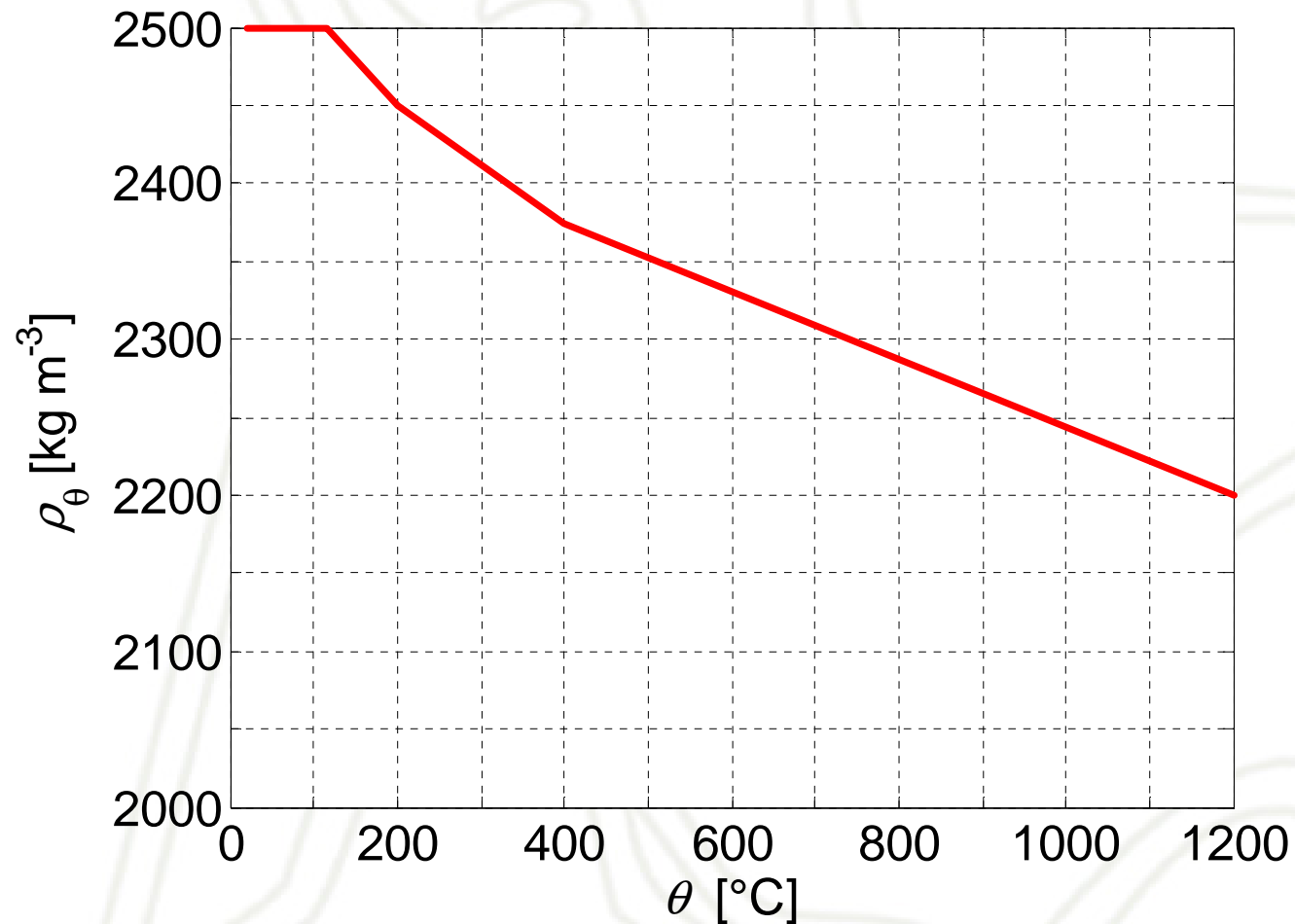
Teplotní a fyzikální vlastnosti materiálů

Měrná tepelná kapacita betonu dle ČSN EN 1992-1-2 [3]



Teplotní a fyzikální vlastnosti materiálů

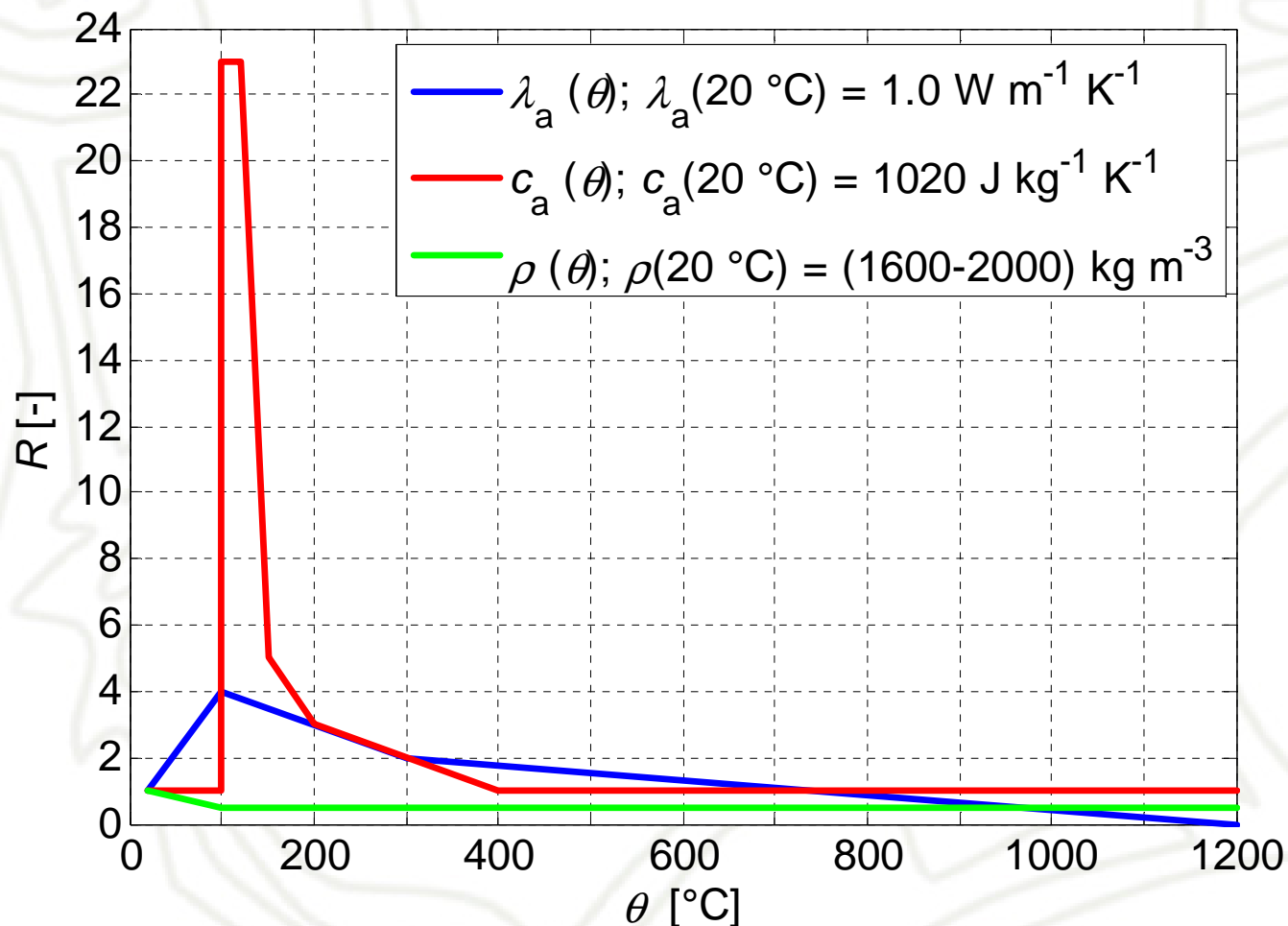
Objemová hmotnost betonu dle ČSN EN 1992-1-2 [3]



Teplotní a fyzikální vlastnosti materiálů

Tepelná vodivost, měrná tepelná kapacita a objemová hmotnost zdiva (vápenopískové zdicí prvky) dle ČSN EN 1996-1-2 [4,5]

R ... poměr hodnoty vlastnosti při teplotě θ k hodnotě při teplotě 20 °C



Přístupy k teplotní analýze konstrukce

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

Přístupy k teplotní analýze konstrukce

Požární zkoušky

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



133PSBZ



Přednáška A3



16

Přístupy k teplotní analýze 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

Přístupy k teplotní analýze 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)

Přístupy k teplotní analýze 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

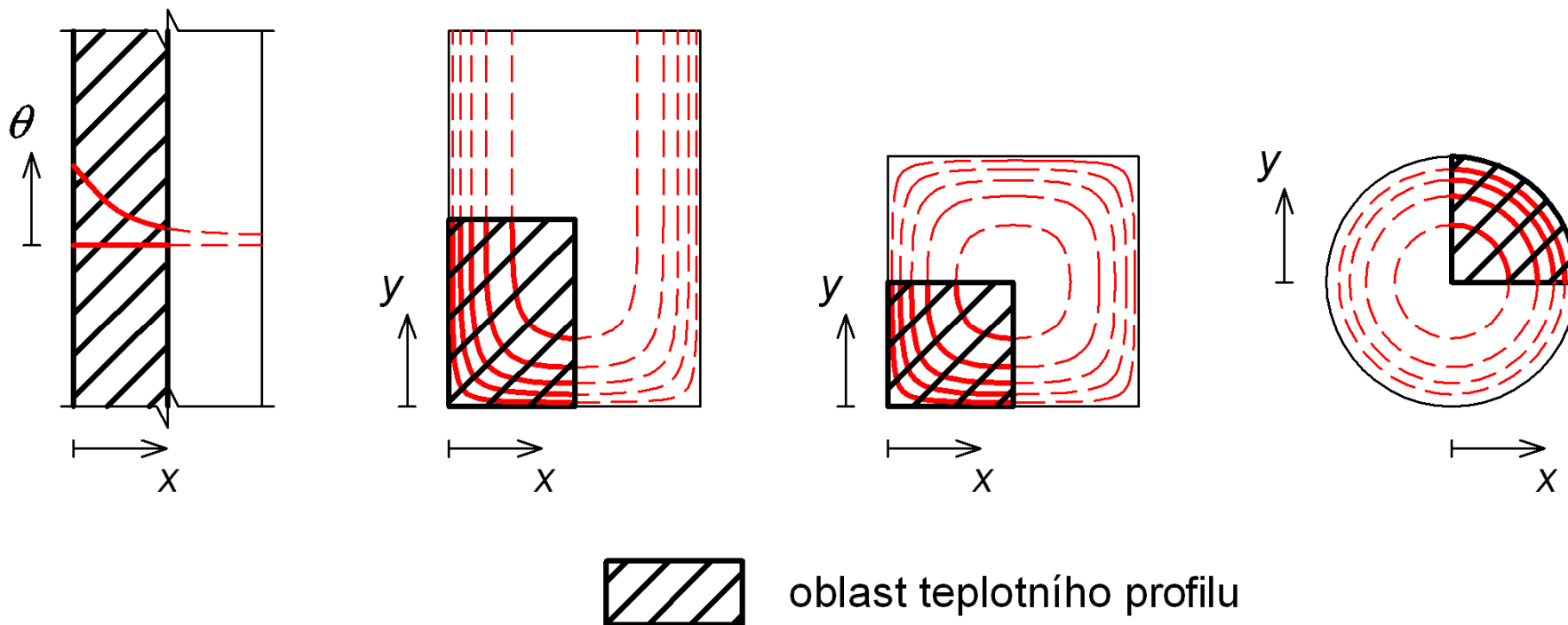
Teplotní profily

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2 [3,2]

Prvek	Rozměr průřezu [mm]	Vystavení požáru	Doba vystavení požáru [min]
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

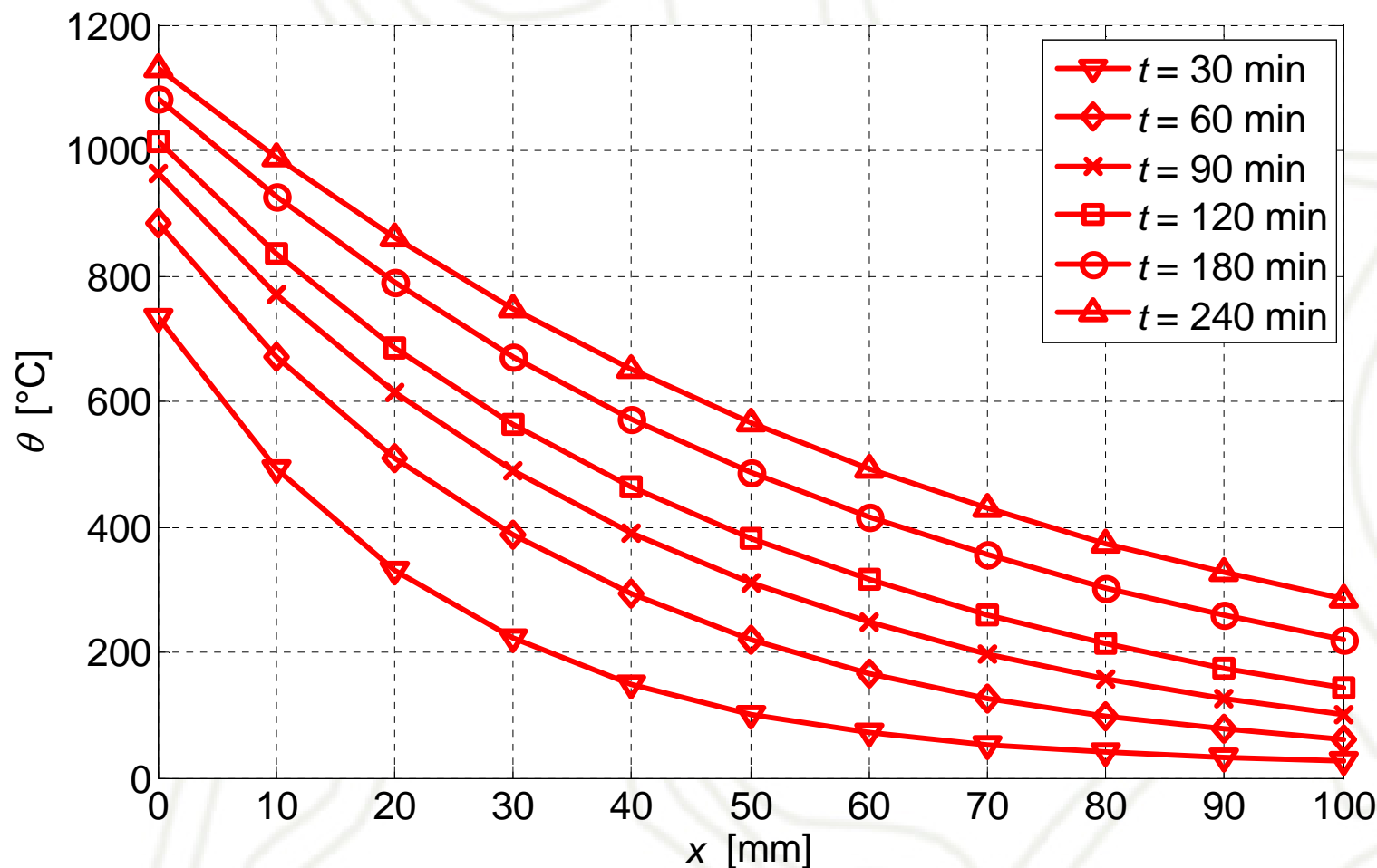
Teplotní profily

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2 [3,2]



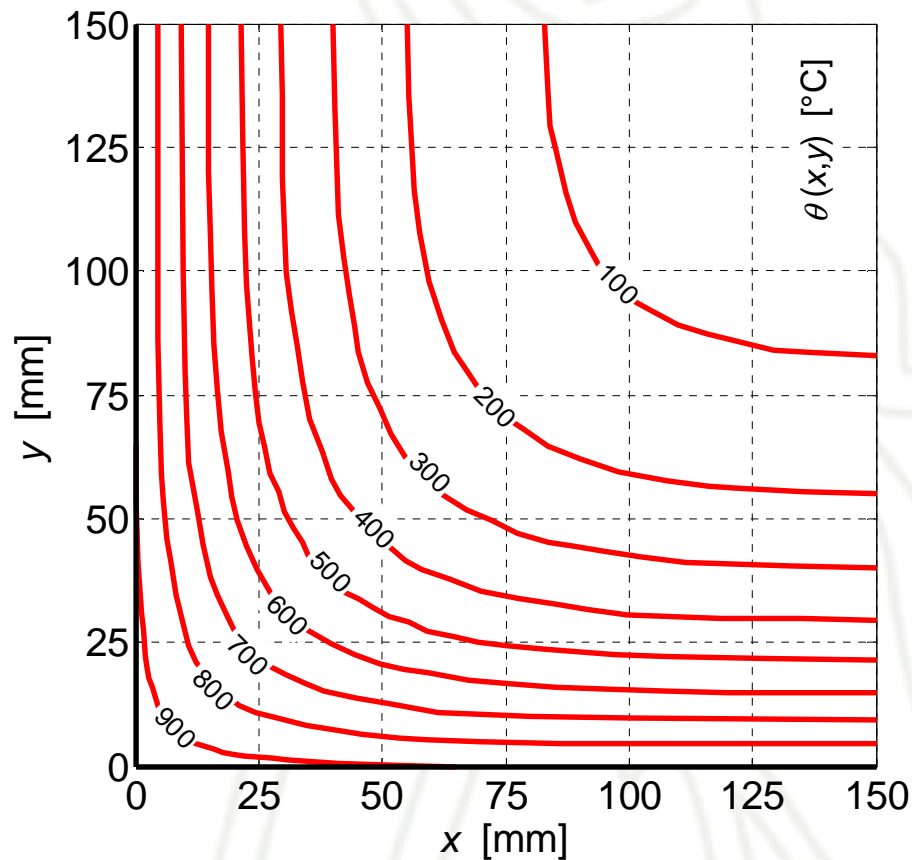
Teplotní profily

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2 [3,2]

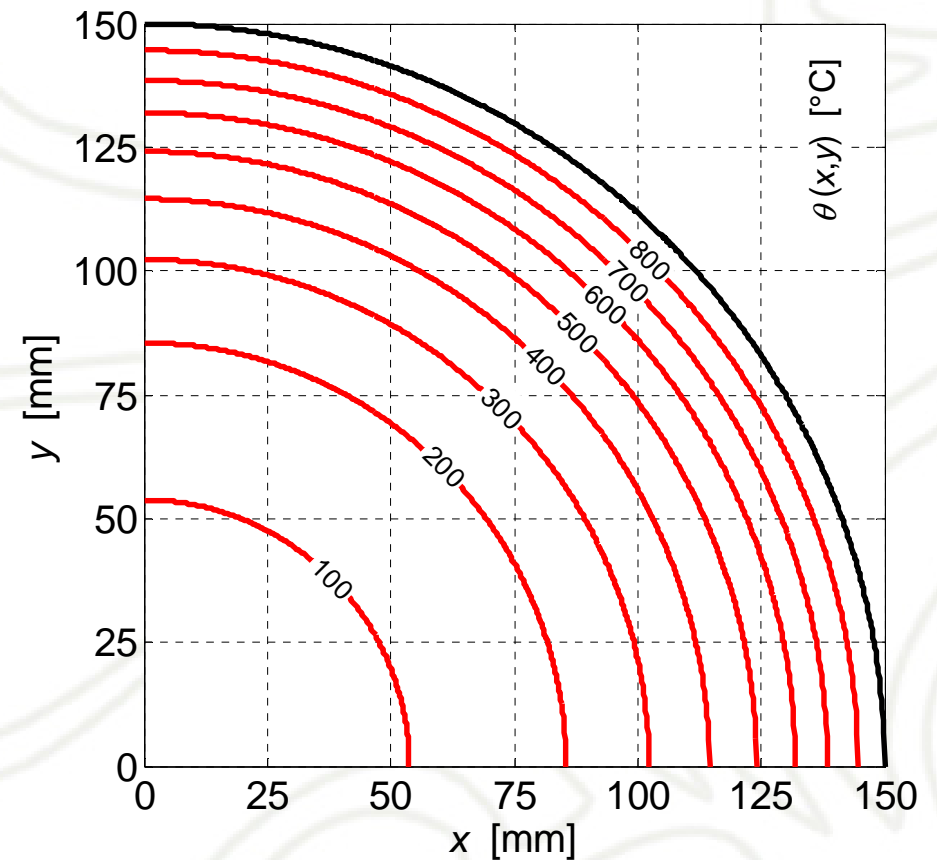


Teplotní profily

Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2 [3,2]



Sloup 300 x 300 mm², 60 minut



Sloup \varnothing 300 mm, 60 minut

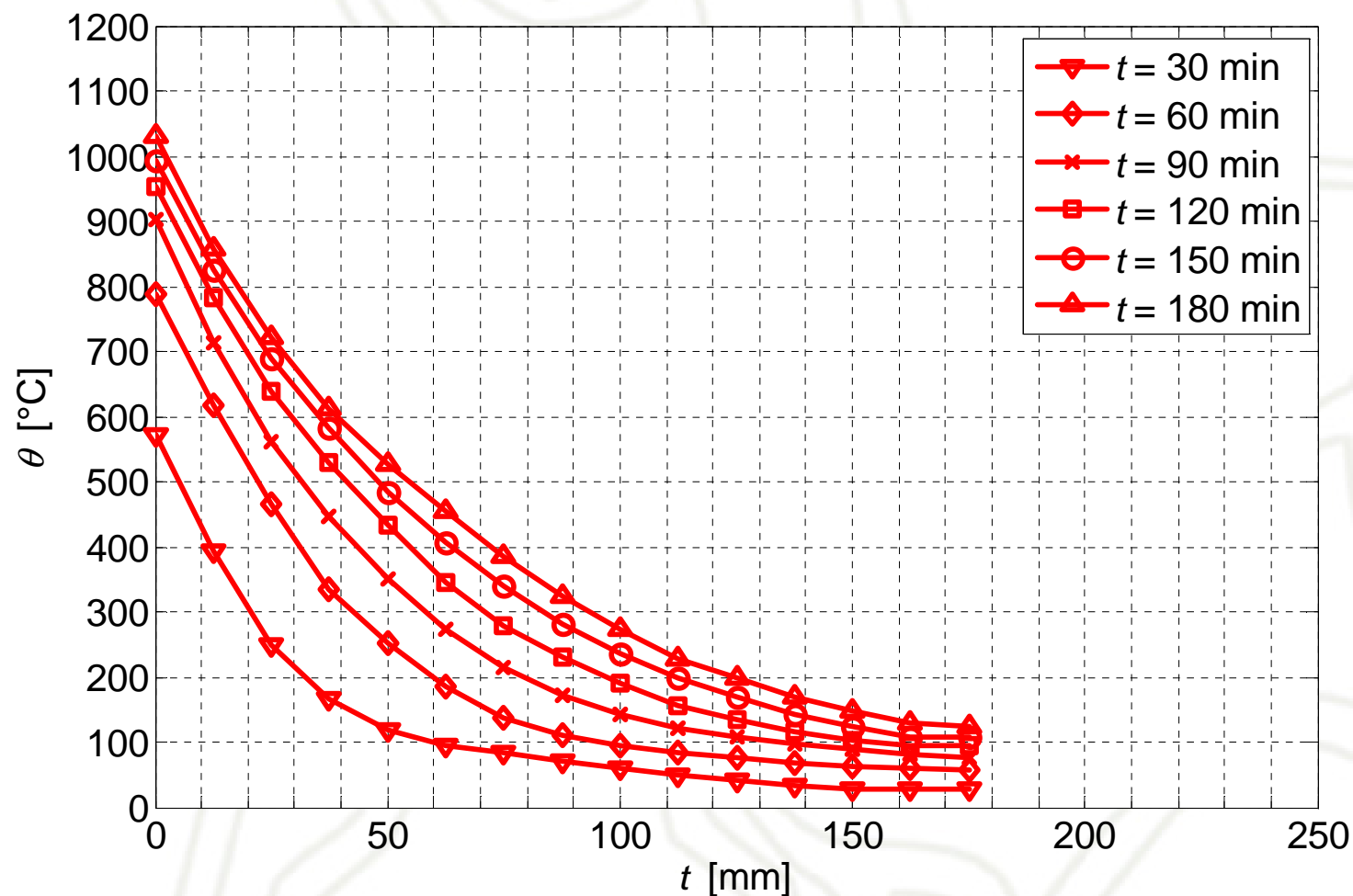
Teplotní profily

Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2 [4,2]

Materiál	Objemová hmotnost [kg m⁻³]	Tloušťka průřezu [mm]	Doba vystavení požáru [min]
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 profily

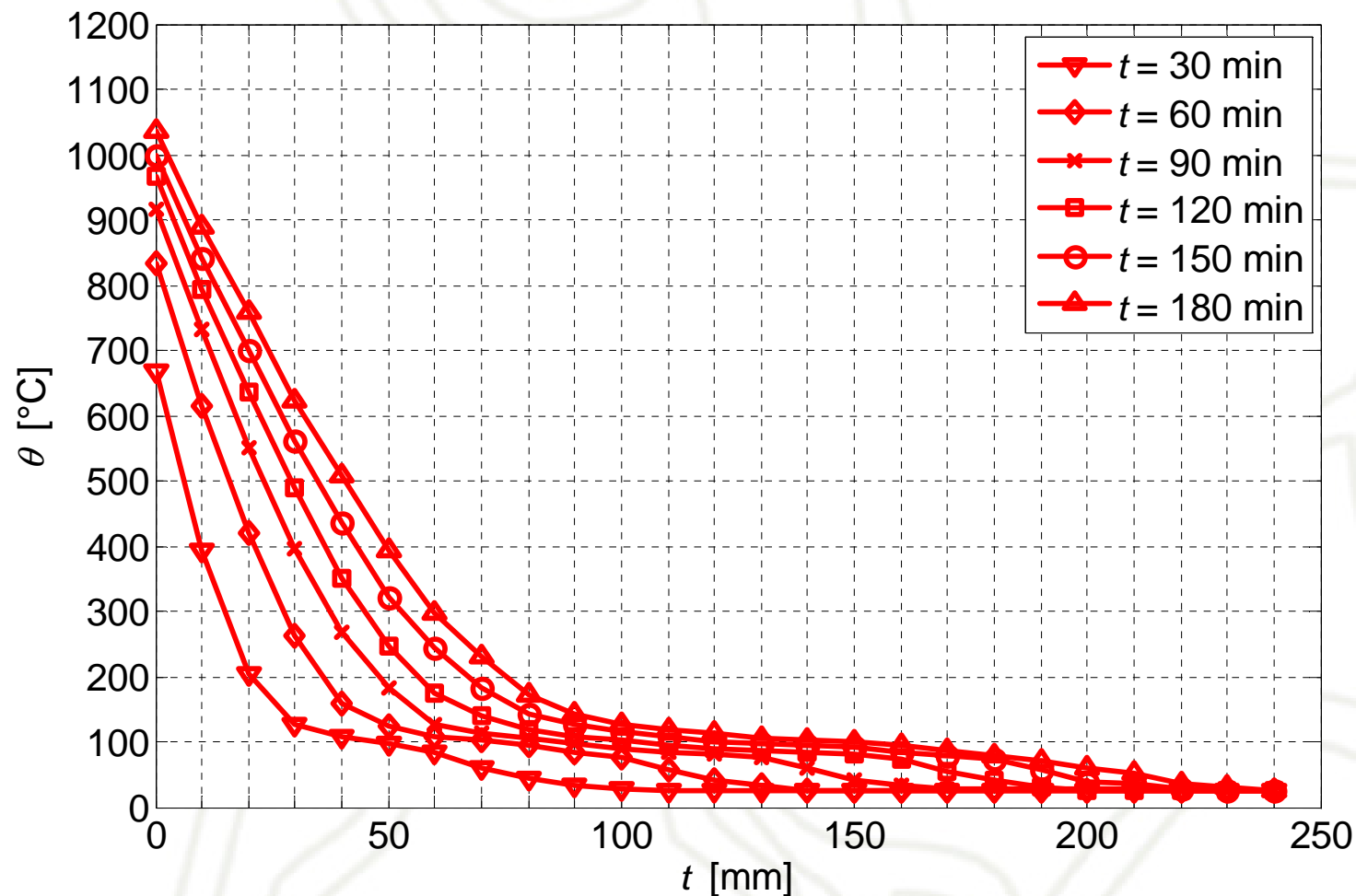
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2 [4,2]



Zdivo z
vápenopískových
zdicích prvků,
tl. 175 mm

Teplotní profily

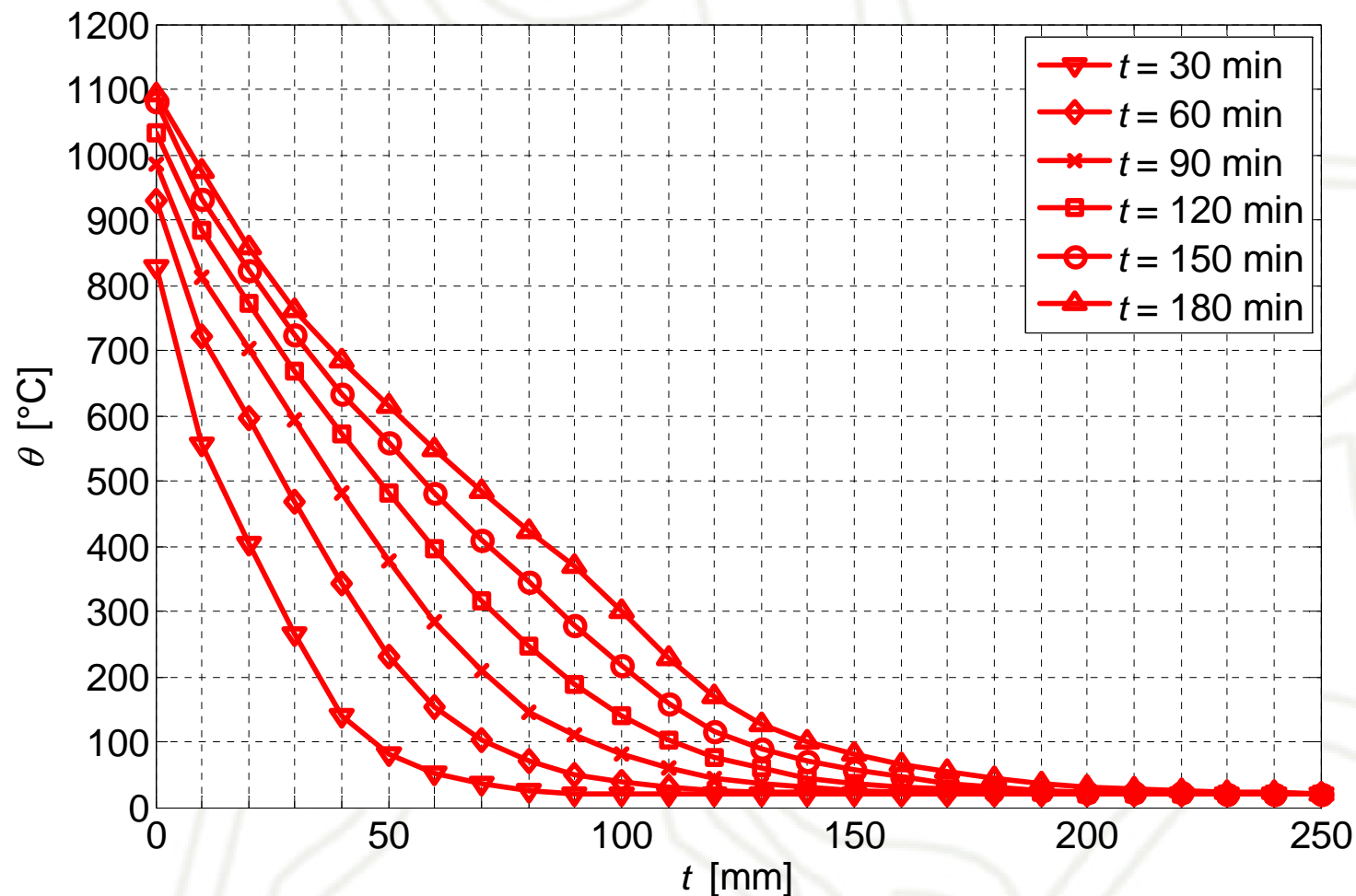
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2 [4,2]



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

Teplotní profily

Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2 [4,2]



Zdivo
z pórobetonových
tvárnic,
tl. 250 mm



Děkuji za pozornost!

Seznam použitých zdrojů

- [1] The three mechanisms of heat transfer (graphic) [online]. [cit. 10. 6. 2010].
URL: <http://geography.hunter.cuny.edu>
- [2] Procházka, J. a kol. Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [3] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.
- [4] ČSN EN 1996-1-2. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.
- [5] Štefan, R. - Procházka, J. Temperature Analysis of Masonry Structural Members Subjected to Fire. In Proceedings of the International Conference on Modelling and Simulation 2010 [CD-ROM]. Prague: CTU in Prague and AMSE, 2010.
- [6] Buchanan, A. H. Structural Design for Fire Safety. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. 421 p. ISBN 978-0-471-89060-7.
- [7] Hlaváčová, I. Termokinetika [online]. [cit. 10. 6. 2010].
URL: <http://if.vsb.cz/Kontakt/-Hlavacova/termokinetika.doc>

© Radek Štefan 2011-2016

Poslední úprava: 11.10.2016

Připomínky a návrhy na vylepšení prezentace zasílejte prosím na adresu radek.stefan@fsv.cvut.cz

Upozornění:

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