

133YPNB

Požární návrh betonových a zděných konstrukcí

1. přednáška

Radek Štefan

ČVUT v Praze, Fakulta stavební
katedra betonových a zděných konstrukcí

Obsah přednášky

- Základní informace o předmětu
- Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb
- Teplotní analýza požárního úseku
- Teplotní analýza konstrukce
- Software pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru

Základní informace o předmětu

<http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133YPNB.html>

- zakončení: zápočet
- hodinová dotace 1+1
- vyučující:

Ing. Radek Štefan, Ph.D. (přednášky)

radek.stefan@fsv.cvut.cz

místnost B-736

Ing. Martin Benýšek (cvičení)

martin.benysek@fsv.cvut.cz

místnost B-788

Základní informace o předmětu

Podmínky udělení zápočtu

- aktivní účast na cvičeních, max. 1 neomluvná absence
- vypracování všech zadaných úloh
- konzultace úlohy nejpozději do dvou týdnů od zadání, případné úpravy nejpozději do dalšího týdne
- prokázání příslušných znalostí (v rozsahu přednášek) během konzultací se cvičícím
- úspěšné absolvování zápočtového testu (13. 5. 2021)

Zápočet lze získat nejpozději v pátek 21. 5. 2021!

Základní informace o předmětu

Zápočtový test

- test má **25 otázek** (každá za 1 bod)
- výběr z nabízených možností, může být více správných odpovědí
- za správně zodpovězenou otázku se považuje ta, u které jsou označeny všechny správné odpovědi
- za chybně zodpovězenou otázku se body neodečítají
- pro splnění testu je nutné dosáhnout min **15 bodů** (v případě nesplnění bude možnost jedné opravy)
- s sebou k testu - pouze psací potřeby!

Základní informace o předmětu

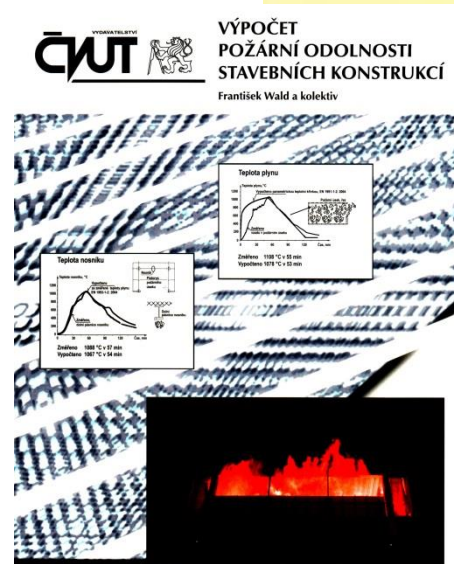
Základní literatura

- Procházka, J. a kol. *Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru*. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- Wald, F. a kol. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební

NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH
A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ
NA ÚČINKY POŽÁRU



Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.
Ing. Radek Štefan
Ing. Jitka Vašková, CSc.

Základní informace o předmětu

Doporučená literatura

- Wald, F. a kol. *Prokazování požární odolnosti statickým výpočtem*. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-89113-69-9.
- Procházka, J. a kol. *Navrhování betonových konstrukcí 1: Prvky z prostého a železového betonu*. Praha: ČBS, 2009. ISBN 80-903807-1-9.



Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární ochrana

Dvě základní složky požární ochrany [1]:

- Požární prevence - předcházení vzniku požáru, omezení rozsahu a následků vzniklého požáru
- Požární represe - účinné zdolávání požáru

Řešení požární bezpečnosti staveb patří do oblasti požární prevence.

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární bezpečnost staveb

Norma ČSN 73 0802 definuje požární bezpečnost jako:

„schopnost stavebních objektů bránit ztrátám na životech a zdraví osob, popř. zvířat a ztrátám na majetku v případě požáru“.

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární bezpečnost staveb

Pro zajištění požární bezpečnosti staveb se využívají [1]:

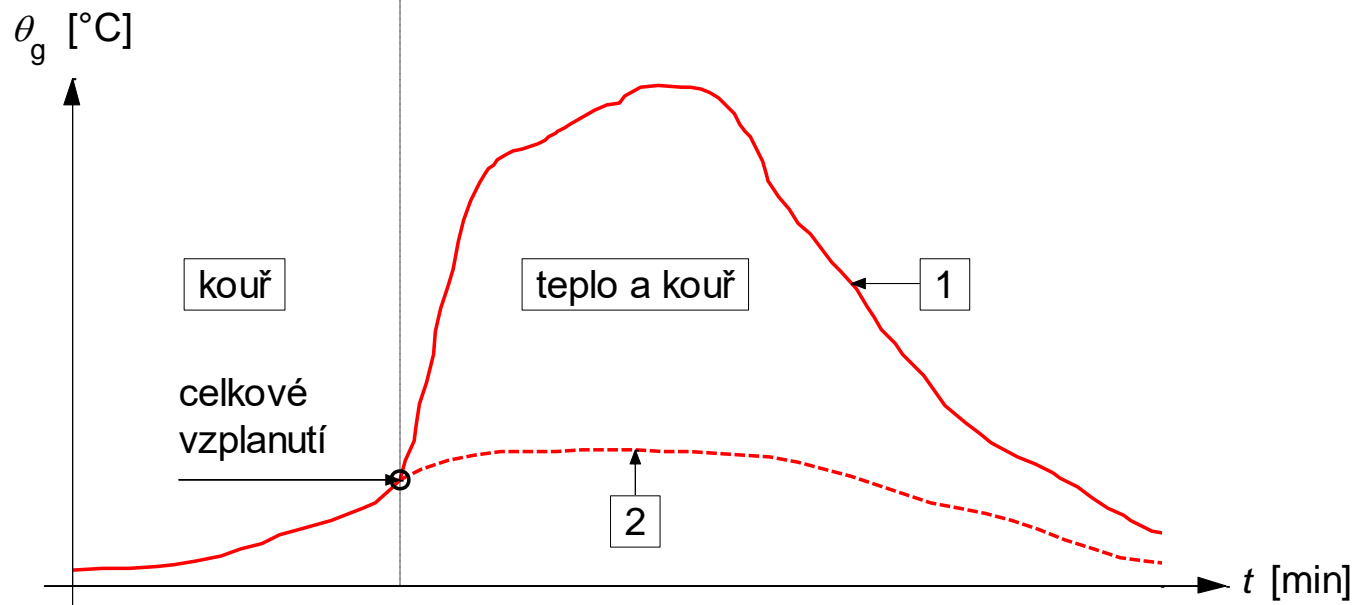
- Aktivní protipožární opatření
 - samočinná stabilní hasicí zařízení
 - zařízení dálkového přenosu informací
 - zařízení pro odvod kouře a tepla
 - elektrická požární signalizace
 - jednotky hasičského záchranného sboru
- Pasivní protipožární opatření
 - dělení na požární úseky
 - požární odolnost nosných, požárně dělicích a obalových konstrukcí
- Jejich kombinace

Aktivní požární ochrana

- samočinná stabilní hasicí zařízení
- zařízení dálkového přenosu
- zařízení pro odvod kouře a tepla
- elektrická požární signalizace
- jednotky hasičského záchranného sboru

Pasivní požární ochrana

- dělení na požární úseky
- požární odolnost nosné konstrukce
- požární odolnost požárně dělicích konstrukcí
- požární odolnost obalových konstrukcí



- 1 teplota v požárním úseku při plně rozvinutém požáru v případě selhání aktivních protipožárních opatření
- 2 teplota v požárním úseku pro nerozvinutý požár při užití aktivních protipožárních opatření

[1,4]

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požárně bezpečnostní řešení

- Nedílná součást stavební dokumentace
- Podrobné zhodnocení požadavků na požární bezpečnost objektu, prokázání splnění těchto požadavků včetně návrhu jednotlivých požárně bezpečnostních opatření

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požárně bezpečnostní řešení

- Zahrnuje [4,5]:
 - seznam podkladů
 - popis stavby
 - rozdělení stavby do požárních úseků
 - stanovení požárního rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti
 - posouzení velikosti požárních úseků
 - **zhodnocení navržených stavebních konstrukcí** a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti
 - zhodnocení navržených stavebních hmot
 - zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace
 - stanovení a zhodnocení odstupových a bezpečnostních vzdáleností
 - vymezení požárně nebezpečného prostoru
 - určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou
 - vymezení zásahových cest

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požárně bezpečnostní řešení

- zhodnocení příjezdových komunikací a nástupních ploch
- stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů
- zhodnocení technických a technologických zařízení stavby
- stanovení zvláštních požadavků
- posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními
- stanovené rozsahu a způsobu rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek
- výkresy požární bezpečnosti

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Zhodnocení požární odolnosti navržených stavebních konstrukcí je důležitou součástí požárně bezpečnostního řešení budovy.

Norma ČSN 73 0802 definuje požární odolnost jako dobu *„po kterou je konstrukce schopna odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení její funkce“*.

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Zhodnocení požární odolnosti = porovnání **skutečné požární odolnosti** konstrukce s **požadovanou požární odolností**

Požadovaná požární odolnost se určí s ohledem na [3]:

- výpočtové požární zatížení požárního úseku
- druh konstrukčního systému budovy (nehořlavý, smíšený, hořlavý)
- požární výšku objektu, ve kterém se požární úsek nachází

Skutečná požární odolnost se stanoví:

- zkouškou požární odolnosti
- výpočtem (případně s využitím tabulkových hodnot)
- kombinací zkoušek a výpočtů

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

V současnosti se pro stanovení skutečné požární odolnosti konstrukcí využívají výhradně evropské návrhové normy (Eurokódy) řady **ČSN EN 199x-1-2** (+ příslušné základní normy).

- zatížení ČSN EN 1991-1-2
- beton ČSN EN 1992-1-2
- ocel ČSN EN 1993-1-2
- ...
- zdivo ČSN EN 1996-1-2
- ...

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Označuje se

- písmennou značkou - vyjadřuje funkci (vlastnost) konstrukce, ke které se hodnota odolnosti vztahuje
- číselnou hodnotou - udává dobu požární odolnosti v minutách

např. **R 60**

Označení požární odolnosti se může dále doplňovat označením druhu konstrukce z hlediska použitých materiálů (DP1, DP2, DP3), případně také označením požární křivky, ke které se příslušná hodnota vztahuje (např. „ef“ pro křivku vnějšího požáru, „HC“ pro uhlovodíkovou křivku apod).

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Základní kritéria požární odolnosti

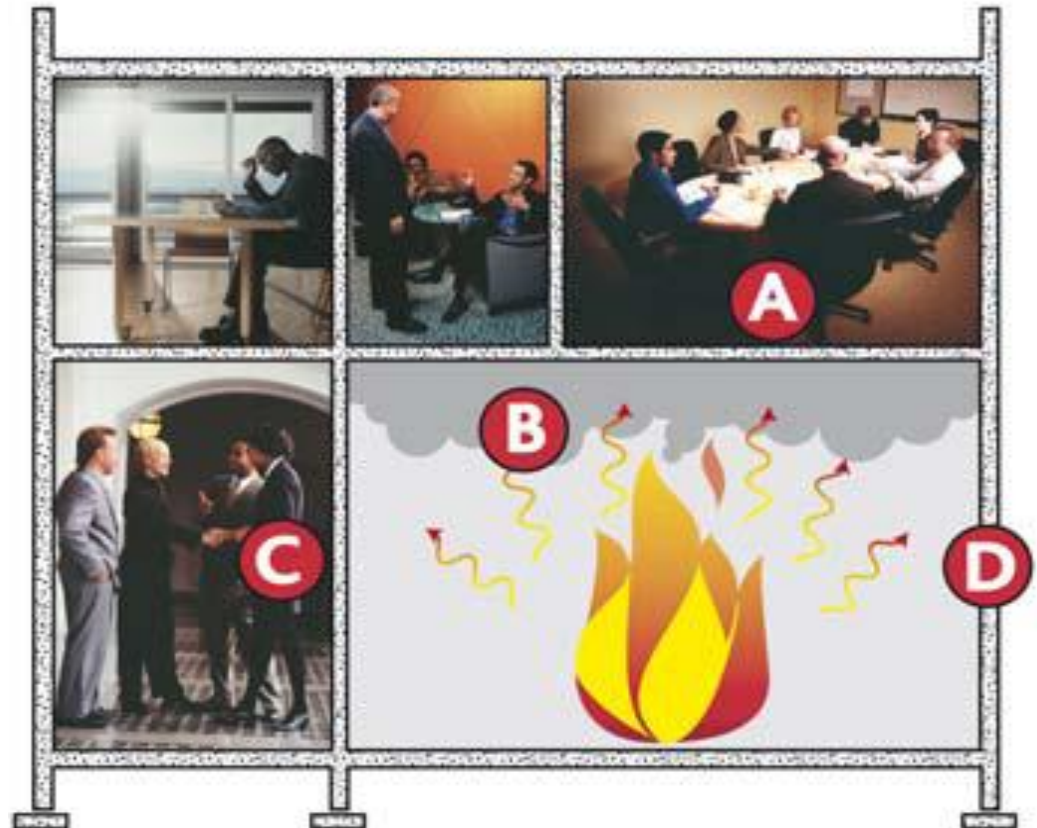
- R kritérium únosnosti
- E kritérium celistvosti
- I kritérium izolační schopnosti
- M kritérium mechanické odolnosti vůči nárazu

Spojením kritérií EI se vyjadřuje **požárně dělicí funkce** konstrukce.

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

- A únosnost stropní konstrukce
- B ochrana lidí před kouřem a plyny
- C ochrana lidí před nadměrným teplem
- D usnadnění zásahu hasičů



[6]

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Požárně dělicí stěny

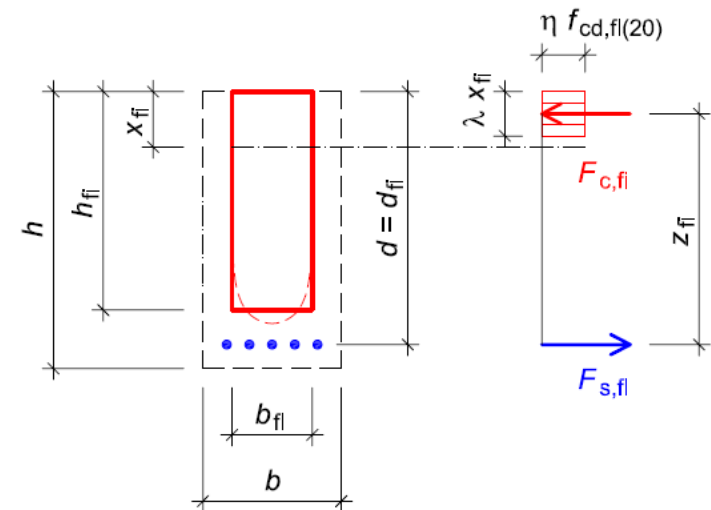
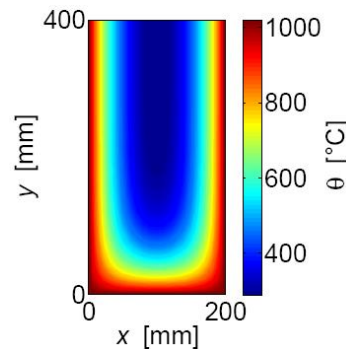
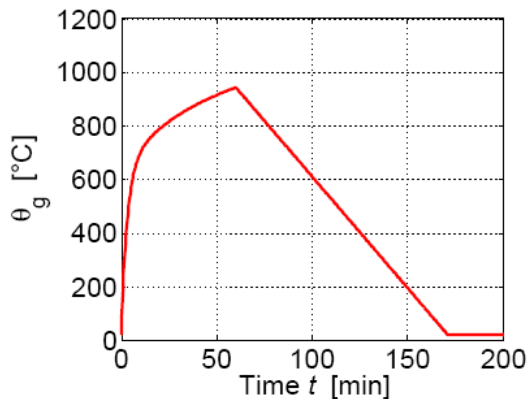


[6]

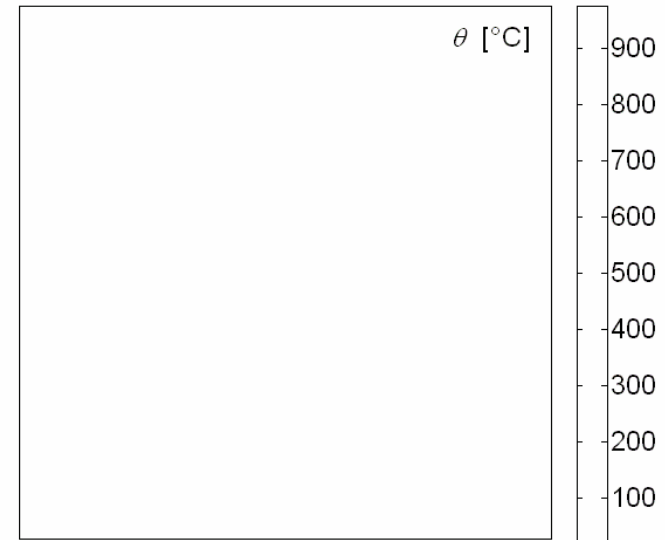
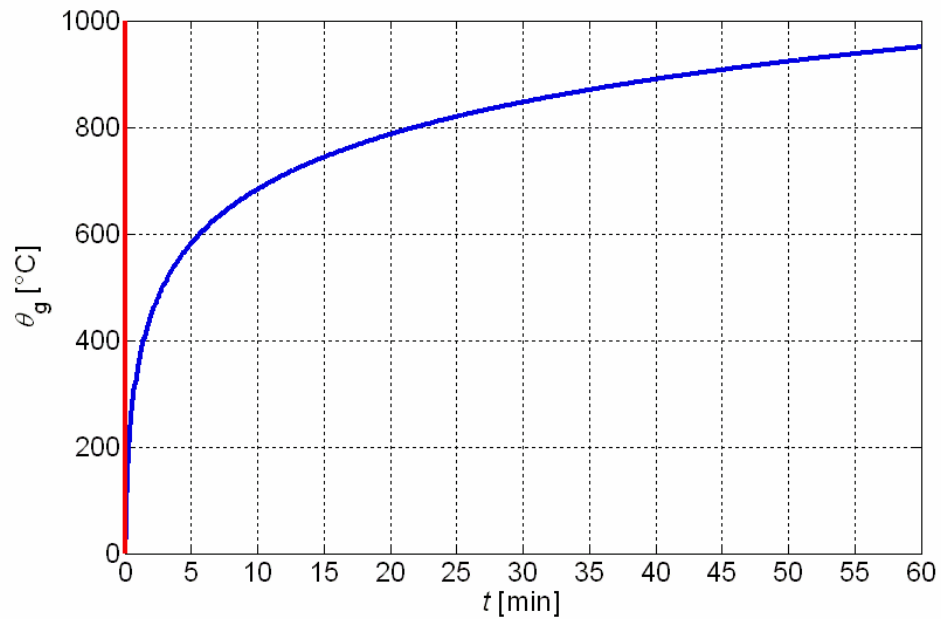
Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Postup návrhu (resp. posouzení) konstrukce na účinky požáru

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



Teplotní analýza požárního úseku



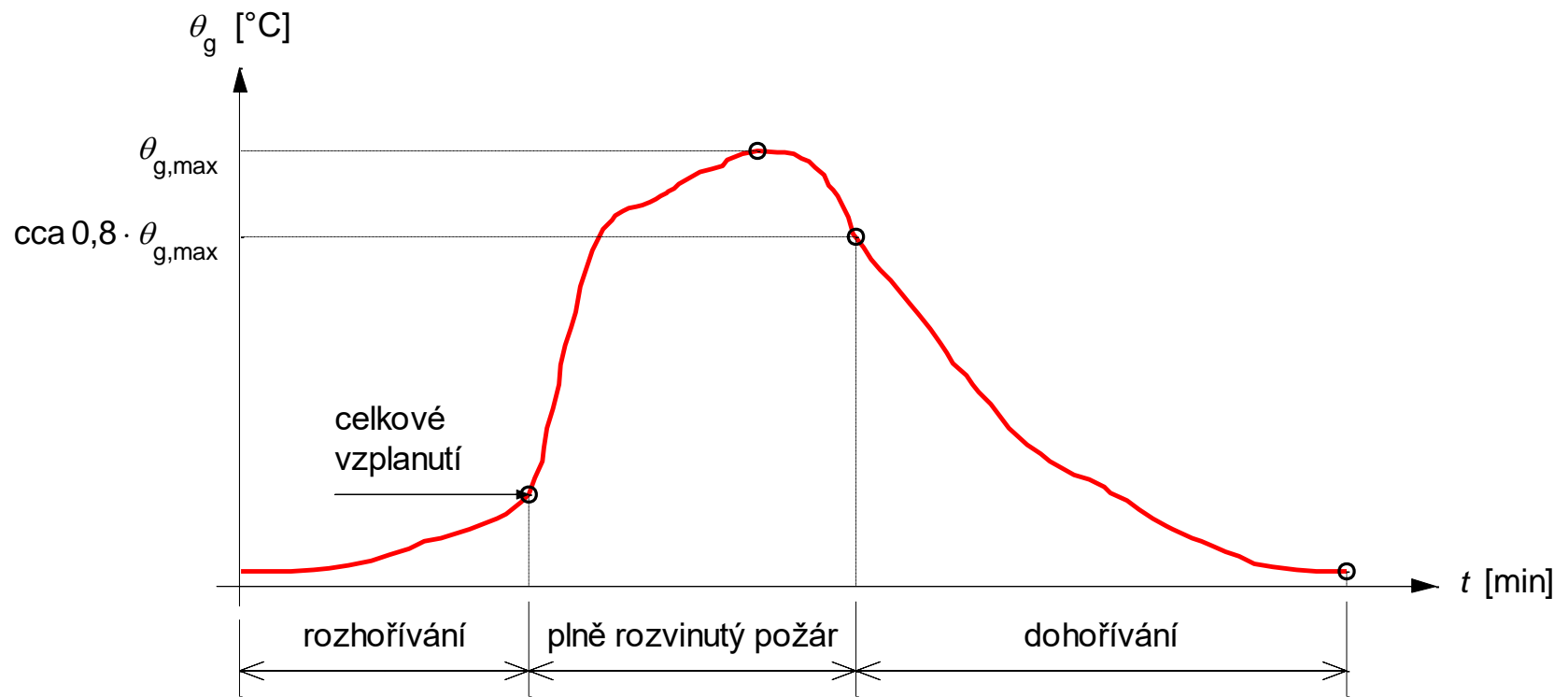
Teplotní analýza požárního úseku

Požární odolnost konstrukce

- Stanovení rozvoje požáru v požárním úseku pro účely návrhu:
požární riziko →
→ **návrhový požární scénář, příslušný návrhový požár**
- Rozvoj požáru se obvykle popisuje časovou závislostí teploty plynů v požárním úseku - tzv. **teplotní křivkou**
- Kromě teploty se v některých případech sleduje časová závislost dalších veličin (tlaku, rychlosti zahřívání, složení plynů)

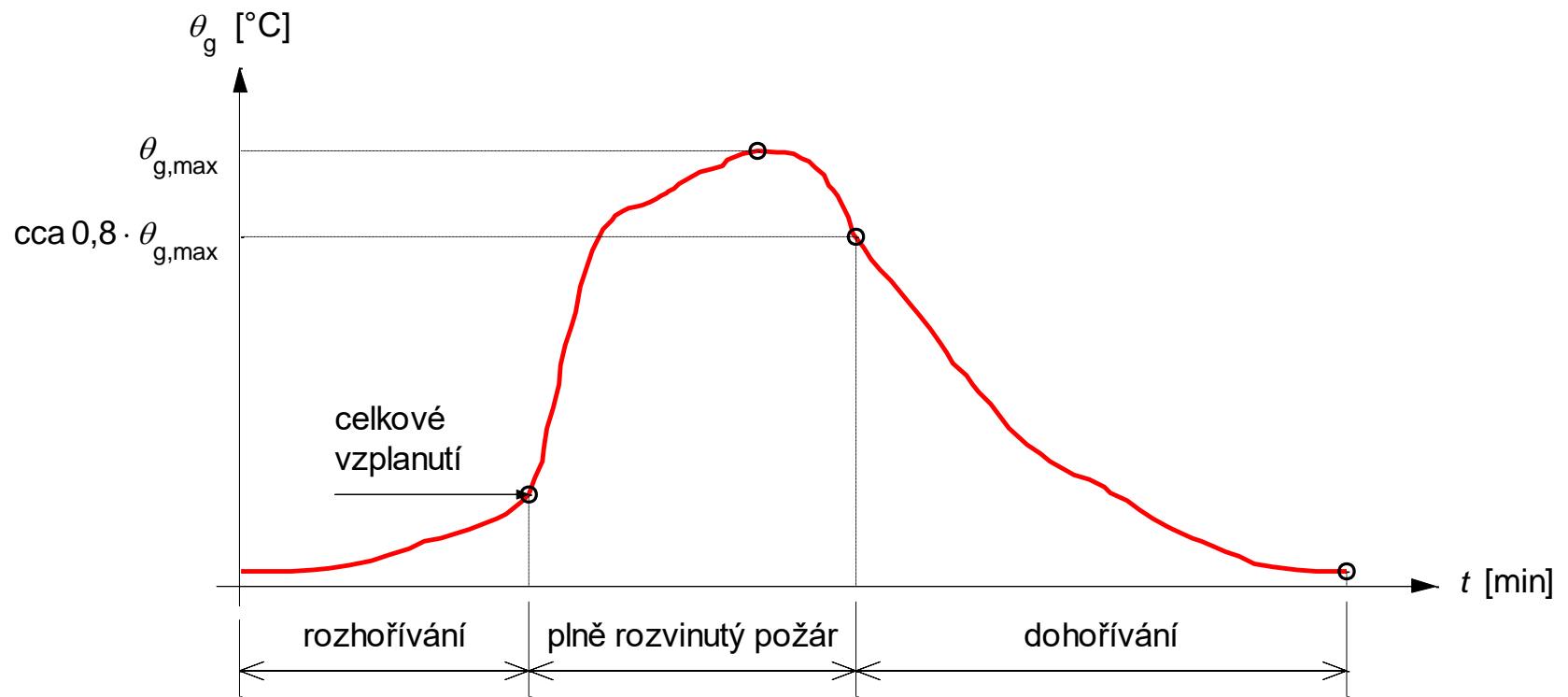
Teplotní analýza požárního úseku

Příklad teplotní křivky popisující skutečný průběh teploty plynů v požárním úseku, fáze rozvoje požáru



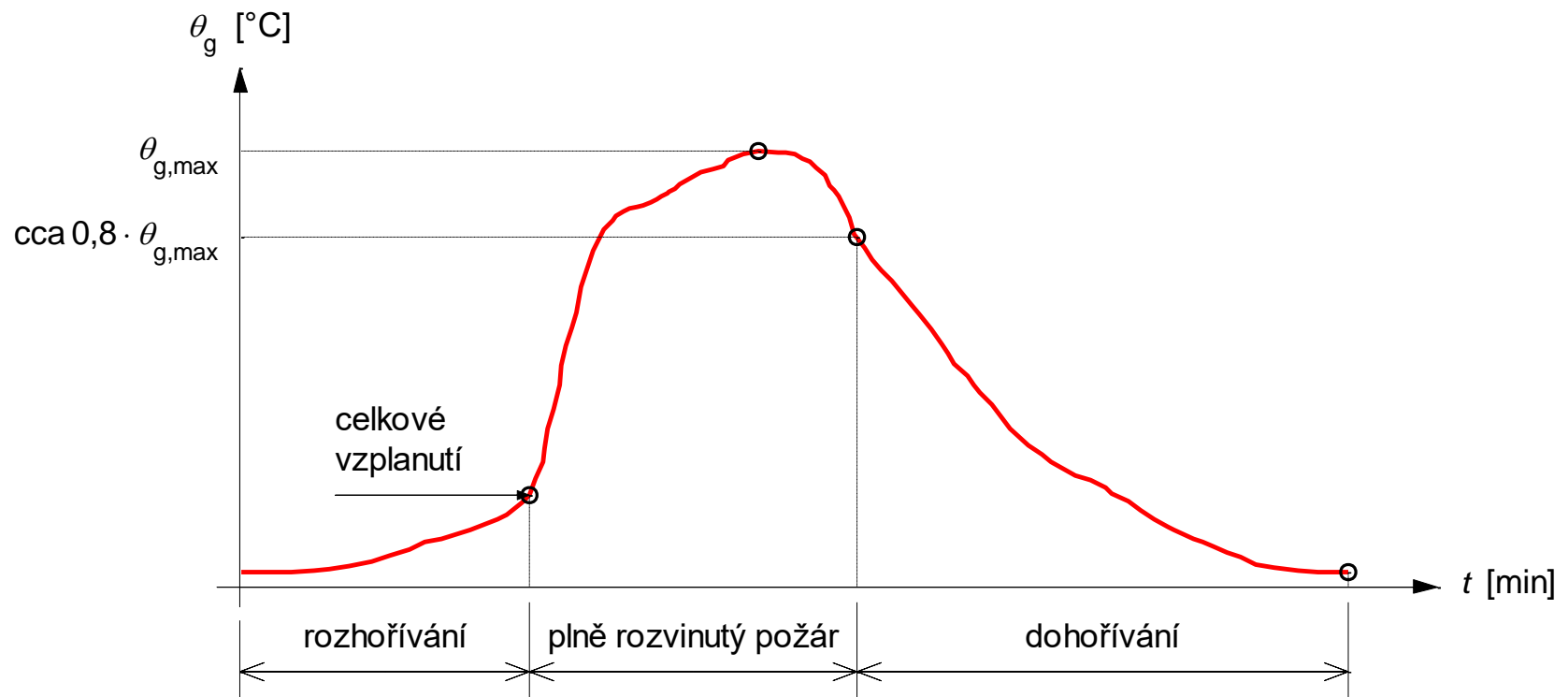
Teplotní analýza požárního úseku

Fáze rozhořívání - malý nárůst teploty plynů v požárním úseku, požár se udržuje v místě vzniku



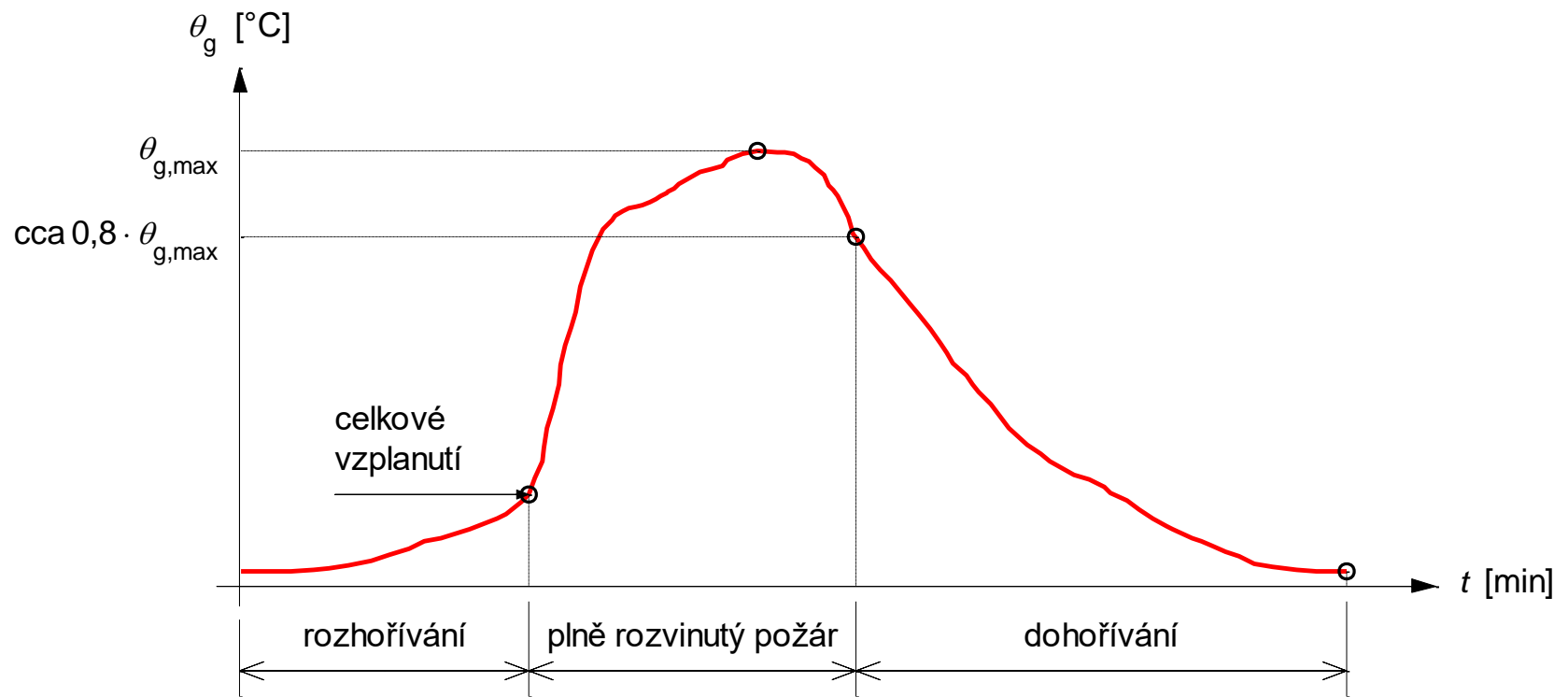
Teplotní analýza požárního úseku

Fáze plně rozvinutého požáru - po okamžiku celkového vzplanutí (**flashover**) požár vyplňuje celý prostor požárního úseku, hoří veškeré hořlavé látky, dochází k rychlému nárůstu teploty plynů



Teplotní analýza požárního úseku

Fáze dohořívání (chladnutí) - po jejím ukončení je teplota plynů v požárním úseku shodná jako před vypuknutím požáru



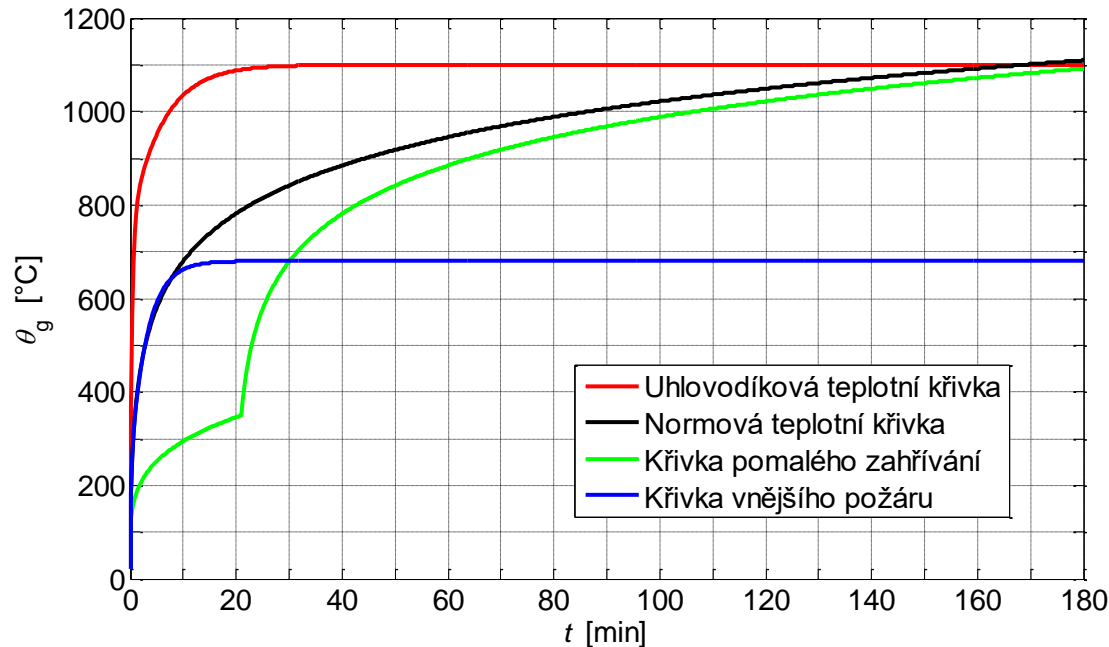
Teplotní analýza požárního úseku

Video - příklad rozvoje požáru obývacího pokoje od vánočního stromku (zdroj: <http://www.youtube.com/watch?v=fsaLCdC3iWw>)

Teplotní analýza požárního úseku

Nominální teplotní křivky

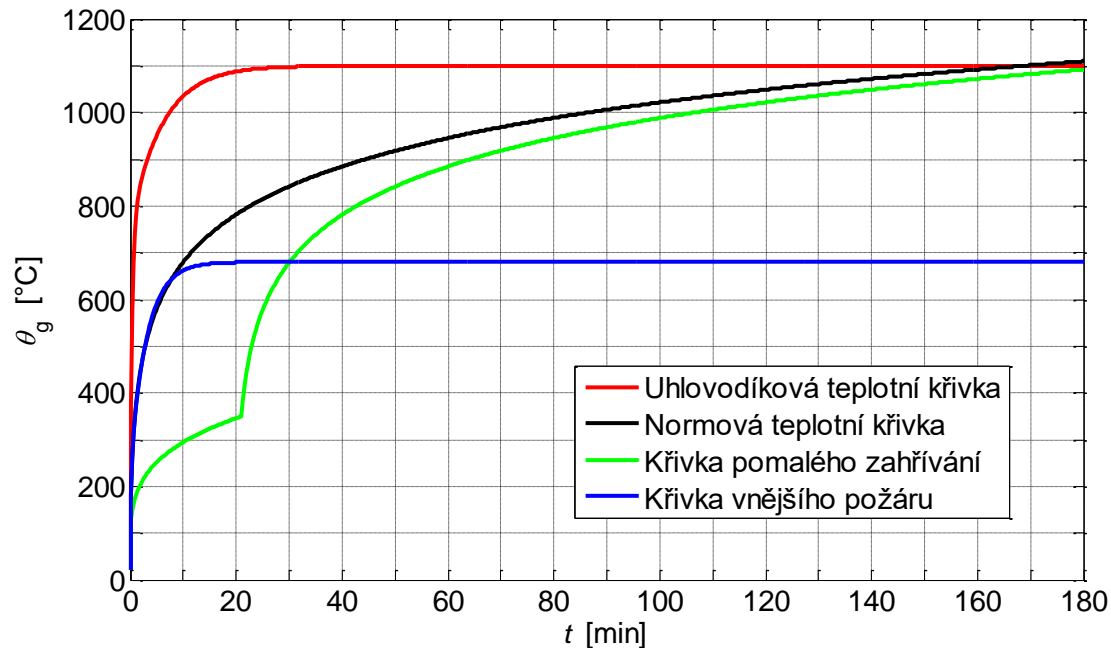
- nejjednodušší modely požáru
- definují teplotu plynů v požárním úseku pouze jako funkci času trvání požáru, popisují fázi plně rozvinutého požáru



Teplotní analýza požárního úseku

- **Normová teplotní křivka (ISO 834)**
- celulózové hoření, nejběžnější

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1)$$

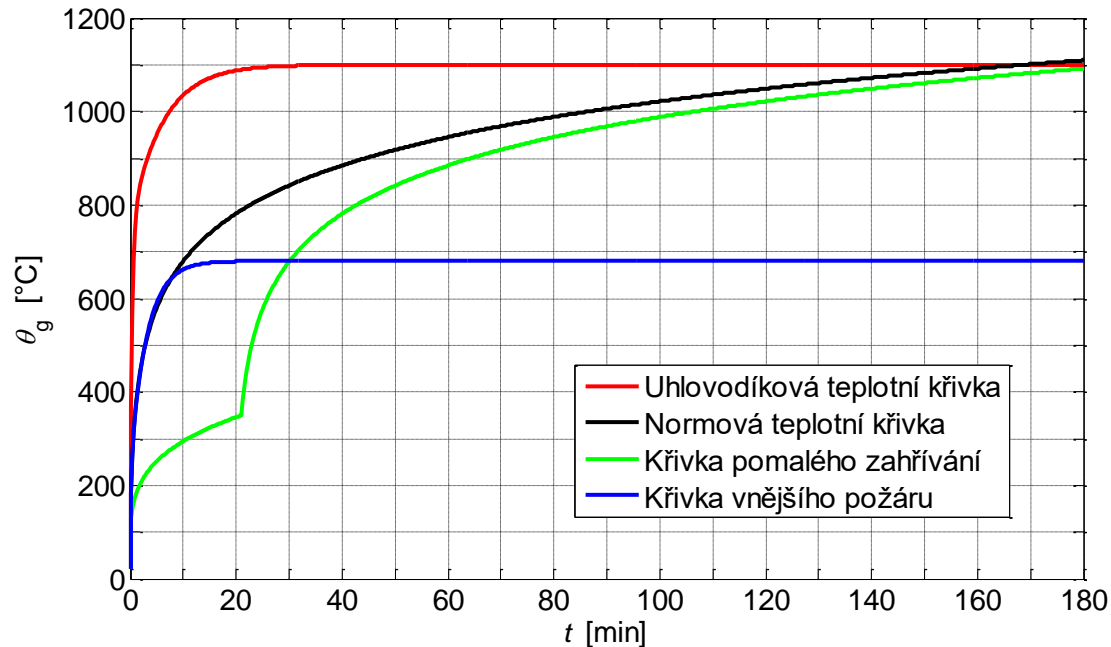


Teplotní analýza požárního úseku

- **Křivka vnějšího požáru**

- vztahuje se k požárům působícím na vnější líce obvod. stěn

$$\theta_g = 20 + 660 \cdot \left(1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot t} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot t} \right)$$

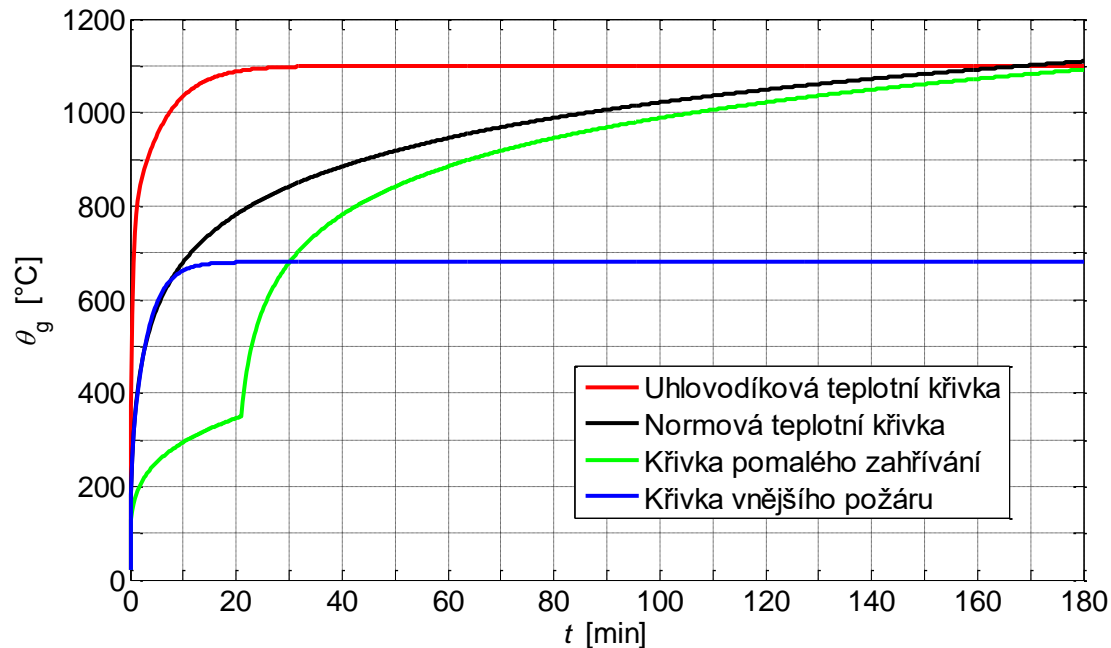


Teplotní analýza požárního úseku

- **Uhlovodíková křivka**

- popisuje hoření ropy a ropných produktů (garáže)

$$\theta_g = 20 + 1080 \cdot \left(1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t} \right)$$

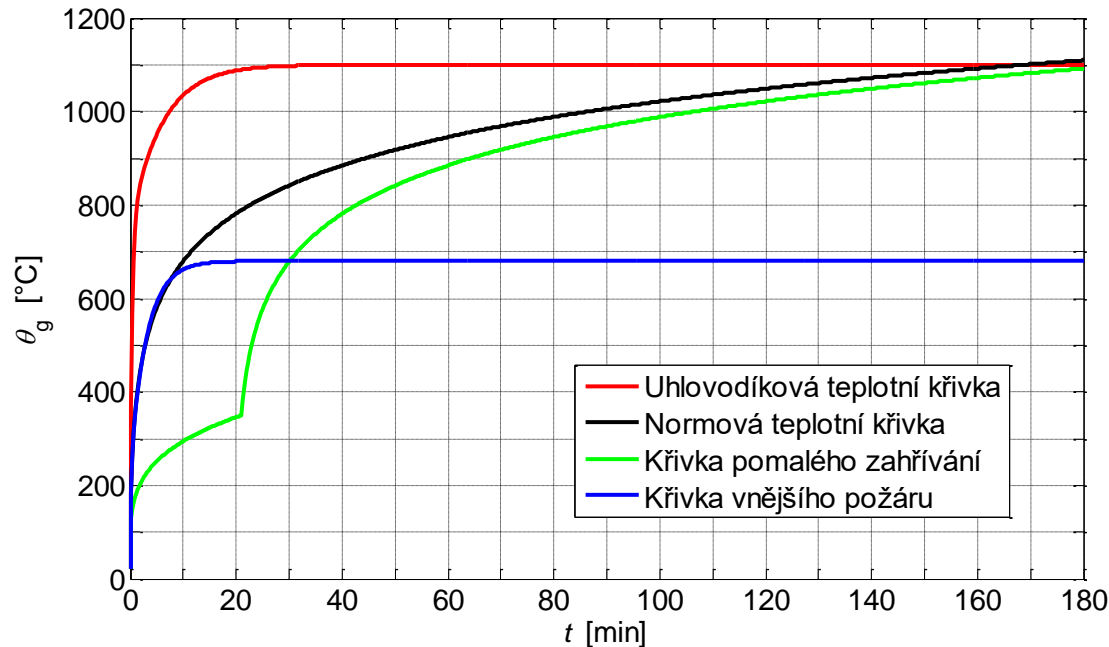


Teplotní analýza požárního úseku

- **Křivka pomalého zahřívání**

- požáry v dutinách zdvojených podlah nebo podhledů

$$\theta_g = \begin{cases} 20 + 154 \cdot t^{0,25} & \text{pro } 0 < t \leq 21 \\ 20 + 345 \cdot \log [8 \cdot (t - 20) + 1] & \text{pro } t > 21 \end{cases}$$



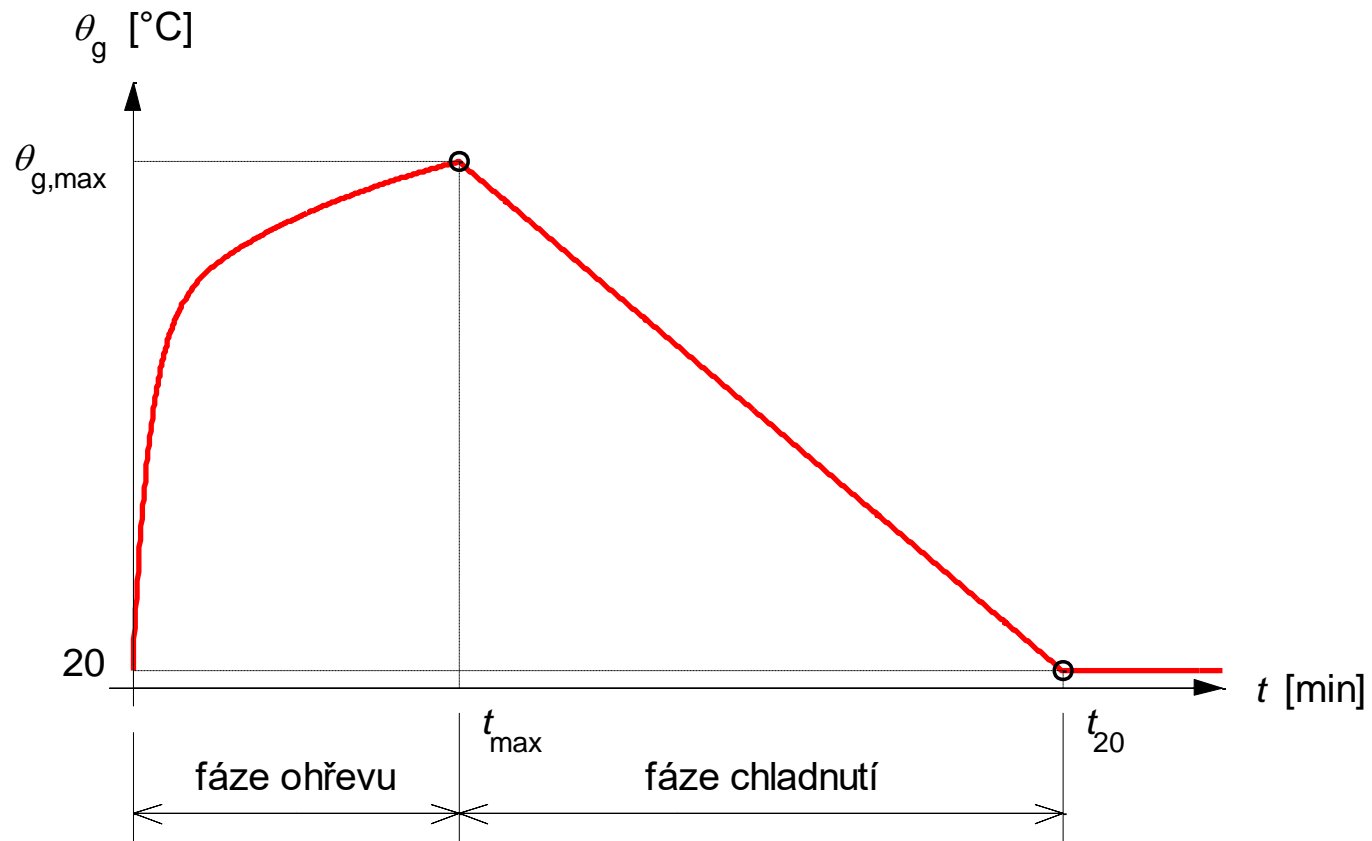
Teplotní analýza požárního úseku

Přirozené modely požáru

- Zjednodušené modely
 - modely požáru celého prostoru požárního úseku - rovnoměrné rozložení teploty (např. *parametrická teplotní křivka uvedená v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2*)
 - modely lokálních požárů - nerovnoměrné rozložení teploty
- Zpřesněné modely
 - jednozónový model
 - dvouzónový model
 - výpočetní dynamické modely kapalin a plynů (*CFD modely - computational fluid dynamic models*)

Teplotní analýza požárního úseku

Parametrická teplotní křivky dle normy ČSN EN 1991-1-2

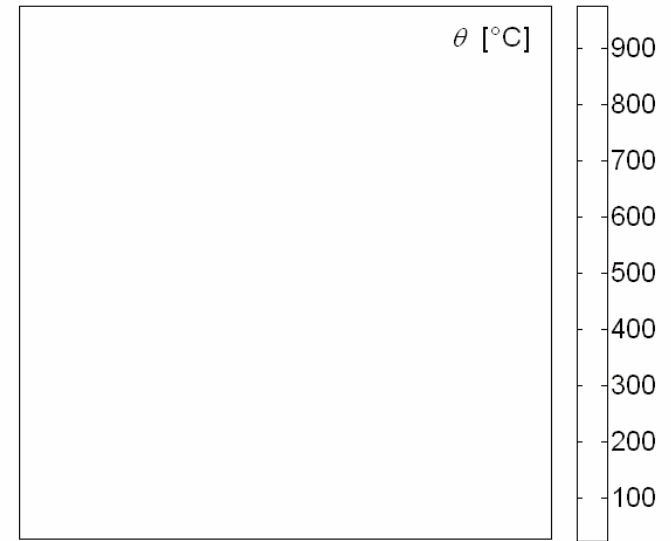
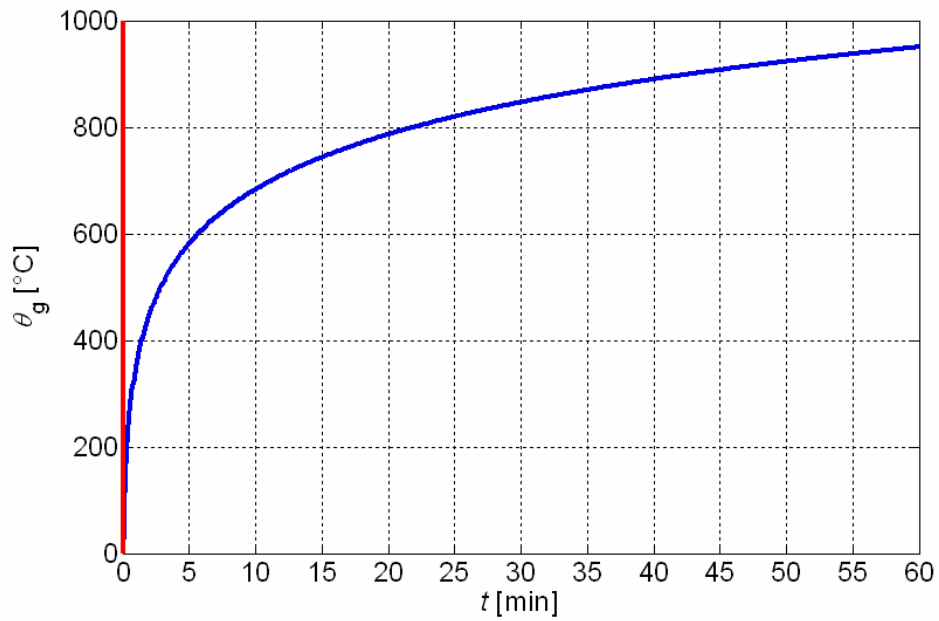


Teplotní analýza požárního úseku

Parametrická teplotní křivky dle normy ČSN EN 1991-1-2

- Parametry vstupující do výpočtu
 - požární zatížení
 - vlastnosti ohraničujících konstrukcí (ρ , c , λ)
 - rozměry požárního úseku
 - podmínky větrání (plochy a rozměry otvorů)

Teplotní analýza konstrukce



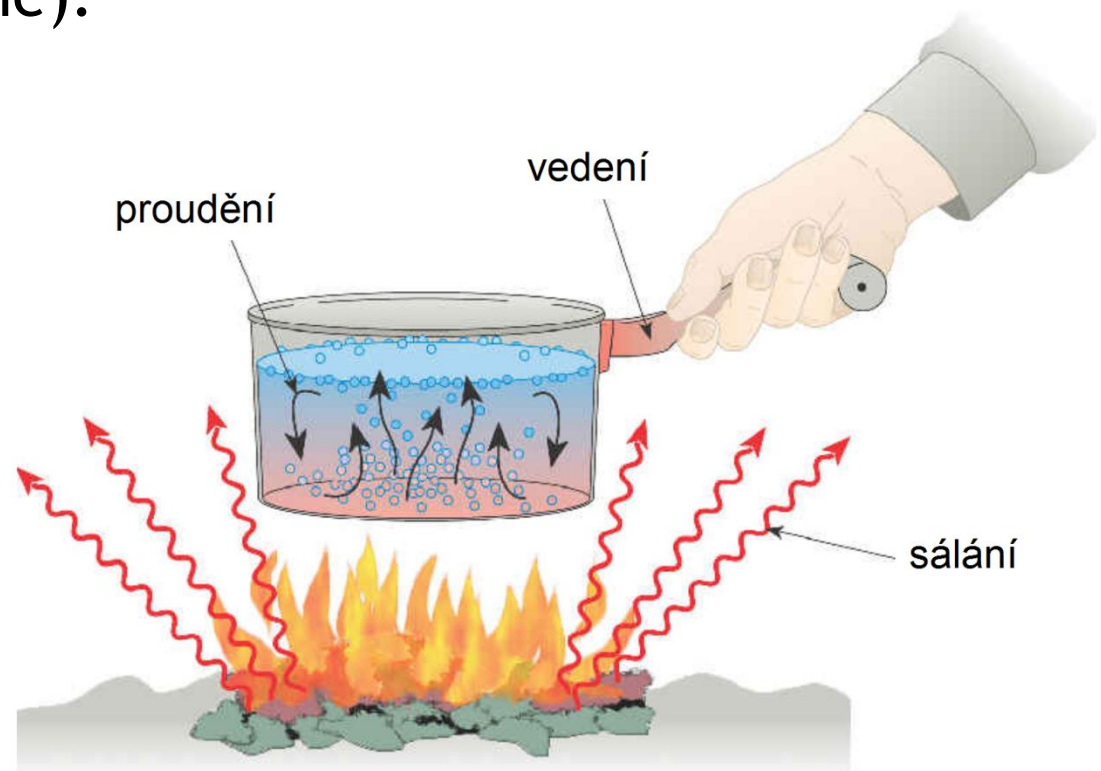
Teplotní analýza konstrukce

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

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


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


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

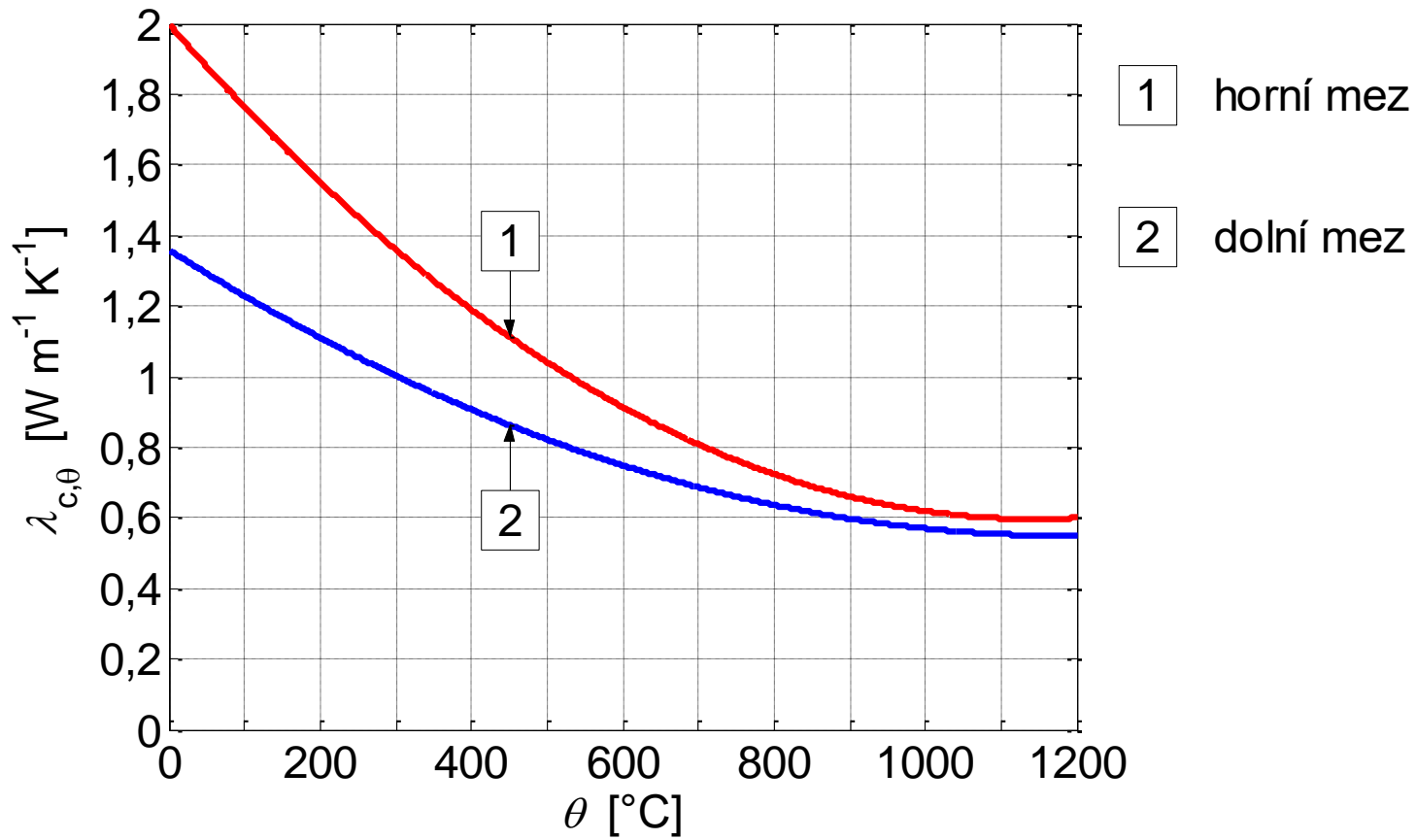
Teplotní analýza konstrukce

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 přednáška 2

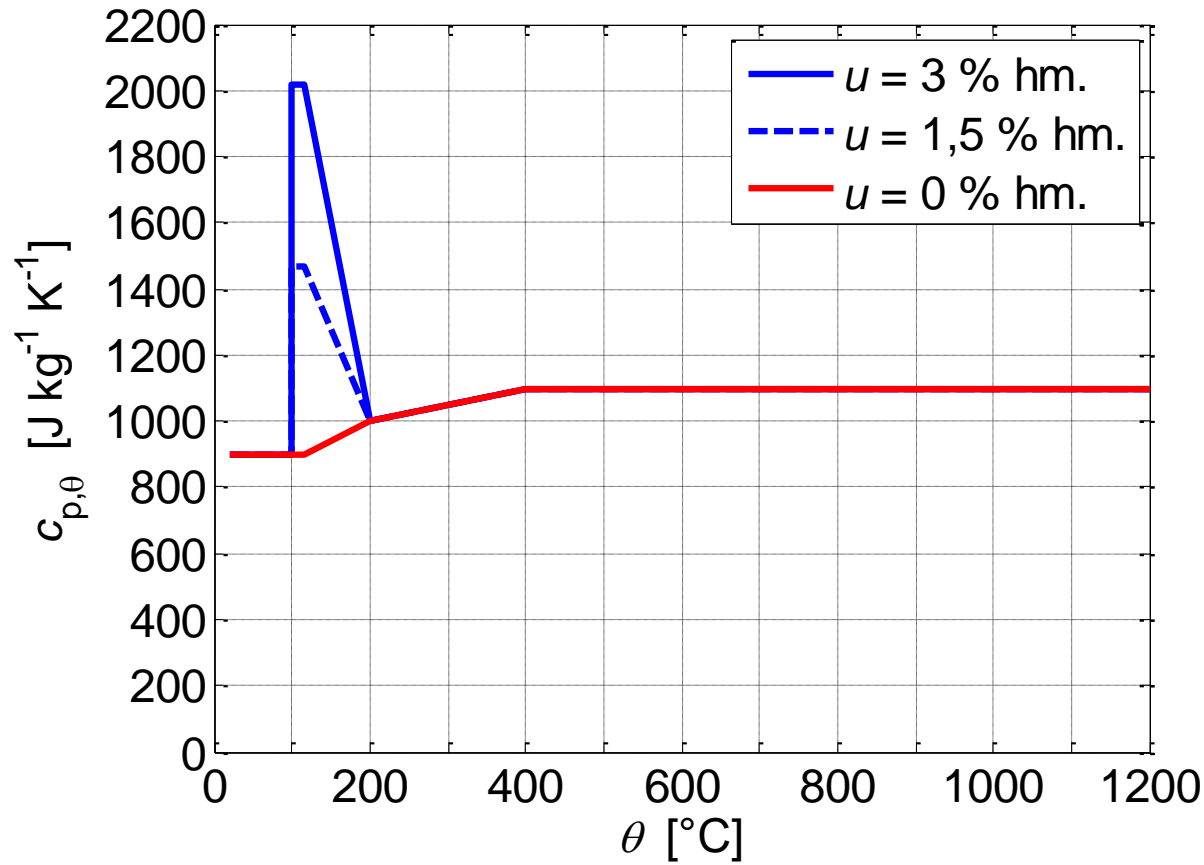
Teplotní analýza konstrukce

Tepelná vodivost betonu dle ČSN EN 1992-1-2



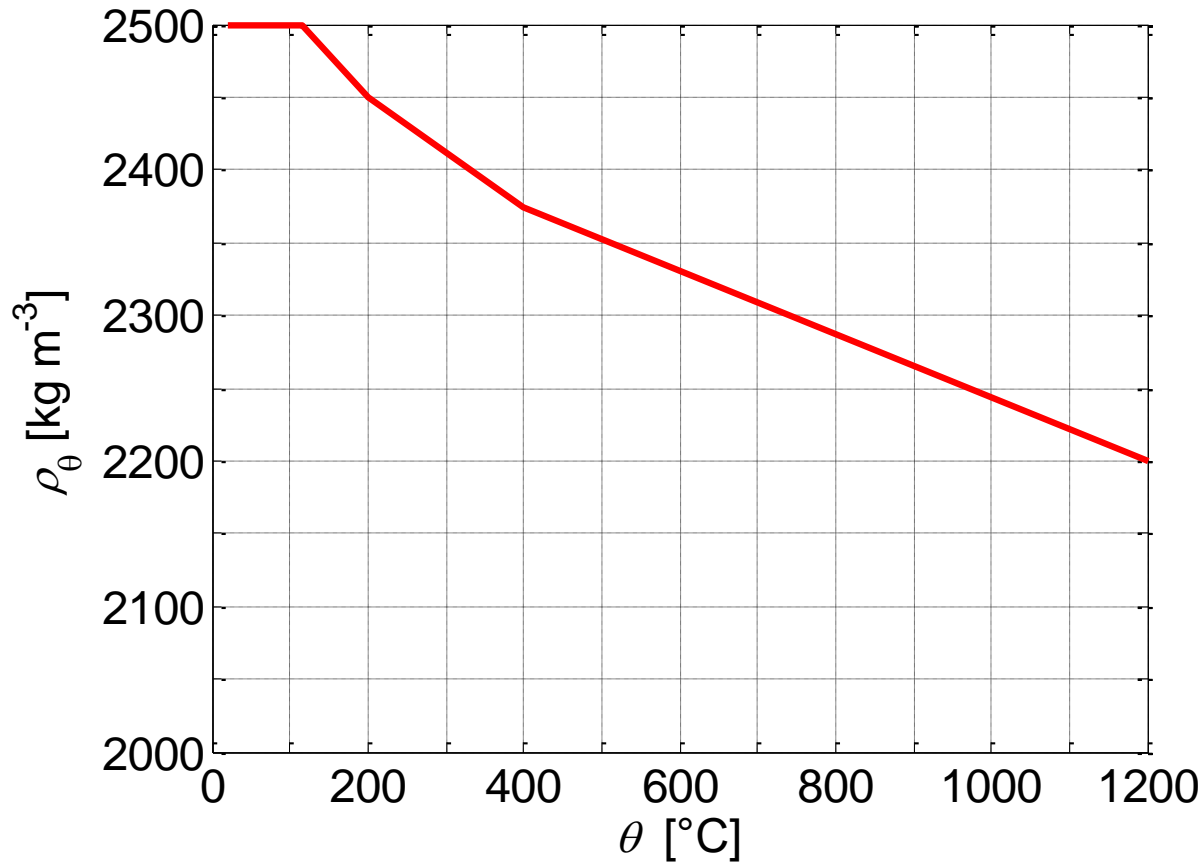
Teplotní analýza konstrukce

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



Teplotní analýza konstrukce

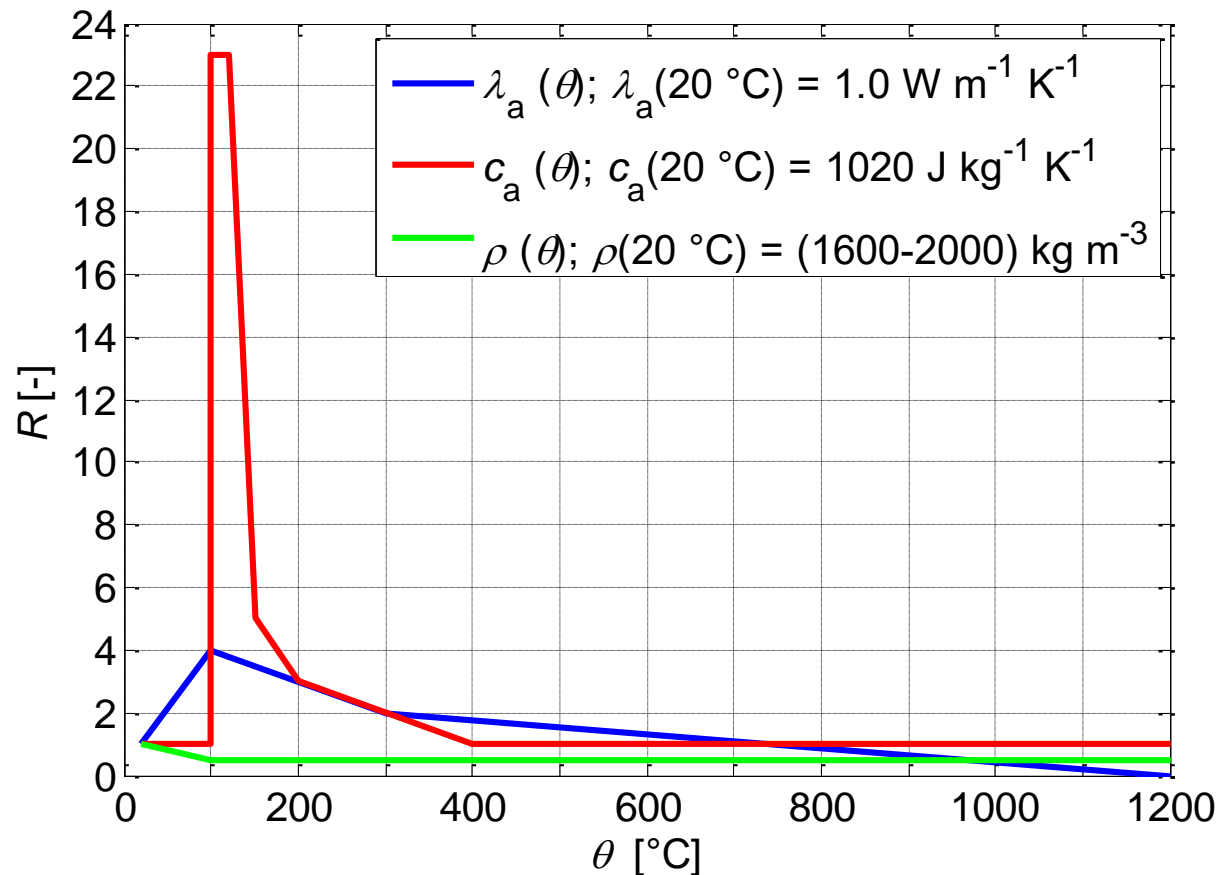
Objemová hmotnost betonu dle ČSN EN 1992-1-2



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 θ 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

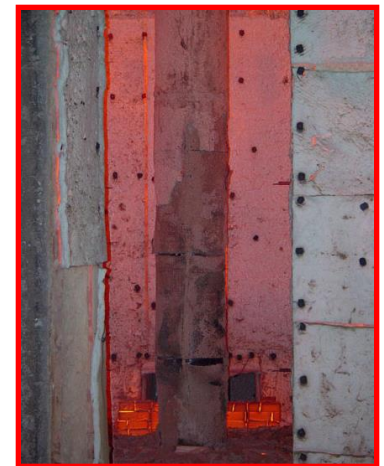
- Analýza netypických konstrukcí
- Ověření výpočetních modelů a postupů
- Zjištění vlastností a chování netradičních materiálů
- **Velice nákladné**



133YPNB



1. přednáška



51

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

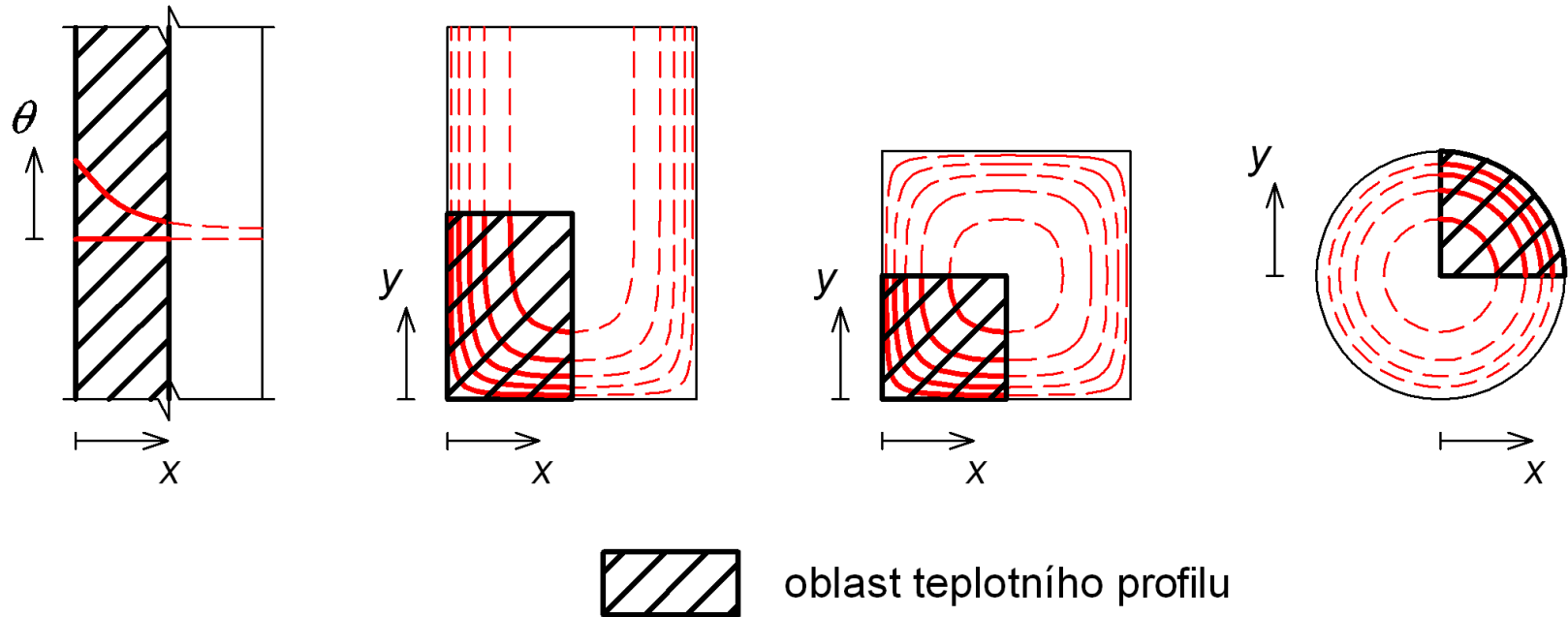
Teplotní analýza konstrukce

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

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

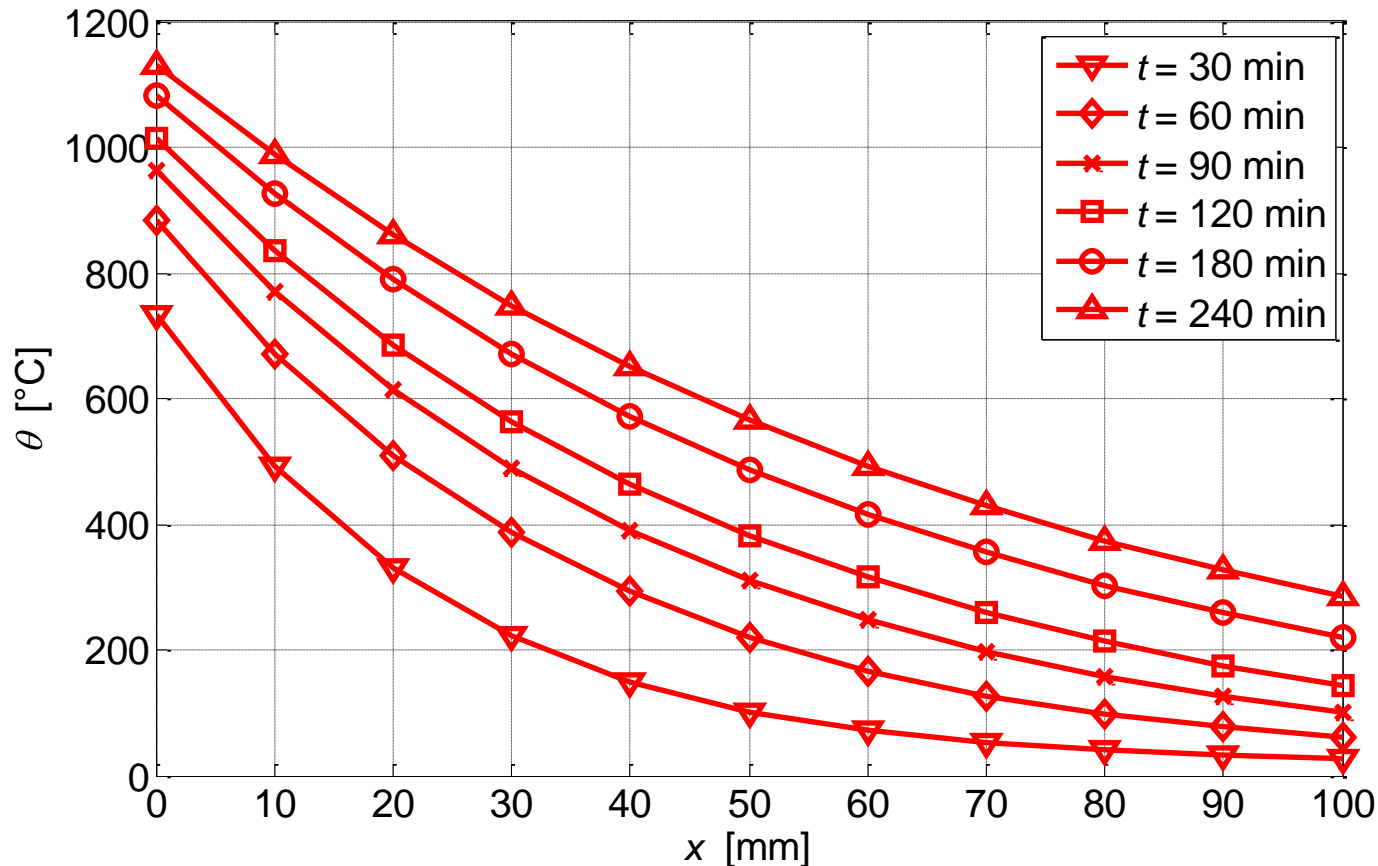
Teplotní analýza konstrukce

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



Teplotní analýza konstrukce

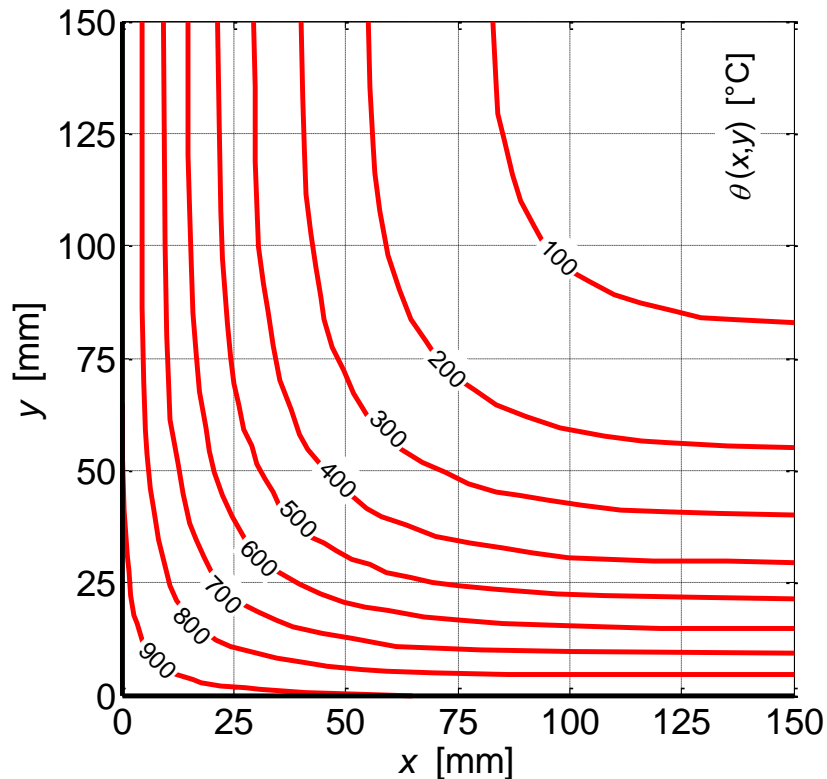
Teplotní profily průřezů betonových prvků uvedené v příloze A normy ČSN EN 1992-1-2



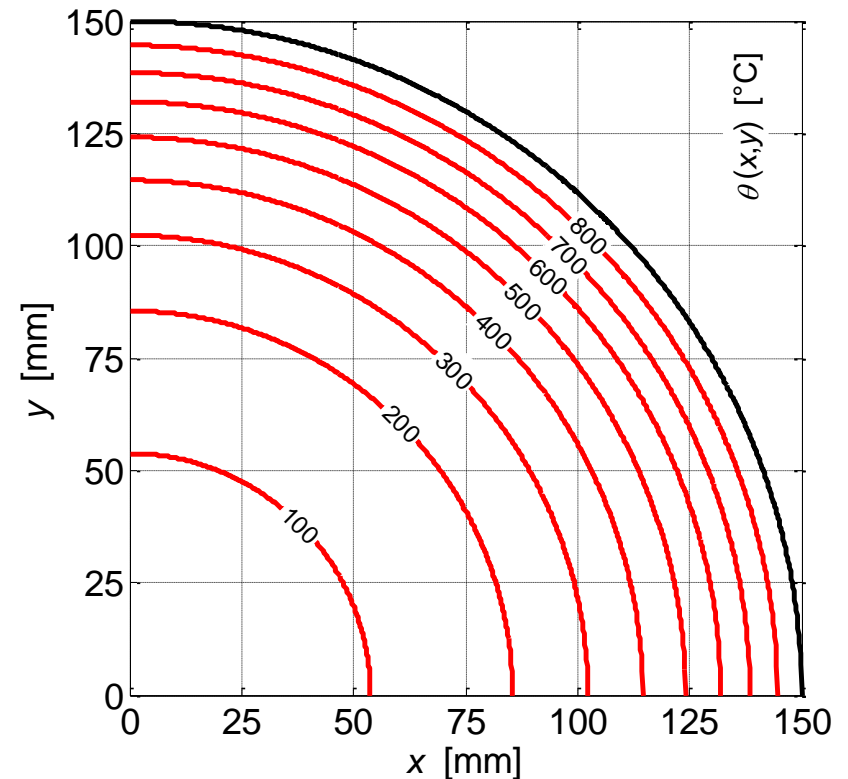
Deska/stěna
tl. 200 mm

Teplotní analýza konstrukce

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



Sloup 300 x 300 mm², 60 minut



Sloup \varnothing 300 mm, 60 minut

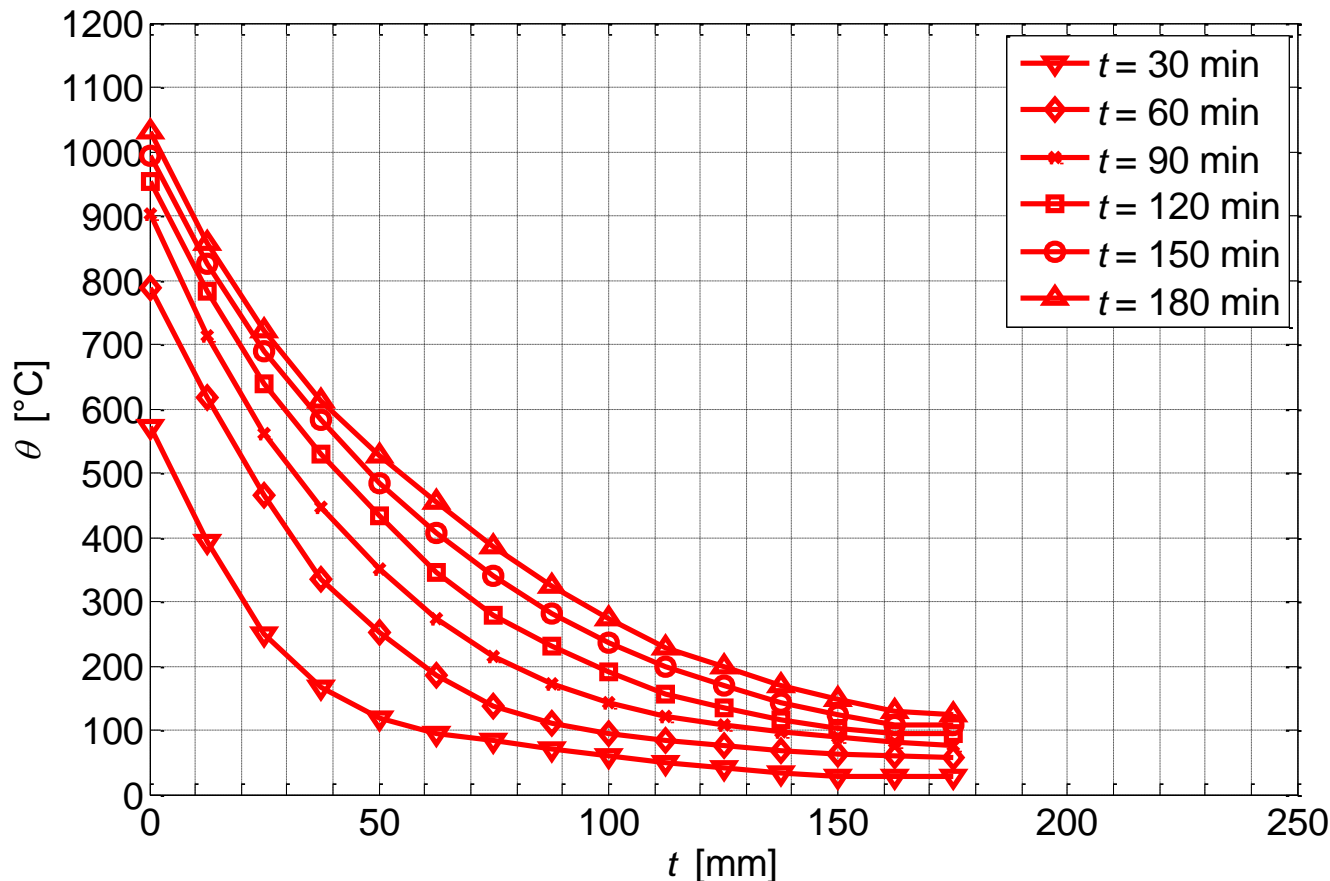
Teplotní analýza konstrukce

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

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 analýza konstrukce

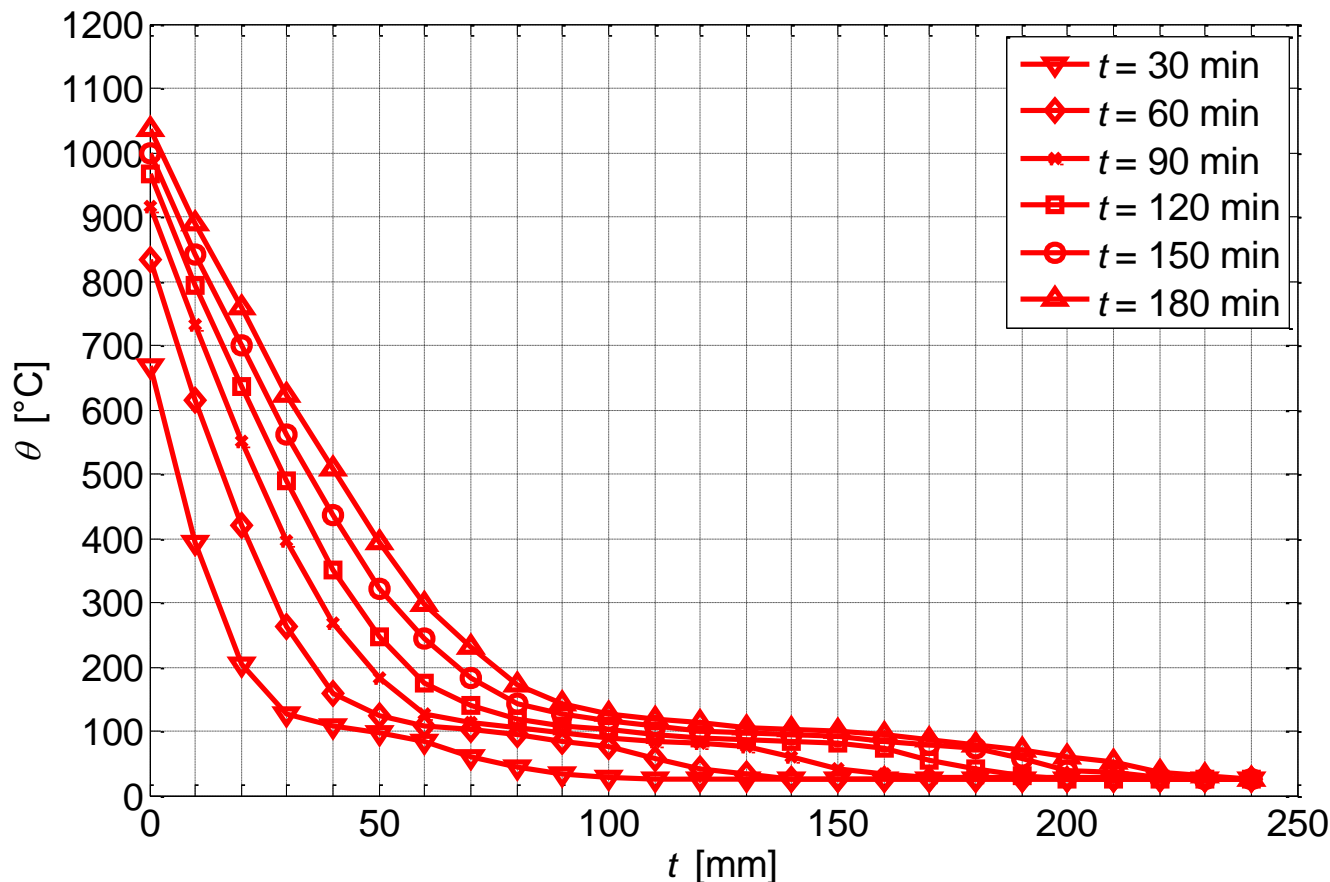
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené
v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2



Zdivo z
vápenopískových
zdicích prvků,
tl. 175 mm

Teplotní analýza konstrukce

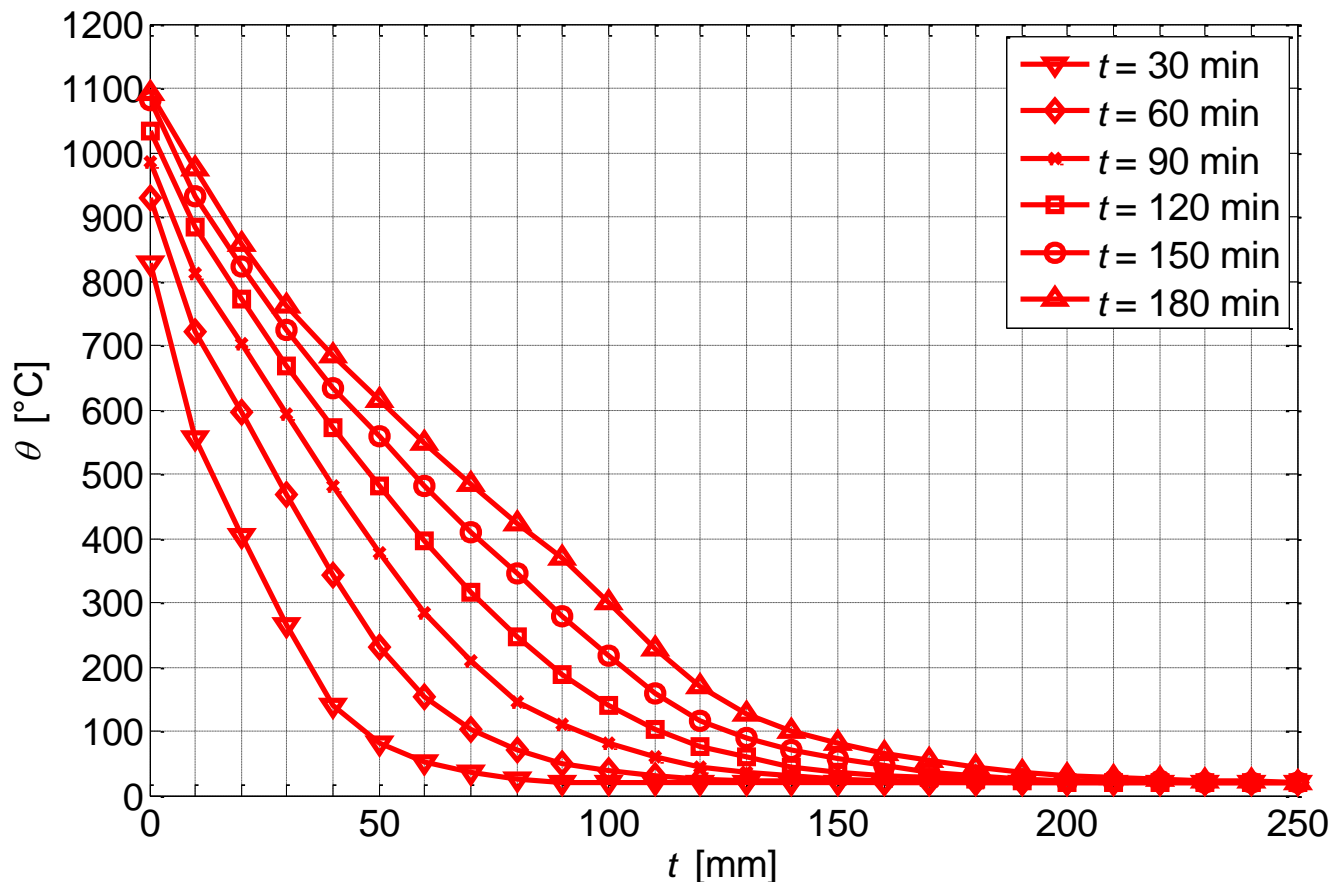
Teplotní profily průřezů zděných stěn uvedené
v příloze C normy ČSN EN 1996-1-2



Zdivo
z betonových
tvárníc
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
tvárníc,
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**

Základní informace o programech

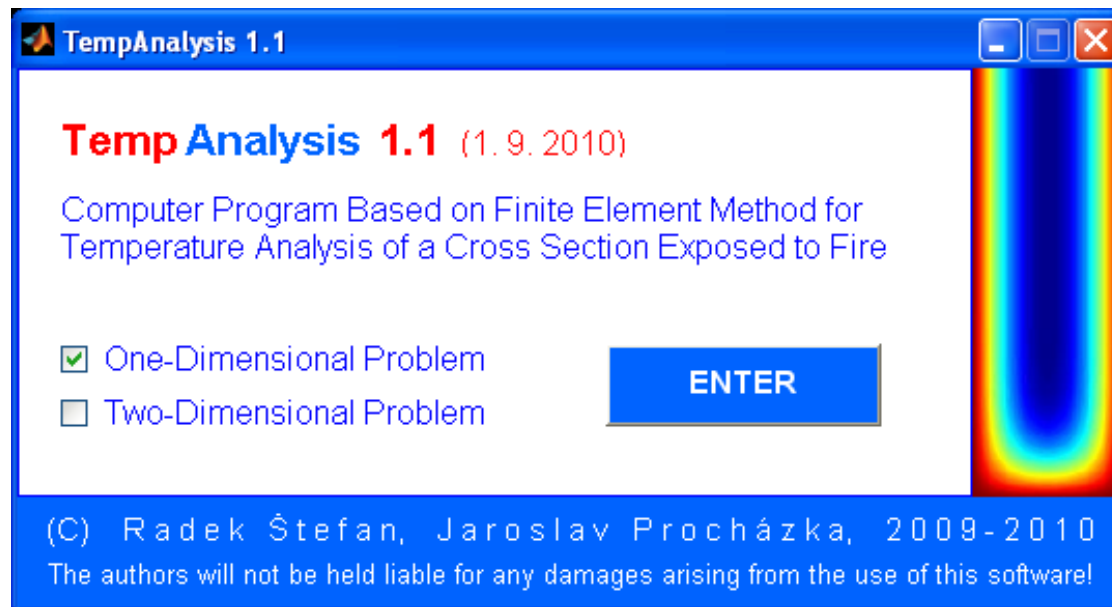
- Programy jsou vytvořeny v prostředí MATLAB.
- Pro spuštění je nutné mít nainstalovanou příslušnou verzi programu MATLAB, příp. odpovídající knihovnu MATLAB Compiler Runtime (MCR, volně dostupná).
- Programy (+ knihovna MCR) a jejich uživatelské příručky lze stáhnout na:

<http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyzkum.html>

TempAnalysis

- Výpočetní program pro teplotní analýzu obdélníkových průřezů (deska, stěna, nosník, sloup) vystavených požáru.
- Uživatelské rozhraní v anglickém jazyce.
- Řeší 1D (desky/stěny) a 2D (nosníky/sloupy) úlohy.

Úvodní okno programu



TempAnalysis

Vstupy

- materiálové vlastnosti průřezu (materiál s konstantními vlastnostmi, materiál s nelineárními vlastnostmi, beton dle ČSN EN 1992-1-2)
- rozměry průřezu
- tloušťka a vlastnosti izolační vrstvy
- návrhový požární scénář (normová teplotní křivka, parametrická teplotní křivka dle ČSN EN 1991-1-2)
- požární expozice (doba vystavení požáru, požár z jedné/dvou/tří/čtyř stran)

Okno programu pro zadání vstupů

Materiál

Rozměry

Izolace

TempAnalysis 1.1 - 2D (Preprocessor)

Material

Material with Constant Material Properties
 Material with Non-Linear Material Properties
 Concrete (EN 1992-1-2)

Define Material Properties

Cross-Sectional Dimensions

Width b [m] Height h [m]

Protective Layer

Enter Protective Layer? No Yes

Thickness of the Insulation d_{ins} [m]

Density ρ_{ins} [kg/m³]

Heat Capacity $c_{p,ins}$ [J/kgK]

Thermal Conductivity λ_{ins} [W/mK]

Design Fire Scenario

Temperature-Time Curve:
 Standard Parametric

Fire Load Density $q_{t,d}$ [MJ/m³]
<50,1000>

Opening Factor O [m^{1/2}]
<0.02,0.20>

Thermal Inertia b [J / m² s^{1/2} K]
<100,2200>

Fire Growth Rate

Temperature-Time Curve

Fire Exposure

Time in Fire Exposure t [min]

CALCULATION

FEA SETTING NEW EXIT

OK

Požár

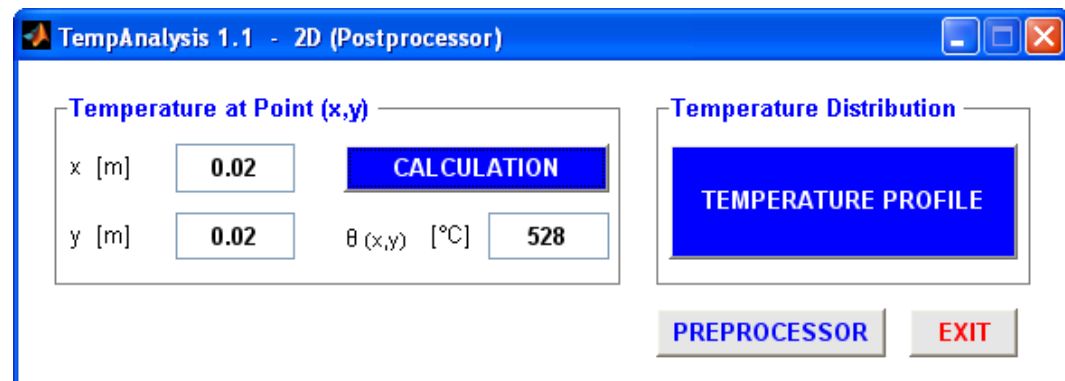
Expozice

TempAnalysis

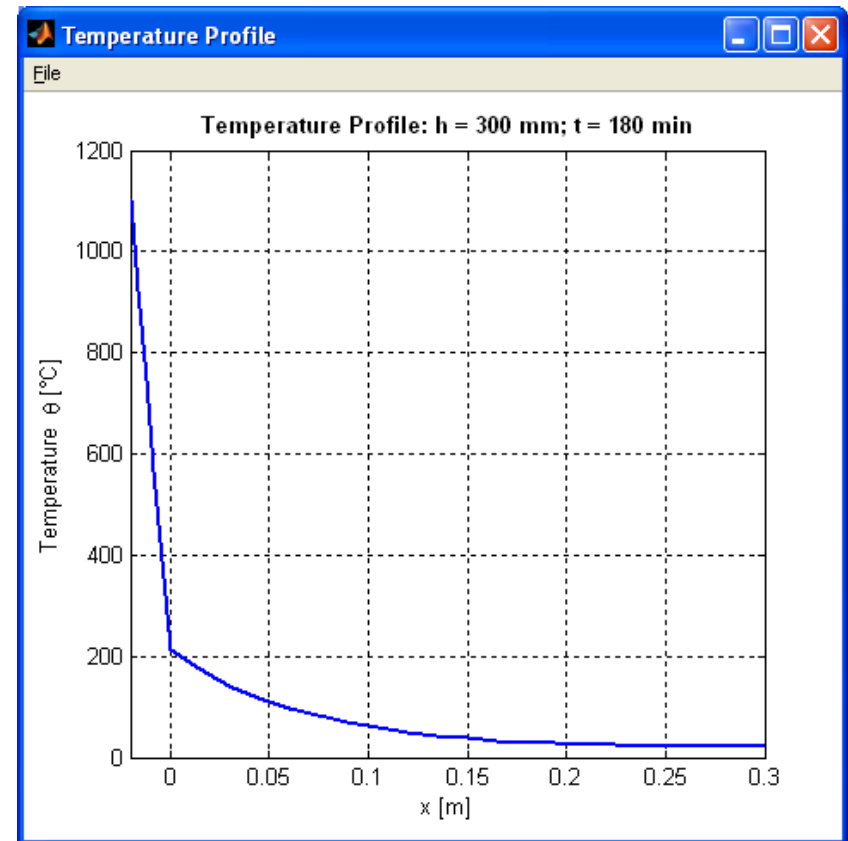
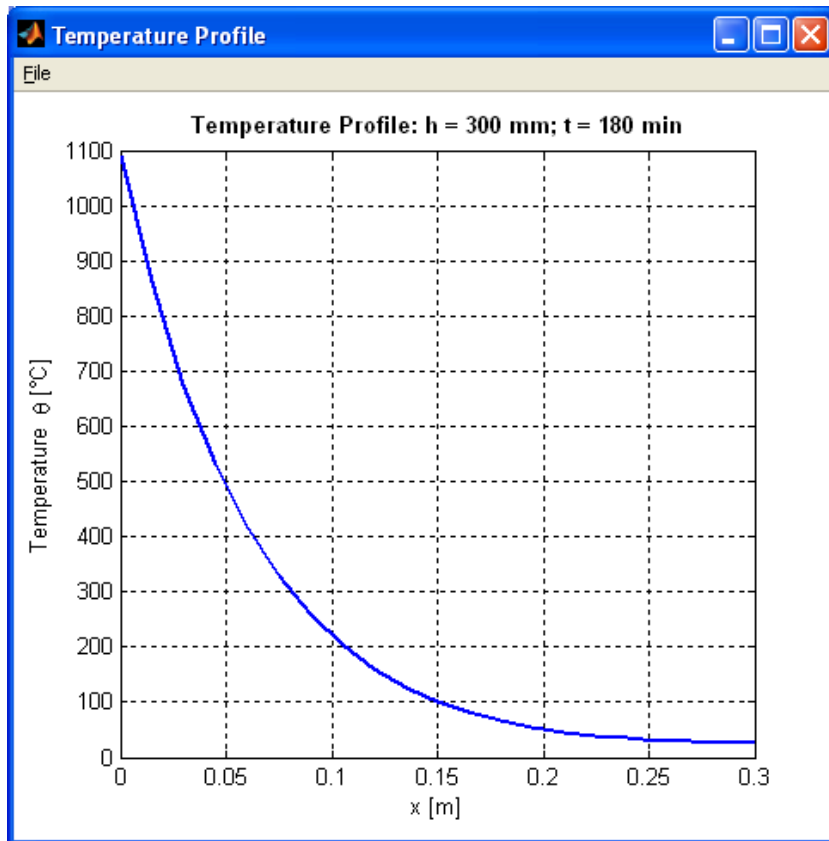
Výstupy

- teplota v libovolném bodě průřezu pro zadanou dobu vystavení požáru
- teplotní profil průřezu (pro 2D úlohu možno zvolit mezi zobrazením pomocí izoterem nebo pomocí barevné škály)

Okno programu pro zobrazení výstupů

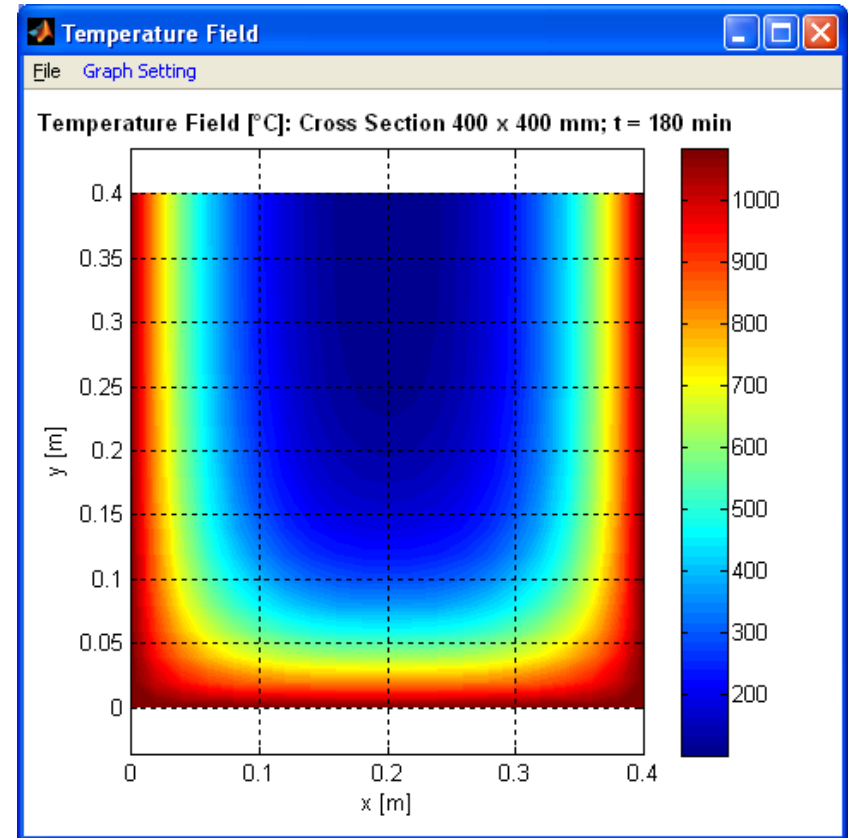
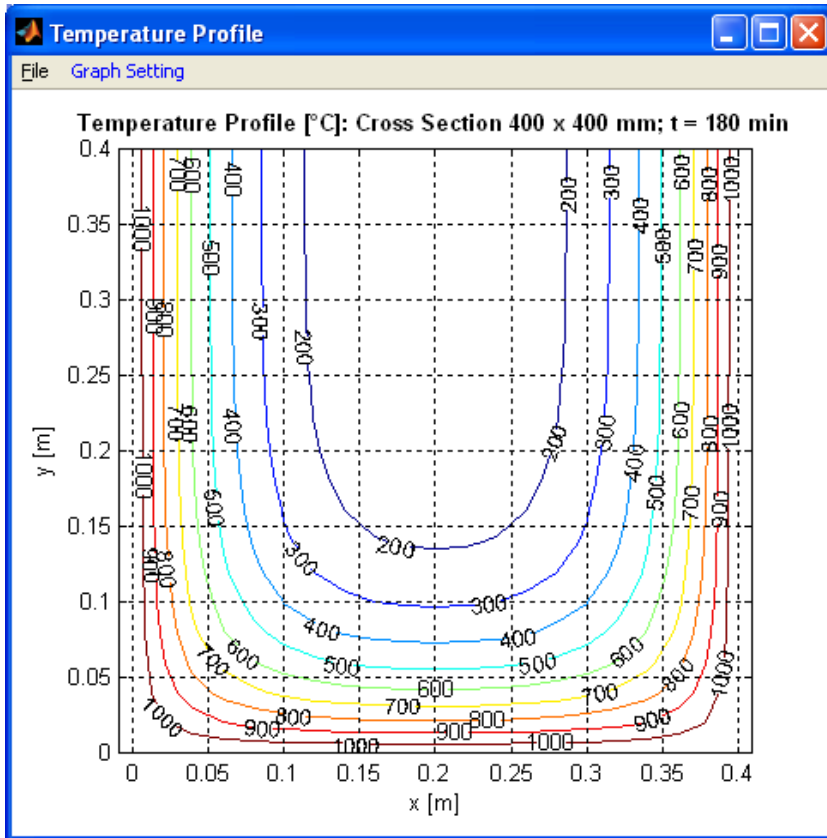


TempAnalysis



Teplotní profil desky/stěny tl. 300 mm vystavené normovému požáru po dobu 180 min: bez izolace (vlevo), s izolační vrstvou tl. 20 mm (vpravo)

TempAnalysis



Teplotní profil nosníku o průřezu 400 x 400 mm² vystaveného normovému požáru ze tří stran po dobu 180 min: zobrazení pomocí izoterem (vlevo), zobrazení pomocí barevné škály (vpravo)

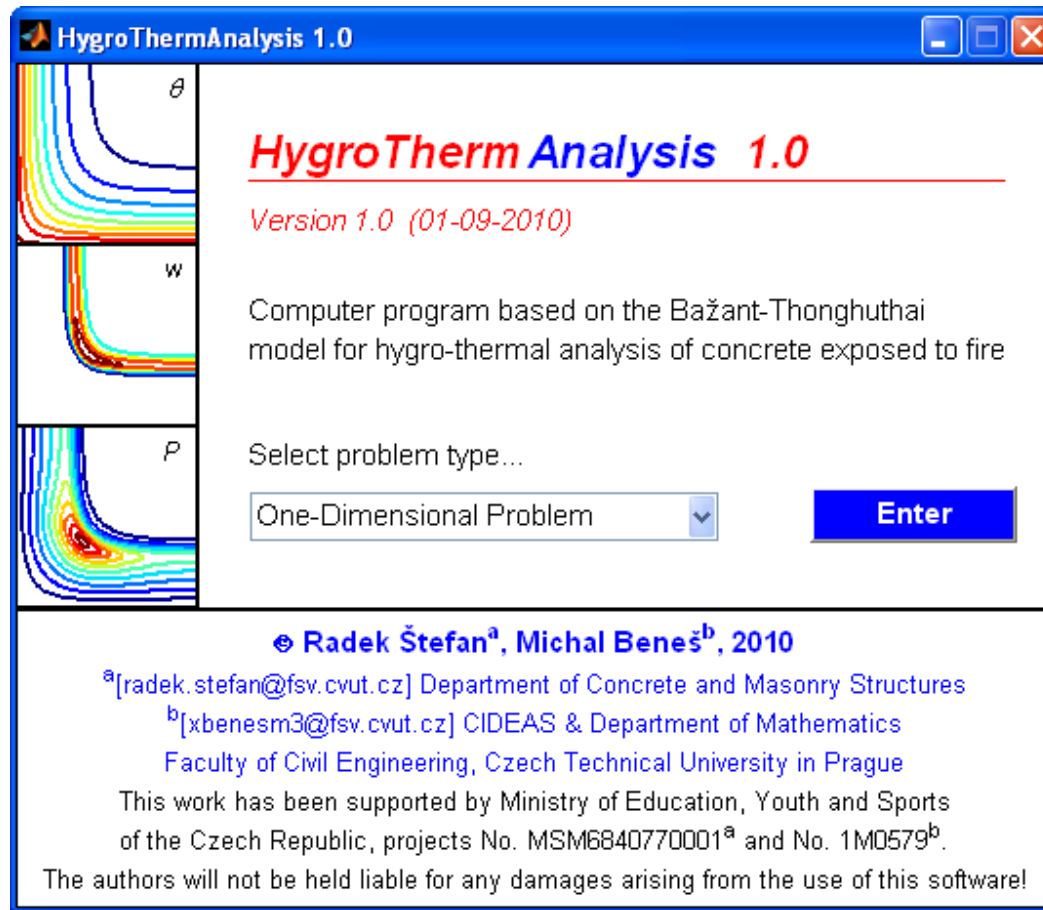
HygroThermAnalysis

- Výpočetní program pro teplotně-vlhkostní analýzu betonových obdélníkových průřezů (desky, stěny, nosníky, sloupy) vystavených požáru.
- Narozdíl od programu **TempAnalysis** umožňuje zohlednit vliv vlhkosti a jejího transportu.
- Slouží pro stanovení rozložení teploty, vlhkosti a pórového tlaku v betonových průřezech vystavených požáru a k určení rizika odštěpování betonu způsobeného nárůstem pórového tlaku.

HygroThermAnalysis

- Řeší 1D (desky/stěny) a 2D (nosníky/sloupy) úlohy.

Úvodní okno programu



HygroThermAnalysis

Vstupy

- rozměry průřezu
- materiálové vlastnosti betonu
- doba vystavení normovému požáru
- okrajové podmínky
- počáteční podmínky
- nastavení výpočtu (počet konečných prvků, časový krok)

Okno programu pro zadání vstupů

2D HygroThermAnalysis 1.0 - Preprocessor

Dimensions

b [m] ?

h [m] ?

Material Properties

$w_{s,25}$ [kg/m³] ?

c [kg/m³] ?

ρ_{25} [kg/m³] ?

$c_{p,25}$ [J/(kg·K)] ?

a_{25} [m/s] ?

Fire Exposure

t_f [s] ?

[K] [°C]

Boundary Conditions

Fire exposure on:

1 2 3 4

1 2 3 4

α_c [W/(m²·K)] ?

β_c [m/s] ?

e [-] ?

FEA Setting

n_x [-] ?

n_y [-] ?

Δt [s] ?

Initial Conditions

θ_0 [K] ?

RH_0 [-] ?

Computational Time

Calculation will take
???? min.

HygroThermAnalysis

Výstupy

- hodnoty teploty, vlhkosti a pórového tlaku v libovolném bodě průřezu
- grafické znázornění rozložení hledaných veličin v analyzovaném průřezu
- grafické vyznačení oblasti průřezu, ve které je riziko odštěpení betonu

Okno programu pro zobrazení výstupů

2D HygroThermAnalysis 1.0 - Postprocessor

Results Plot

Temperature [K] [°C]

Water Content [kg/m³]

Pore Pressure [MPa]

at time t [s] ?

Isolines Isoareas

Plot

Results in Point [x,y]

x [m] ?

y [m] ?

at time t [s] ?

Calculate

$\theta(x,y)$ [K]

$w(x,y)$ [kg/m³]

$P(x,y)$ [MPa]

Spalling Prediction

ϕ_{25} [-] ?

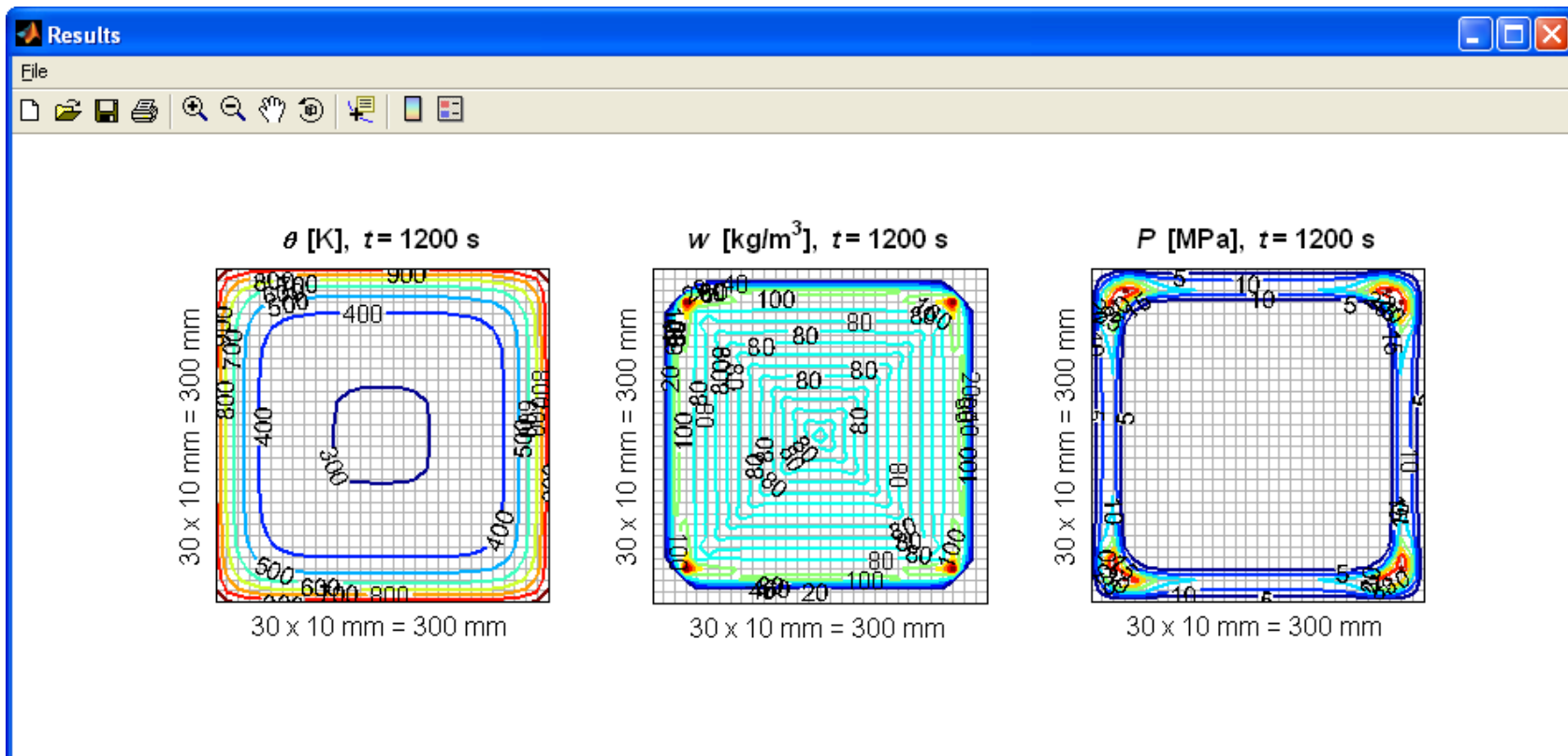
$f_{ct,25}$ [MPa] ?

at time t [s] ?

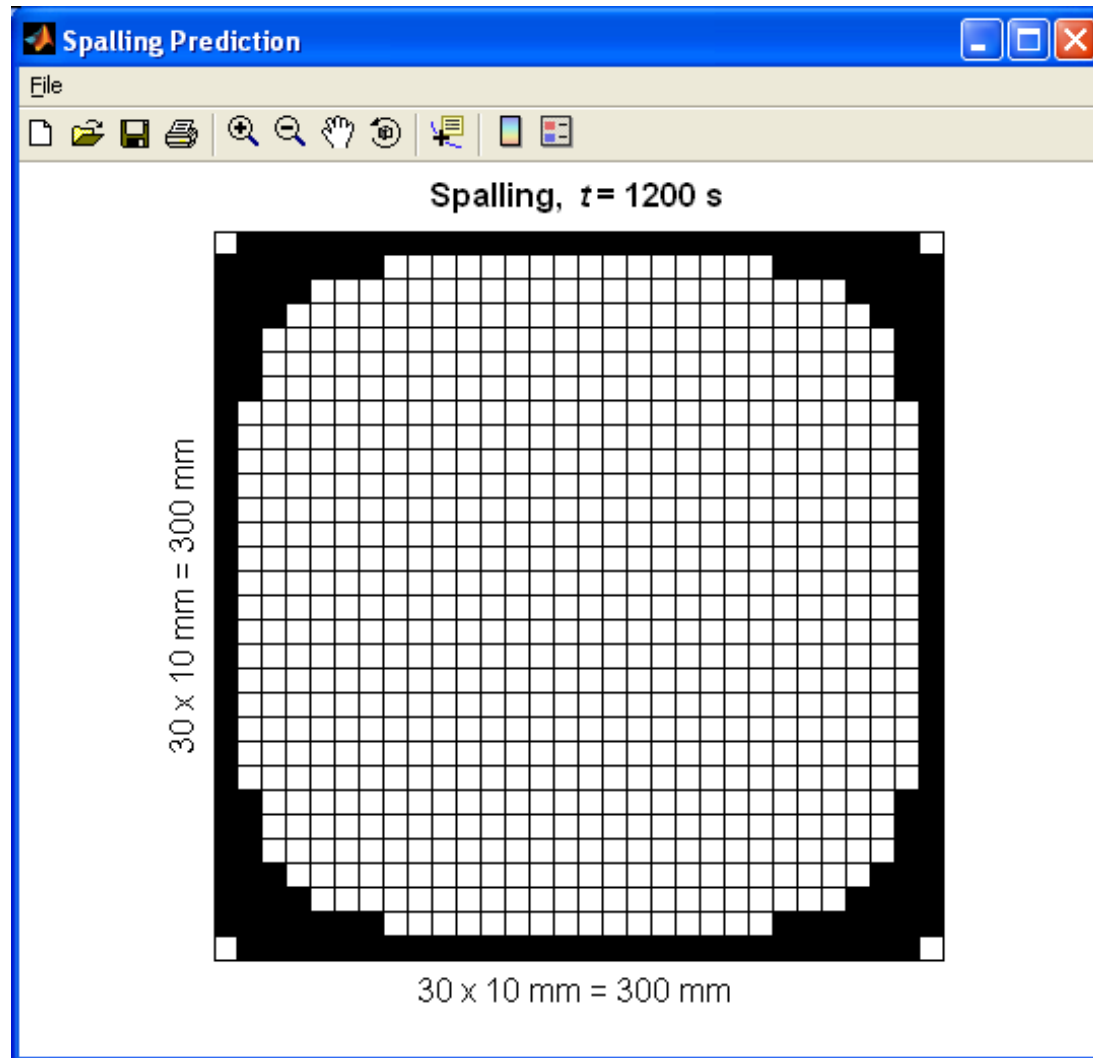
Plot

<< BACK **NEW** **EXIT**

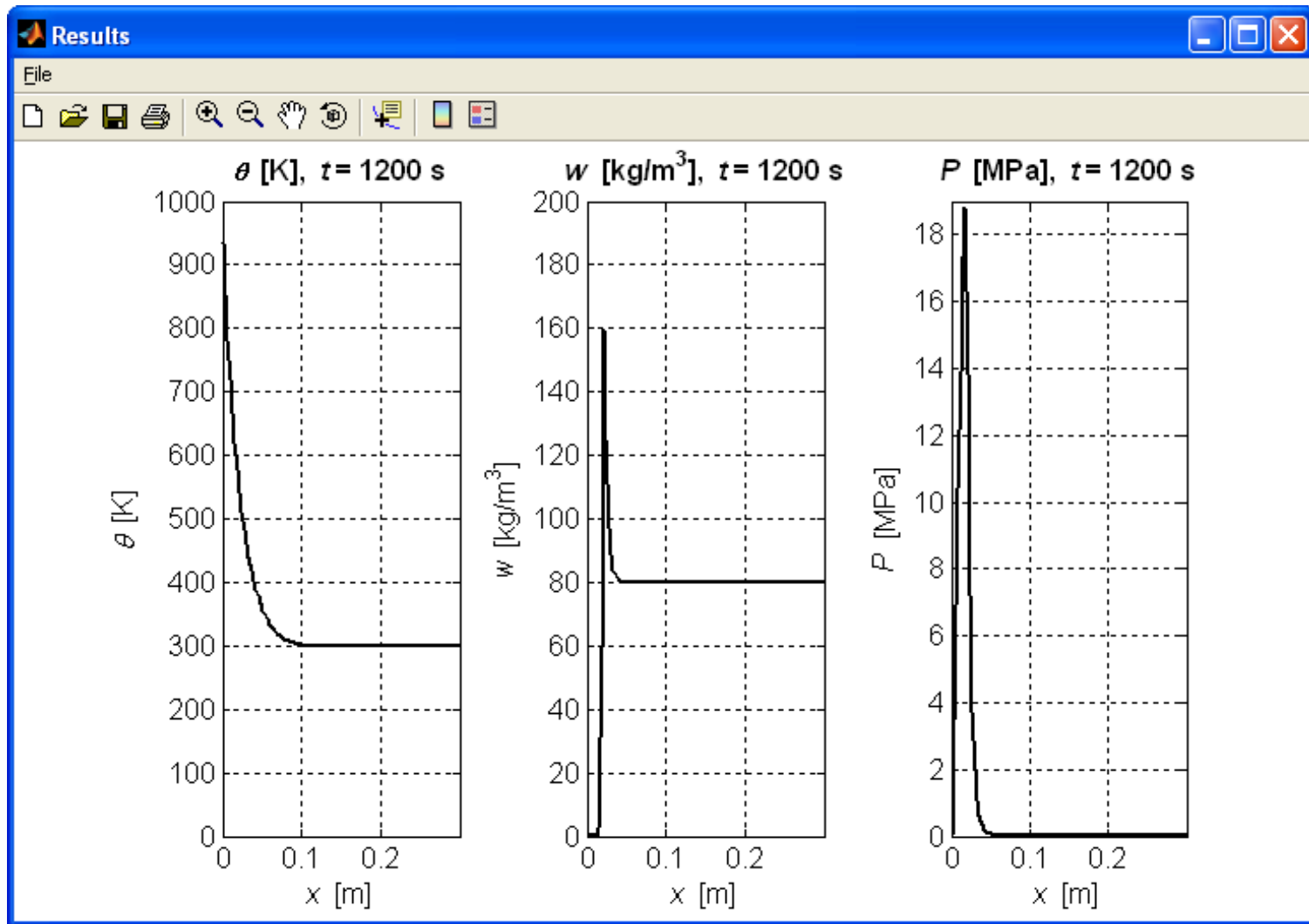
Grafické znázornění rozložení hledaných veličin v analyzovaném průřezu - 2D



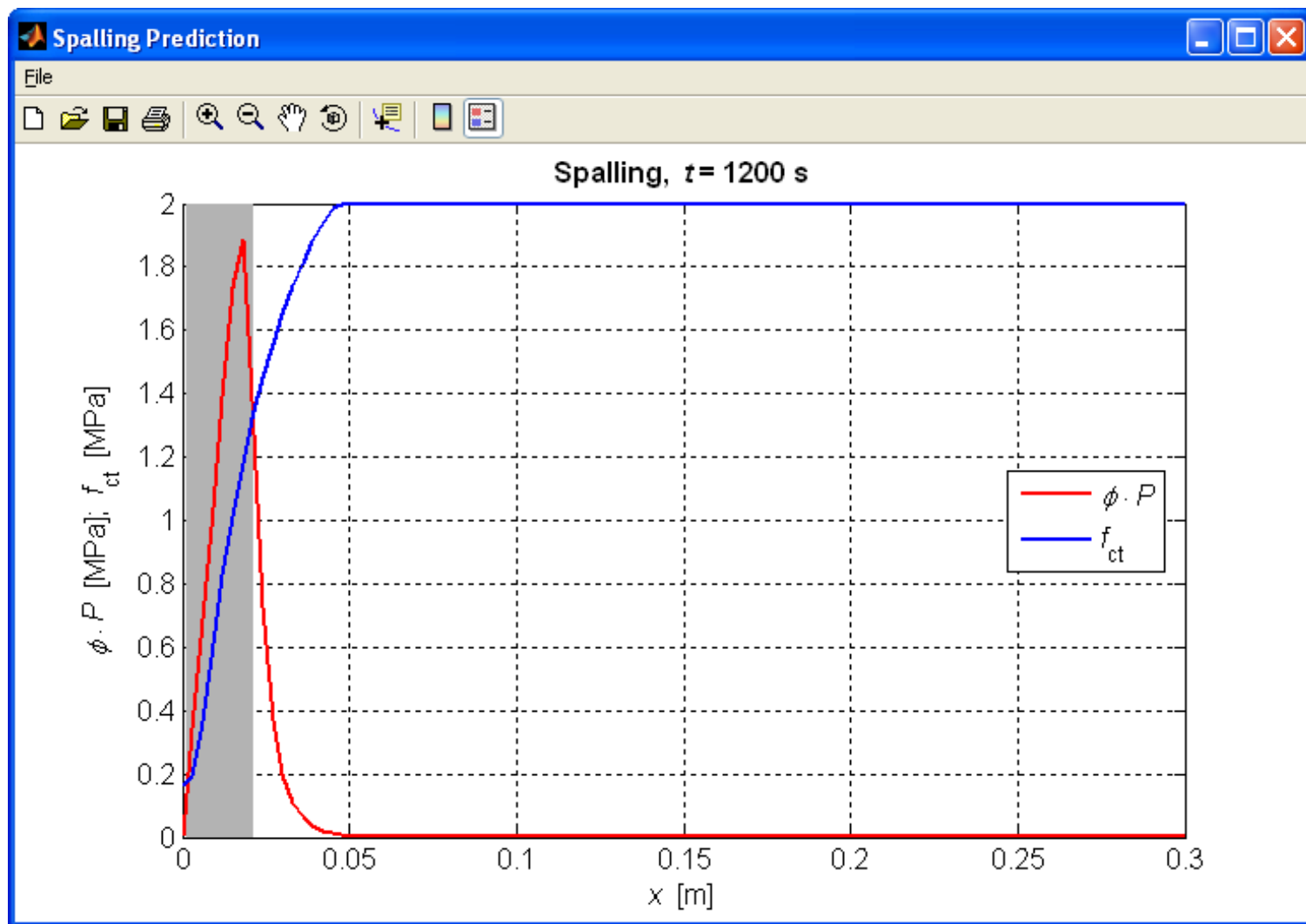
Vyznačení oblasti průřezu, ve které je riziko odštěpení betonu - 2D



Grafické znázornění rozložení hledaných veličin v analyzovaném průřezu - 1D



Vyznačení oblasti průřezu, ve které je riziko odštěpení betonu - 1D



FiDeS (Fire Design Software)

Jedná se o celkem pět samostatných programů

- program pro teplotní analýzu požárního úseku
- program pro teplotní analýzu průřezu
- program pro posouzení požární odolnosti betonových prvků
- program pro stanovení požární odolnosti betonových prvků pomocí zjednodušených výpočetních metod uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2
- program pro posouzení požární odolnosti zděných prvků pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1996-1-2

FiDeS (Fire Design Software)

Obecná charakteristika

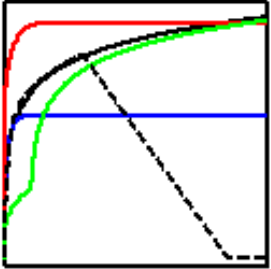
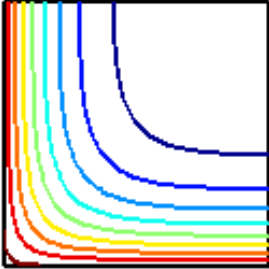
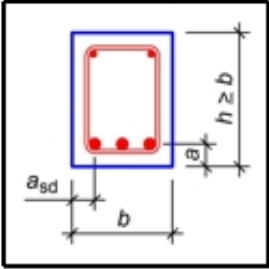
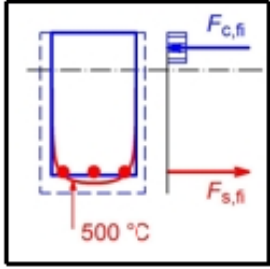
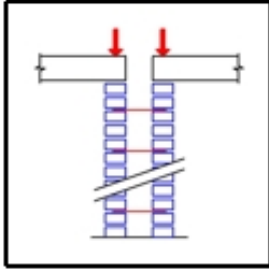
- interaktivní uživatelské rozhraní
- podrobná nápověda
- možnost vygenerovat protokol shrnující nejdůležitější informace o provedeném výpočtu (posouzení)
- v současnosti je dostupná první verze softwaru FiDeS - všechny programy budou postupně rozšiřovány a doplňovány

Úvodní okno programu

FiDeS 1.0 _ □ ×

FiDeS 1.0
Fire Design Software

Soubor výpočetních programů pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru podle Eurokódů
Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Teplotní analýza požárního úseku	Teplotní analýza průřezu	Betonové prvky Tabulky	Betonové prvky Výpočetní metody	Zděné prvky Tabulky
				
Vstoupit	Vstoupit	Vstoupit	Vstoupit	Vstoupit

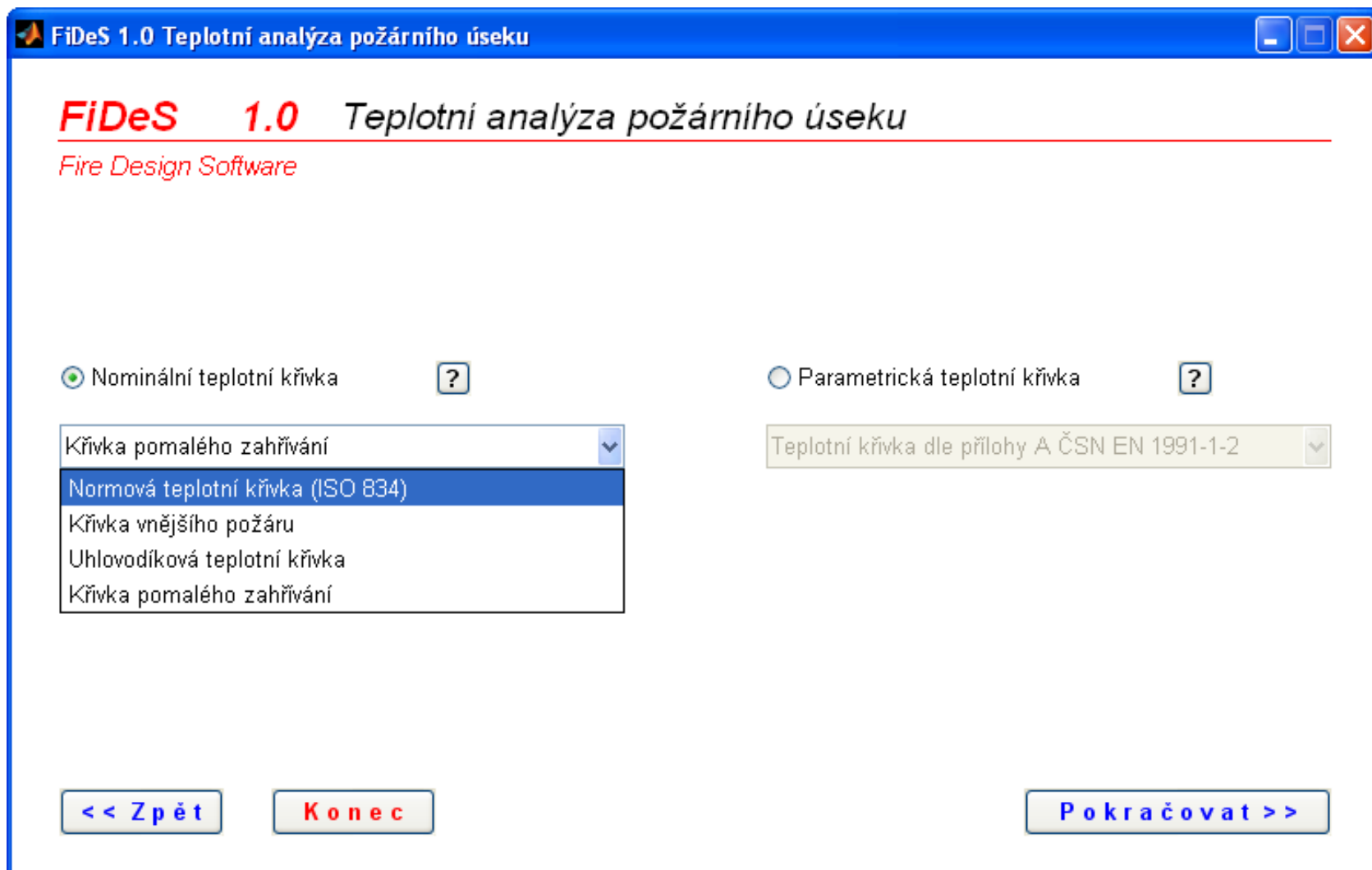
© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Slouží pro studijní a výukové účely.
Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

FiDeS (Fire Design Software)

Program pro teplotní analýzu požárního úseku

- Program je určen pro teplotní analýzu požárního úseku s využitím:
 - nominálních teplotních křivek (normová teplotní křivka, křivka vnějšího požáru, uhlovodíková teplotní křivka, křivka pomalého zahřívání)
 - parametrické teplotní křivky (příloha A ČSN EN 1991-1-2)
- Program umožňuje:
 - stanovit tepotu plynů v požárním úseku pro libovolný čas působení požáru
 - vykreslit příslušnou teplotní křivku pro zadaný časový interval

Okno pro výběr požární křivky



Zadání parametrické teplotní křivky

FiDeS 1.0 Teplotní analýza požárního úseku

FiDeS 1.0 Teplotní analýza požárního úseku
Fire Design Software

Parametrická teplotní křivka

- Definovaná v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2.
- Platí pro požární úseky s podlahovou plochou max. 500 m², bez otvorů ve střeše a s max. výškou požárního úseku 4 m.

Parametry

$q_{t,d}$ [MJ m ⁻²]	<input type="text" value="200"/>	<input type="button" value="?"/>
α [m ^{1/2}]	<input type="text" value="0.04"/>	<input type="button" value="?"/>
b [J m ⁻² s ^{-1/2} K ⁻¹]	<input type="text" value="1160"/>	<input type="button" value="?"/>
Rychlost rozvoje požáru	<input type="button" value="Střední"/>	<input type="button" value="?"/>

Vykreslení teplotní křivky

Časový interval [min]:

0 až || | |

Výpočet teploty v čase t

t [min] || | |
| θ_g [°C] | |

Teplotní analýza požárního úseku

FiDeS 1.0

Fire Design Software

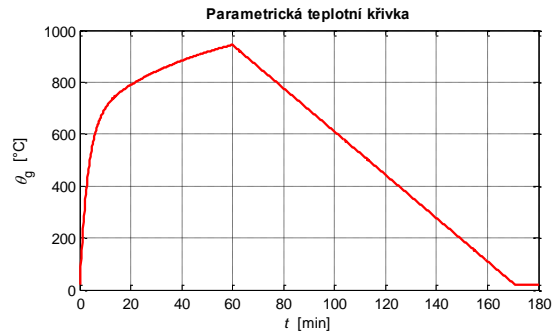
Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Parametrická teplotní křivka

- Definovaná v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2.

- Platí pro požární úseky s podlahovou plochou max. 500 m², bez otvorů ve střeše a s max. výškou požárního úseku 4 m.

Vstupní parametry: $q_{t,d} = 200 \text{ MJ m}^{-2}$
 $O = 0.04 \text{ m}^{1/2}$
 $b = 1160 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1/2} \text{ K}^{-1}$
Rychlost rozvoje požáru - střední



Výsledné parametry: $\theta_{g,max} = 944.1395 \text{ °C}$

$t_{max} = 60 \text{ min}$

$t_{20} = 170.8967 \text{ min}$

Požár řízený ventilací (malá plocha otvorů vzhledem k velikosti požárního zatížení).

Zadanému času $t = 30 \text{ min}$ odpovídá teplota $\theta_g = 840.9762 \text{ °C}$.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí, Tháškova 7, 166 29 Praha 6.
Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

FiDeS (Fire Design Software)

Program pro teplotní analýzu průřezu

- Pro teplotní analýzu průřezu je v softwaru **FiDeS** využíván výpočetní program **TempAnalysis** (viz předchozí snímky)
- Umožňuje teplotní analýzu obdélníkových průřezů z libovolných stavebních materiálů (včetně průřezů opatřených izolační vrstvou) vystavených normovému nebo parametrickému požáru.

FiDeS (Fire Design Software)

Program pro posouzení požární odolnosti betonových prvků pomocí tabulek uvedených v ČSN EN 1992-1-2

- Slouží jednak jako databáze příslušných tabulek, jednak provádí veškeré výpočty potřebné k vlastnímu posouzení (výpočet pomocných hodnot, interpolace tabulkových hodnot apod.) a upozorňuje na nutnost dodržení omezujících podmínek.
- Posouzení se vztahuje k normové požární odolnosti.
- Současná verze umožňuje posoudit betonové sloupy a stěny.

Úvodní okno programu pro tabulkové posouzení betonových prvků

The screenshot shows the main window of the 'FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky' application. The window title bar includes the application name and standard Windows window controls. The main content area features the application title 'FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky' in a large, bold, red font, with 'Fire Design Software' in a smaller red font below it. A red heading states: 'Tabulkové posouzení je založeno na následujících předpokladech:'. Below this, a list of red text conditions is provided. The interface includes two dropdown menus: 'Vyberte typ prvku...' (set to 'Sloup') and 'Metoda' (with a dropdown menu open showing 'Metoda A' and 'Metoda B'). At the bottom, there are three buttons: '<< Zpět', 'Konec', and 'Pokračovat >>'. The 'Metoda' dropdown menu has a question mark icon next to it.

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky
Fire Design Software

Tabulkové posouzení je založeno na následujících předpokladech:

- prvek je vystaven normovému požáru;
- prvek je z obyčejného betonu (2000 až 2600 kg/m³);
- při dodržení tabulkových hodnot není požadováno další posouzení z hlediska smyku, kroucení a kotvení výztuže;
- prvek je navržen podle normy ČSN EN 1992-1-1 a podle této normy za běžné teploty vyhoví;
- v případě sloupů lze tabulkové posouzení použít pouze pro prvky, které jsou součástí ztužených konstrukcí.
- program posuzuje pouze prvky z běžného betonu (max. C50/60) s křemičitým kamenivem.

Vyberte typ prvku...
Sloup

Metoda
Metoda A
Metoda B

<< Zpět Konec Pokračovat >>

Zadání vstupů

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky
Fire Design Software

Sloup (železobeton) - Metoda A

Ověření použitelnosti metody A:

Tvar, rozměry		Excentricita	
Pravouhý průřez	<input type="button" value="v"/>	$e_{0,fi}$ [mm]	<input type="text" value="15"/> <input type="button" value="?"/>
b [mm]	<input type="text" value="400"/> <input type="button" value="?"/>	- ve směru	<input checked="" type="radio"/> b <input type="radio"/> h
h [mm]	<input type="text" value="600"/> <input type="button" value="?"/>		
$l_{0,fi}$ [mm]	<input type="text" value="2500"/> <input type="button" value="?"/>		
		Plocha výztuže	
		A_s [mm ²]	<input type="text" value="1300"/> <input type="button" value="?"/>

Ověření použitelnosti metody

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky
Fire Design Software

Sloup (železobeton) - Metoda A **Metodu A lze použít!**

Ověření použitelnosti metody A:

- 1) $l_{0,fi} = 2500 \text{ mm} \leq 3000 \text{ mm}$ **Splněno!**
- 2) $e_{0,fi} = 15 \text{ mm} \leq e_{\max} = 0.15 b = 0.15 \cdot 400 = 60 \text{ mm}$ **Splněno!**
- 3) $A_s = 1300 \text{ mm}^2 \leq 0.04 A_c = 0.04 \cdot 240000 = 9600 \text{ mm}^2$ **Splněno!**

<< Zpět **Konec** Pokračovat >>

Zadání vstupů

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky
Fire Design Software

Sloup (železobeton) - Metoda A Zadání vstupů (pokračování)

Poloha a parametry výztuže

a_1, a_2, \dots, a_n [mm]
30,30,50 ?

$A_{s,1}, A_{s,2}, \dots, A_{s,n}$ [mm²]
400,400,500 ?

$f_{yk,1}, f_{yk,2}, \dots, f_{yk,n}$ [MPa]
500,500,450 ?

Požadovaná požární odolnost

R 30
R 30
R 60
R 90
R 120
R 180
R 240

<< Zpět **Konec** Pokračovat >>

Zobrazení výsledku posouzení

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky
Fire Design Software

Sloup (železobeton) - Metoda A

Vstupy

Pravoúhlý průřez, $b = 400$ mm, $h = 600$ mm.
 $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm - ve směru b
Vystavení požáru z více stran, $\mu_{fi} = 0.7$.
Požadovaná požární odolnost R 30.
Průřez vyztužen méně než 8 pruty.

Výztuž umístěna ve více vrstvách. $A_s = 1300$ mm².

a_1, a_2, \dots, a_n [mm]	<input type="text" value="30,30,50"/>
$A_{s,1}, A_{s,2}, \dots, A_{s,n}$ [mm ²]	<input type="text" value="400,400,500"/>
$f_{yk,1}, f_{yk,2}, \dots, f_{yk,n}$ [MPa]	<input type="text" value="500,500,450"/>

Výstupy [mm]

a_m	$b_{min} / a_{m,min}$	$b_{min}(a_m)$	<input type="text" value="200"/>	$b_{min} / a_{i,min,R30}$	$a_{i,min,R30}(b)$	<input type="text" value="27"/>
<input type="text" value="37.2"/>	<input type="text" value="200 / 32"/> ▼	$a_{m,min}(b)$	<input type="text" value="27"/>	<input type="text" value="200 / 32"/> ▼	$a_{i,min} = a_m / 2$	<input type="text" value="18.6"/>

Betonové prvky - Tabulky	FiDeS 1.0 Fire Design Software Verze 1.0 (1. 9. 2010)
<p>Sloup - Metoda A (čl. 5.3.2 normy ČSN EN 1992-1-2) Platí pouze pro sloupy, které jsou součástí ztužených konstrukcí a které vyhoví dle ČSN EN 1992-1-1.</p> <p>Vstupy</p> <p>Pravoúhlý průřez, $b = 400$ mm, $h = 600$ mm, $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm - ve směru b</p> <p>Vystavení požáru z více stran, $\mu_{fi} = 0.7$, požadovaná požární odolnost R 30</p> <p>Průřez vyztužen méně než 8 pruty, výztuž umístěna ve více vrstvách, $A_s = 1300$ mm²</p> <p>a_1, a_2, \dots, a_n [mm] = 30,30,50</p> <p>$A_{s,1}, A_{s,2}, \dots, A_{s,n}$ [mm²] = 400,400,500</p> <p>$f_{yk,1}, f_{yk,2}, \dots, f_{yk,n}$ [MPa] = 500,500,450</p> <p>Ověření použitelnosti metody A</p> <p>1) $l_{0,fi} = 2500$ mm \leq 3000 mm - splněno</p> <p>2) $e_{0,fi} = 15$ mm \leq $e_{max} = 0.15 b = 0.15 \cdot 400 = 60$ mm - splněno</p> <p>3) $A_s = 1300$ mm² \leq $0.04 A_c = 0.04 \cdot 240000 = 9600$ mm² - splněno Metodu A lze použít.</p> <p>Posouzení Pozn.: [*] - min. 8 prutů, [nvg] - není definována žádná hodnota</p> <p>Průměrná vzdálenost výztužných prutů od líce průřezu $a_m = \Sigma(a_i A_{s,i} f_{yk,i}) / \Sigma(A_{s,i} f_{yk,i}) = 37.2$ mm</p> <p>Tabulkové hodnoty $b_{min} / a_{m,min}$ pro R 30 a $\mu_{fi} = 0.7$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.2a):</p> <p>200 / 32 300 / 27</p> <p>Rozhodující hodnoty: $b_{min}(a_m) = 200 \leq b = 400$ mm - splněno</p> <p style="margin-left: 100px;">$a_{m,min}(b) = 27 \leq a_m = 37.2$ mm - splněno</p> <p>Posouzení jednotlivých prutů - musí platit $a_i \geq \max(a_{i,min,R30}; a_m/2)$</p> <p>Tabulkové hodnoty $b_{min} / a_{i,min}$ pro R 30 a $\mu_{fi} = 0.7$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.2a):</p> <p>200 / 32 300 / 27</p> <p>Rozhodující hodnoty: $a_{i,min,R30}(b) = 27 \leq a_i = (30,30,50)$ mm - splněno</p> <p style="margin-left: 100px;">$a_m/2 = 18.6 \leq a_i = (30,30,50)$ mm - splněno</p> <p>Sloup splňuje požadovanou požární odolnost R 30.</p>	
<p>© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/> ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí, Tháškova 7, 166 29 Praha 6. Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.</p>	

FiDeS (Fire Design Software)

Program pro stanovení požární odolnosti betonových prvků pomocí zjednodušených výpočetních metod

- Současná verze umožňuje stanovit normovou požární odolnost betonových sloupů metodou popsanou v čl. 5.3.2(4) normy ČSN EN 1992-1-2.

Betonové prvky - Zjednodušené metody	FiDeS 1.0 <i>Fire Design Software</i> Verze 1.0 (1. 9. 2010)
<p>Sloup - Zjednodušená metoda stanovení požární odolnosti (čl. 5.3.2(4) normy ČSN EN 1992-1-2) Platí pouze pro sloupy, které jsou součástí ztužených konstrukcí a které vyhoví dle ČSN EN 1992-1-1.</p> <p>Vstupy</p> <p>Pravoúhlý průřez, $b = 400$ mm, $h = 600$ mm, $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm - ve směru b</p> <p>Stupeň využití $\mu_{fi} = 0.7$, beton C 25/30.</p> <p>Průřez vyztužen 4 pruty, $A_s = 1300$ mm², $a = 30$ mm, $f_{yk} = 500$ MPa.</p> <p>Ověření použitelnosti metody</p> <p>1) $2000 \text{ mm} \leq l_{0,fi} = 2500 \text{ mm} \leq 6000 \text{ mm}$ - splněno</p> <p>2) $e_{0,fi} = 15 \text{ mm} \leq e_{max} = 0.15 b = 0.15 \cdot 400 = 60 \text{ mm}$ - splněno Metodu lze použít.</p> <p>Výpočet</p> <p>$A_c = b \cdot h = 400 \cdot 600 = 240000 \text{ mm}^2$.</p> <p>$h = 600 \text{ mm} \leq 1.5 b = 1.5 \cdot 400 = 600 \text{ mm} \Rightarrow$ dále uvažujeme $h = 600$ mm.</p> <p>$b' = 2 \cdot A_c / (b + h) = 2 \cdot 240000 / (400 + 600) = 480 \text{ mm} > 450 \Rightarrow b' = 450$ mm.</p> <p>$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 434.8$ MPa.</p> <p>$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 25 / 1.5 = 16.7$ MPa.</p> <p>$\omega = (A_s \cdot f_{yd}) / (A_c \cdot f_{cd}) = (1300 \cdot 434.8) / (240000 \cdot 16.7) = 0.141$.</p> <p>$R_{\eta,fi} = 83 (1.00 - \mu_{fi} (1.00 + \omega) / (0.85 + \omega)) = 16.1$ min</p> <p>$R_a = 1.60 (a[\text{mm}] - 30) = 0$ min</p> <p>$R_l = 9.60 (5 \cdot l_{0,fi}[\text{m}]) = 24$ min</p> <p>$R_b = 0.09 b [\text{mm}] = 40.5$ min</p> <p>$R_n = 0$ min (4 pruty)</p> <p>$R = 120 ((R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n) / 120)^{1.8} = 59$ min</p> <p>Sloup splňuje normovou požární odolnost R 59 min.</p>	
<p>© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/> ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6. Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výzkumné účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.</p>	

FiDeS (Fire Design Software)

Program pro posouzení požární odolnosti zděných prvků pomocí tabulek uvedených v ČSN EN 1996-1-2

- Slouží jednak jako databáze příslušných tabulek, jednak provádí veškeré výpočty potřebné k vlastnímu posouzení (výpočet pomocných hodnot, interpolace tabulkových hodnot apod.) a upozorňuje na nutnost dodržení omezujících podmínek.
- Posouzení se vztahuje k normové požární odolnosti.
- Současná verze umožňuje posoudit zděné stěny (dělicí nosné a dělicí nenosné) z pálených zdicích prvků.

Zděné prvky - Tabulky	<i>FiDeS 1.0</i> <i>Fire Design Software</i> Verze 1.0 (1. 9. 2010)
<p>Dělicí nosná jednovrstvá stěna (REI) z pálených zdících prvků (ČSN EN 1996-1-2, tab. N.B.1.2) Platí pouze pro stěny, které vyhoví dle ČSN EN 1996-1-1, ČSN EN 1996-2 a ČSN EN 1996-3.</p> <p>Vstupy</p> <p>Rozměry $t = 200$ mm, stěna bez povrchové úpravy.</p> <p>Využití $\alpha \leq 0.6$.</p> <p>Požadovaná požární odolnost REI 45.</p> <p>Skupina zdících prvků 1, varianta 1.</p> <p>Malta obyčejná nebo pro tenké spáry, $5 \text{ MPa} \leq f_b \leq 75 \text{ MPa}$, $800 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 2400 \text{ kg/m}^3$</p> <p>Posouzení</p> <p>Tabulková hodnota t_{\min} pro REI 45 (ČSN EN 1996-1-2, tab. N.B.1.2):</p> <p>90</p> <p>Pozn.: [nvg] - není definována žádná hodnota</p> <p>$t = 200 \text{ mm} \geq t_{\min} = 90 \text{ mm}$ - splněno</p> <p>Stěna splňuje požadovanou požární odolnost REI 45.</p>	
<p>© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/> ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Tháková 7, 166 29 Praha 6. Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.</p>	

RCC_{fi} (Reinforced Concrete Columns - fire design)

Program pro posouzení požární odolnosti sloupů

- obdélníkový průřez, I-průřez
- integrován nástroj pro teplotní analýzu
- posouzení založeno na metodě B.3 normy ČSN EN 1992-1-2
- zohledněn vliv druhého řádu
- podrobná nápověda
- možnost vygenerování protokolu shrnujícího vstupy a výsledky posouzení

Úvodní okno programu

RCCfi 1.0

RCCfi 1.0

Version 1.0 (01-09-2012)

Computer program for fire design of reinforced concrete columns based on the method given by Annex B.3 of European Standard EN 1992-1-2

Type of cross-section:

Rectangular cross-section

Enter

© 2012 Josef Sura, Radek Štefan, Jaroslav Procházka
<josef.sura@fsv.cvut.cz> <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <jaroslav.prochazka@fsv.cvut.cz>
Department of Concrete and Masonry Structures, Faculty of Civil Engineering, CTU in Prague
This work has been supported by the Grant Agency of the CTU in Prague, project No. SGS12/031/OHK1/1T/11, and by the Technology Agency of the Czech Republic, project No. TA02010837.
The authors will not be held liable for any damages arising from the use of this software!

Úvodní okno programu

RCCfi 1.0

Verze 1.0 (01-09-2012)

Výpočetní program pro posouzení požární odolnosti železobetonových sloupů metodou popsanou v příloze B.3 normy ČSN EN 1992-1-2

Typ průřezu:
Obdélníkový průřez

Enter

© 2012 Josef Sura, Radek Štefan, Jaroslav Procházka
<josef.sura@fsv.cvut.cz> <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <jaroslav.prochazka@fsv.cvut.cz>
Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze
Program byl vypracován za podpory grantu Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze
č. SGS12/031/OHK1/1T/11 a grantu Technologické agentury ČR č. TA02010837.
Autoři nenesou žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu!

Okno pro zadání vstupů

RCCfi 1.0 - Preprocessor

Rozměry

b [mm] ?

b_w [mm] ?

h [mm] ?

h_w [mm] ?

$l_{0,fi}$ [mm] ?

ϕ [mm] ?

a [mm] ?

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ [mm]

?

Schéma průřezu

Zatížení

$N_{Ed,fi}$ [kN] ?

$e_{0,fi}$ [mm] ?

c [-] ?

Vystavení požáru (ISO křivka)

t [min] ?

Materiály

Třída betonu ?

ρ_{20} [kg m⁻³] ?

u [%] ?

λ ?

f_{yk} [MPa] ?

VÝPOČET

VYKRESLIT PRŮŘEZ **NOVÝ** **UKONČIT**

Okno pro zadání vstupů

RCCfi 1.0 - Preprocessor

Rozměry

b	[mm]	<input type="text" value="300"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
b_w	[mm]	<input type="text" value="150"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
h	[mm]	<input type="text" value="500"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
h_w	[mm]	<input type="text" value="250"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
$l_{0,fi}$	[mm]	<input type="text" value="3000"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
ϕ	[mm]	<input type="text" value="14"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
a	[mm]	<input type="text" value="40"/>	<input "="" type="button" value="?"/>
$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$	[mm]	<input type="text" value="40,95,150"/>	<input "="" type="button" value="?"/>

Schéma průřezu

The diagram illustrates a reinforced concrete cross-section with the following dimensions and parameters:

- d : Total height of the section.
- h : Total height of the section.
- h_w : Height of the web.
- h_f : Height of the top and bottom flanges.
- b : Total width of the section.
- b_w : Width of the web.
- b_f : Width of the flanges.
- a : Effective depth of the section.
- $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$: Distances from the bottom edge to the reinforcement bars.
- $N_{Ed,fi}$: Axial force.
- $e_{0,fi}$: Eccentricity.
- G : Centroid.
- s : Distance from the centroid to the reinforcement bars.

Okno pro zadání vstupů

Zatížení			
$N_{Ed,fi}$ [kN]	<input type="text" value="500"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	
$e_{0,fi}$ [mm]	<input type="text" value="40"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	
c [-]	<input type="text" value="10"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	

Vystavení požáru (ISO křivka)			
t [min]	<input type="text" value="30"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	

Materiály			
Třída betonu	<input type="text" value="C25/30"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	
ρ_{20} [kg m^{-3}]	<input type="text" value="2300"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	
u [%]	<input type="text" value="1.5"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	
λ	<input type="text" value="Dolní mez"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	
f_{yk} [MPa]	<input type="text" value="500"/>	<input "="" type="button" value="?"/>	

<input type="button" value="VÝPOČET"/>		
<input type="button" value="VYKRESLIT PRŮŘEZ"/>	<input type="button" value="NOVÝ"/>	<input type="button" value="UKONČIT"/>

Okno pro zadání vstupů

RCCfi 1.0 - Preprocessor

Rozměry

b [mm] ?

b_w [mm] ?

h [mm] ?

h_w [mm] ?

$l_{0,fi}$ [mm] ?

ϕ [mm] ?

a [mm] ?

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ [mm]

?

Schéma průřezu

Zatížení

$N_{Ed,fi}$ [kN] ?

$e_{0,fi}$ [mm] ?

c [-] ?

Vystavení požáru (ISO křivka)

t [min] ?

Materiály

Třída betonu ?

ρ_{20} [kg m⁻³] ?

u [%] ?

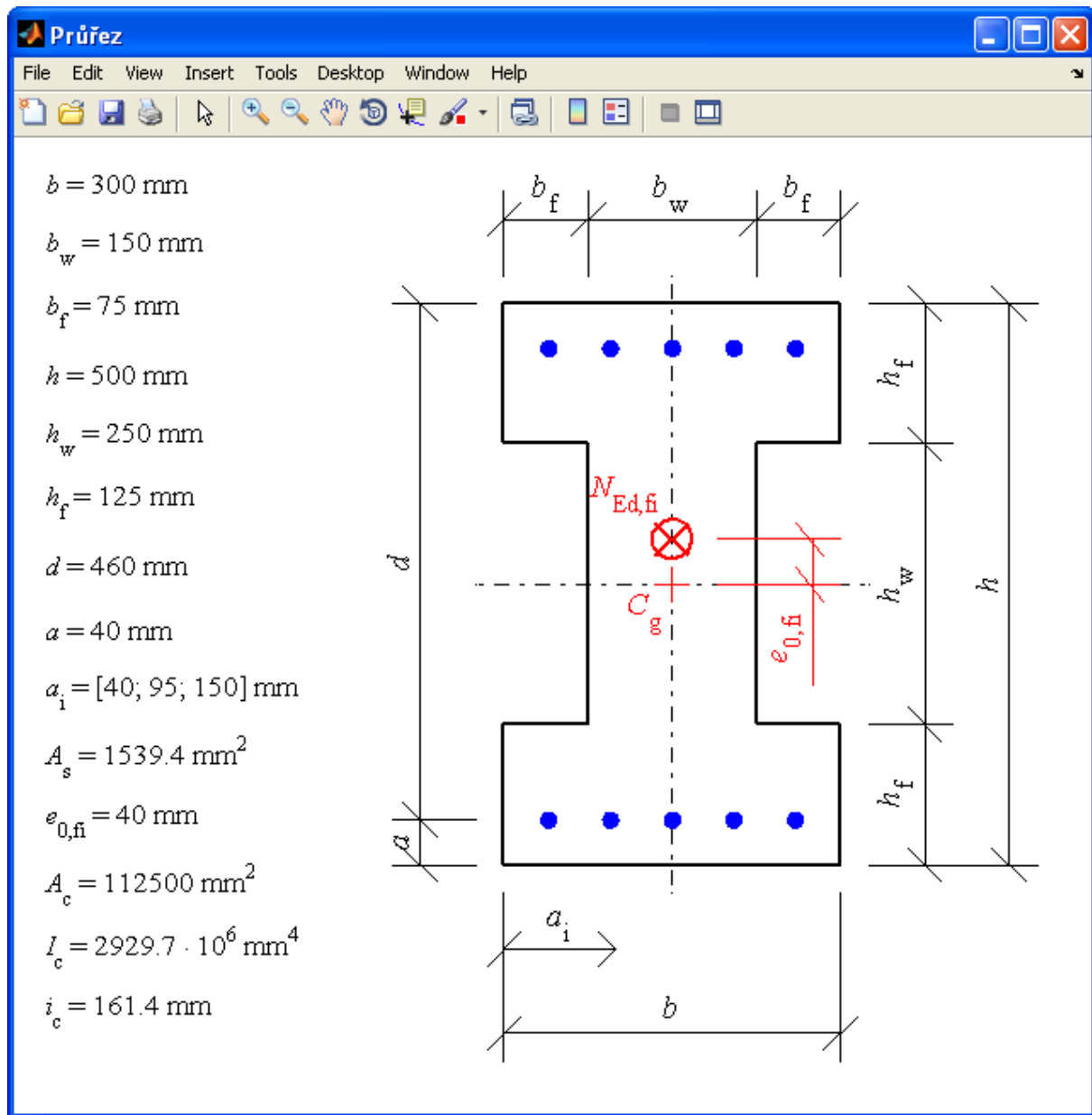
λ ?

f_{yk} [MPa] ?

VÝPOČET

VYKRESLIT PRŮŘEZ **NOVÝ** **UKONČIT**

Vykreslení průřezu



Okno pro zadání vstupů

RCCfi 1.0 - Preprocessor

Rozměry

b [mm] ?

b_w [mm] ?

h [mm] ?

h_w [mm] ?

$l_{0,fi}$ [mm] ?

ϕ [mm] ?

a [mm] ?

$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ [mm]

?

Schéma průřezu

Zatížení

$N_{Ed,fi}$ [kN] ?

$e_{0,fi}$ [mm] ?

c [-] ?

Vystavení požáru (ISO křivka)

t [min] ?

Materiály

Třída betonu ?

ρ_{20} [kg m⁻³] ?

u [%] ?

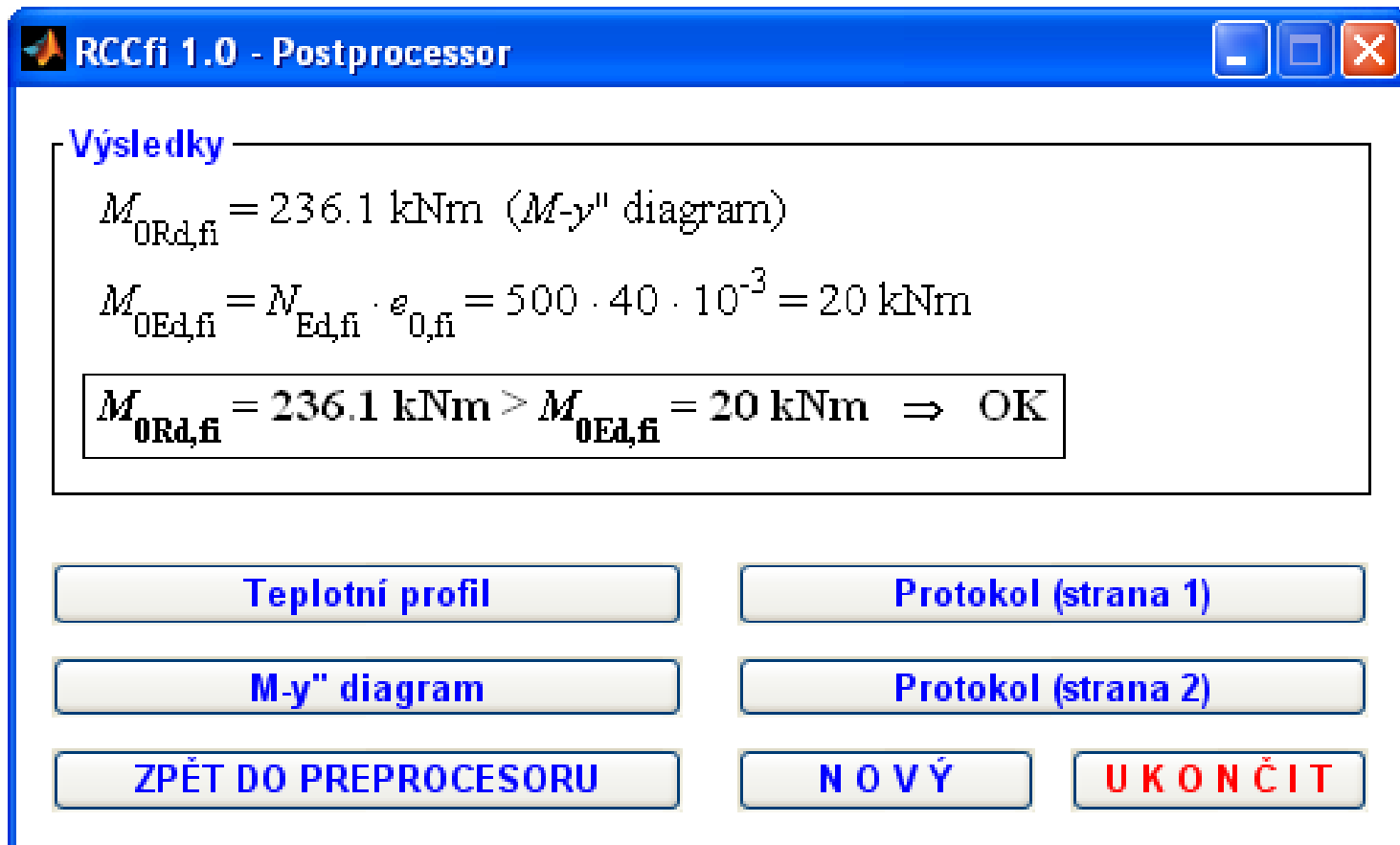
λ ?

f_{yk} [MPa] ?

VÝPOČET

VYKRESLIT PRŮŘEZ **NOVÝ** **UKONČIT**

Okno pro zobrazení výsledků



RCCfi 1.0 - Postprocessor

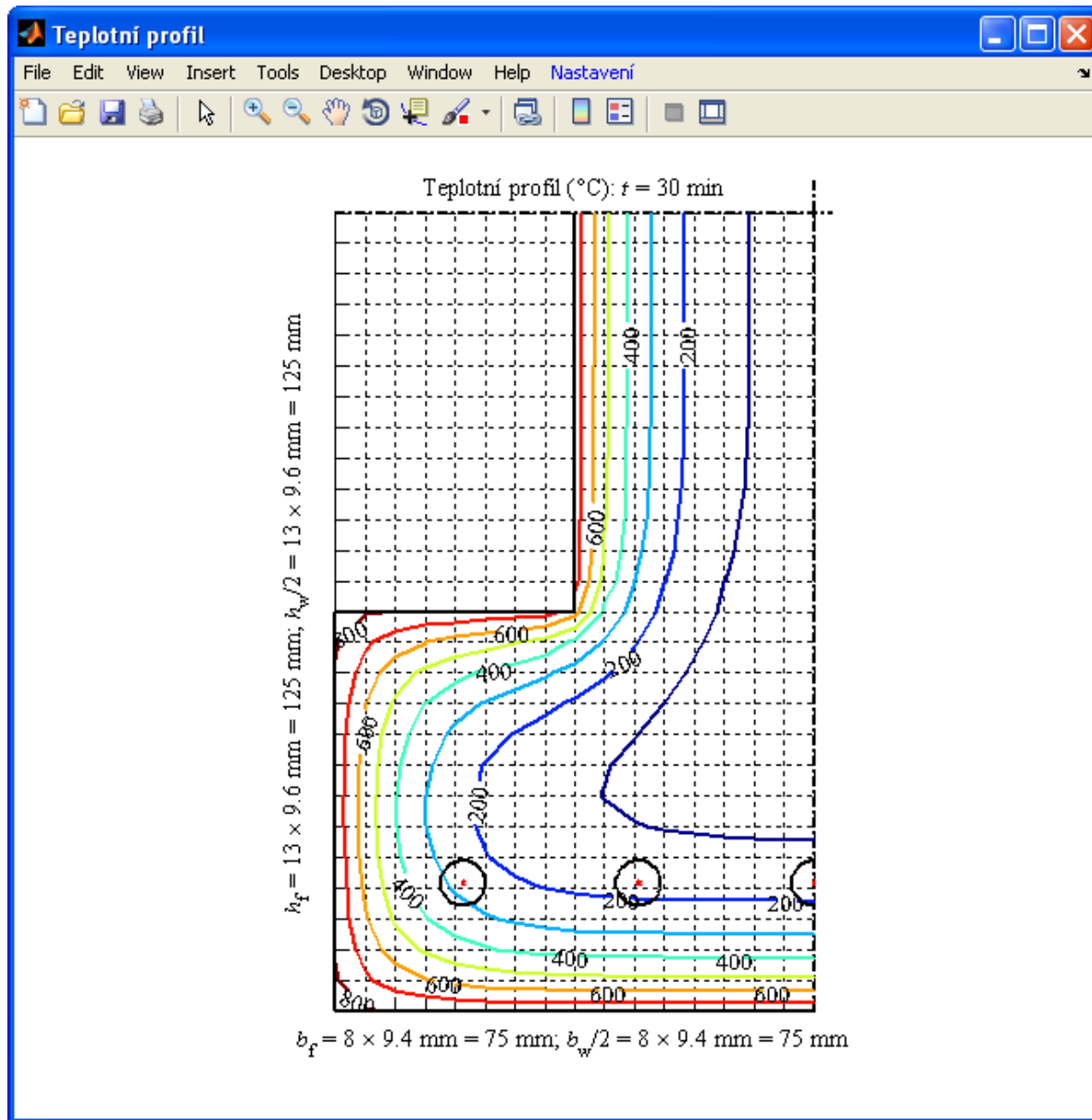
Výsledky

$$M_{ORd,fi} = 236.1 \text{ kNm (} M\text{-}y'' \text{ diagram)}$$
$$M_{OE d,fi} = N_{Ed,fi} \cdot e_{0,fi} = 500 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 20 \text{ kNm}$$

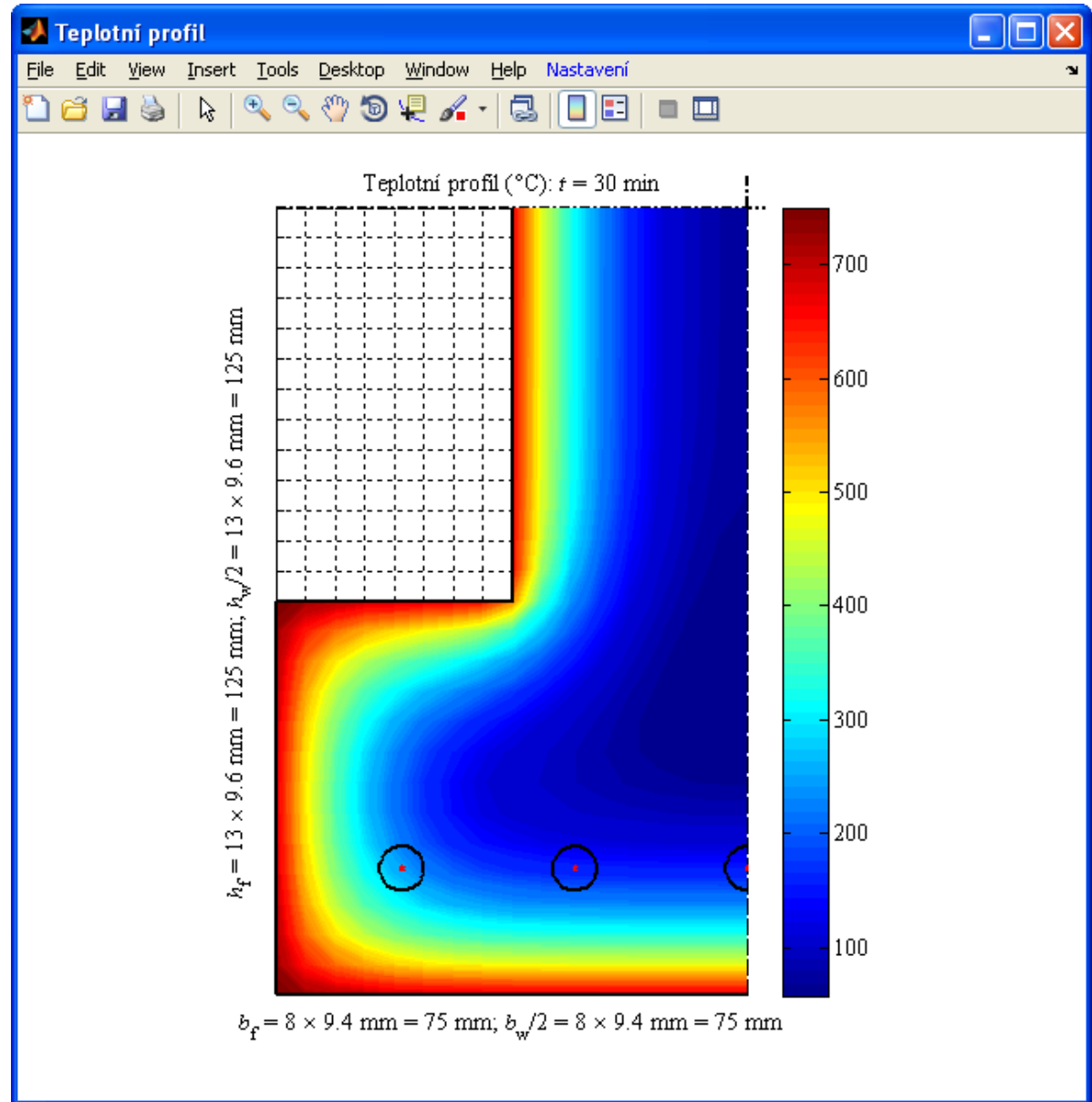
$$M_{ORd,fi} = 236.1 \text{ kNm} > M_{OE d,fi} = 20 \text{ kNm} \Rightarrow \text{OK}$$

Teplotní profil	Protokol (strana 1)
M-y'' diagram	Protokol (strana 2)
ZPĚT DO PREPROCESORU	NOVÝ UKONČIT

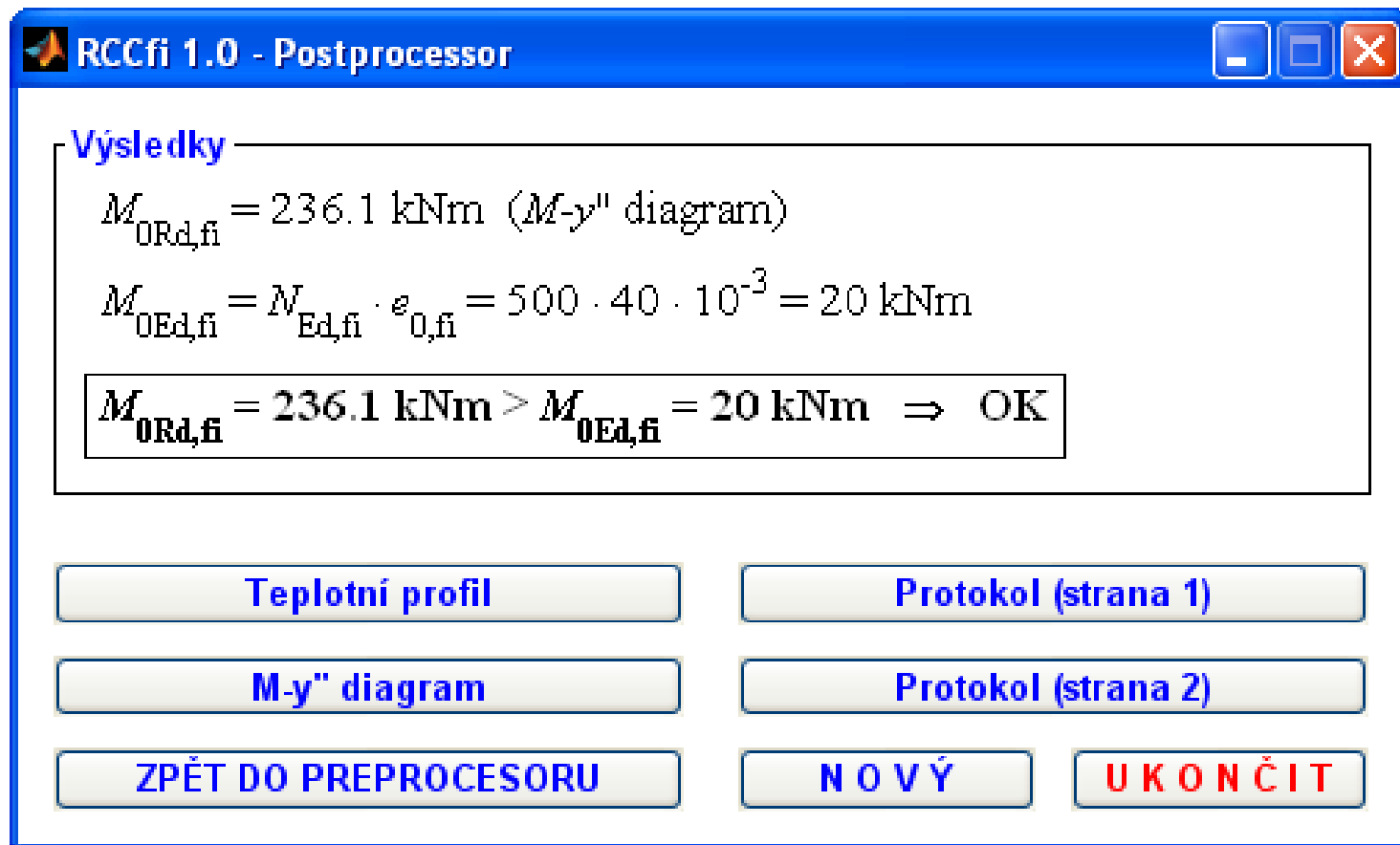
Teplotní profil - izotermy



Teplotní profil - izoplochy



Okno pro zobrazení výsledků



RCCfi 1.0 - Postprocessor

Výsledky

$$M_{ORd,fi} = 236.1 \text{ kNm (M-y'' diagram)}$$
$$M_{0Ed,fi} = N_{Ed,fi} \cdot e_{0,fi} = 500 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 20 \text{ kNm}$$

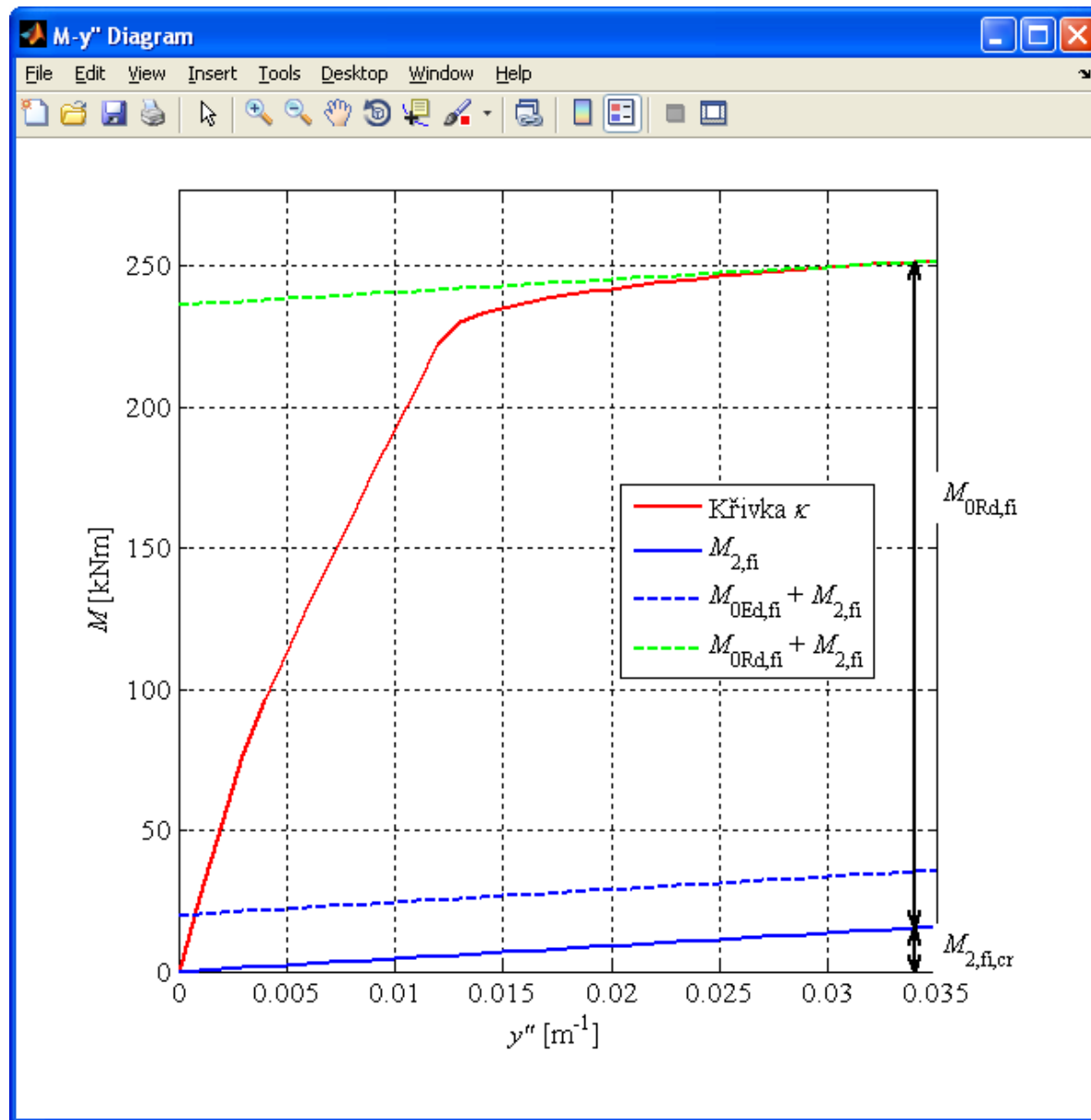
$M_{ORd,fi} = 236.1 \text{ kNm} > M_{0Ed,fi} = 20 \text{ kNm} \Rightarrow \text{OK}$

Teplotní profil Protokol (strana 1)

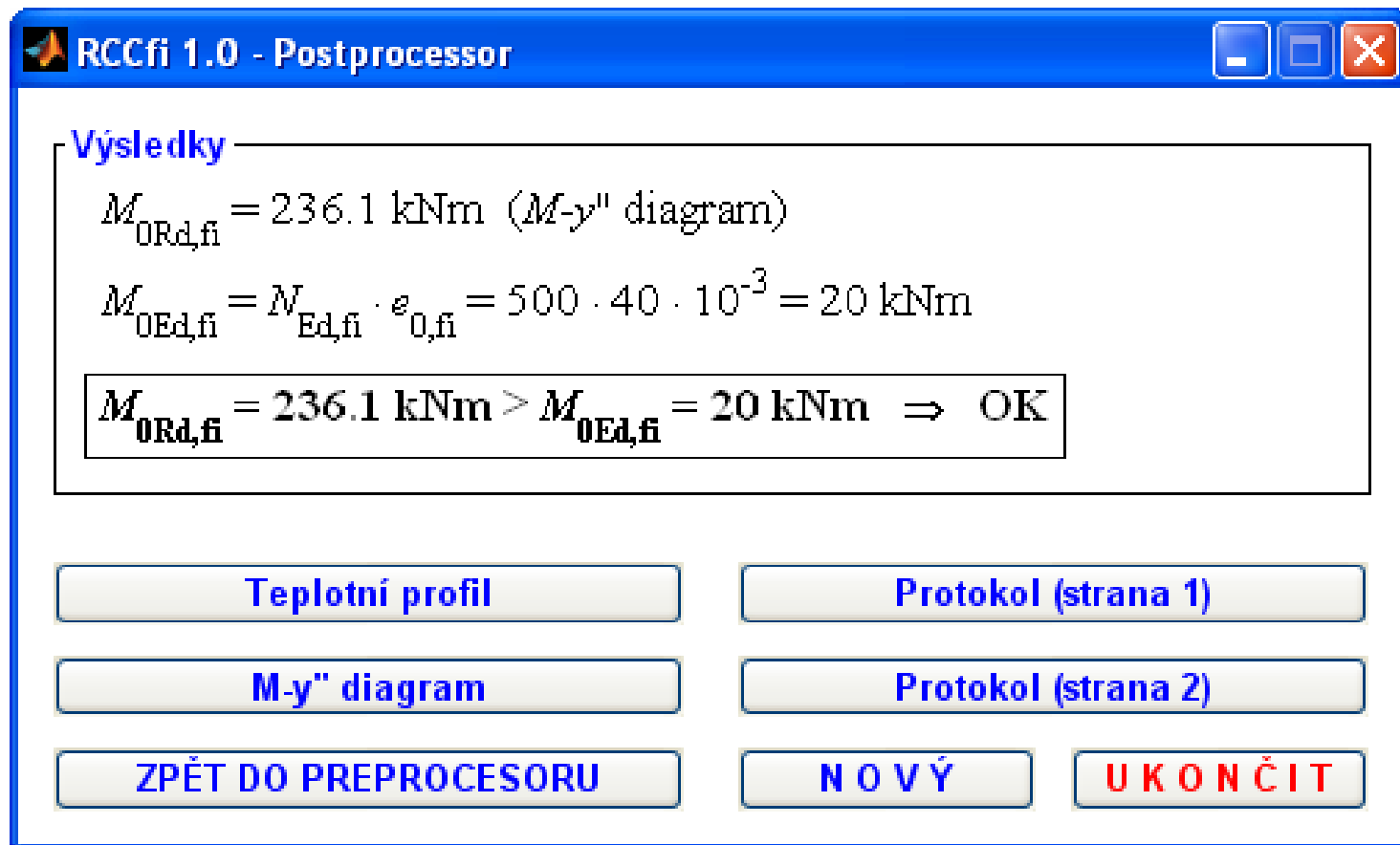
M-y'' diagram Protokol (strana 2)

ZPĚT DO PREPROCESSORU NOVÝ UKONČIT

M-y" diagram



Okno pro zobrazení výsledků



RCCfi 1.0 - Postprocessor

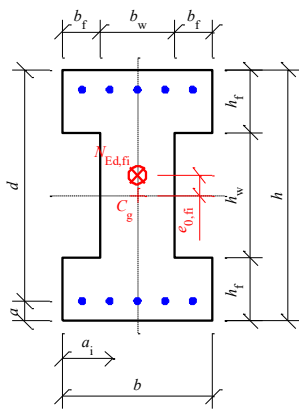
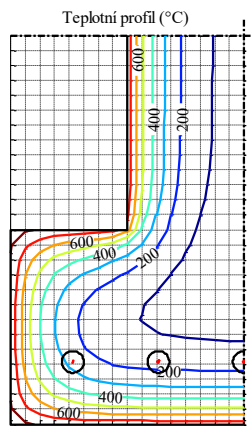
Výsledky

$$M_{ORd,fi} = 236.1 \text{ kNm (} M\text{-}y'' \text{ diagram)}$$
$$M_{0Ed,fi} = N_{Ed,fi} \cdot e_{0,fi} = 500 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 20 \text{ kNm}$$

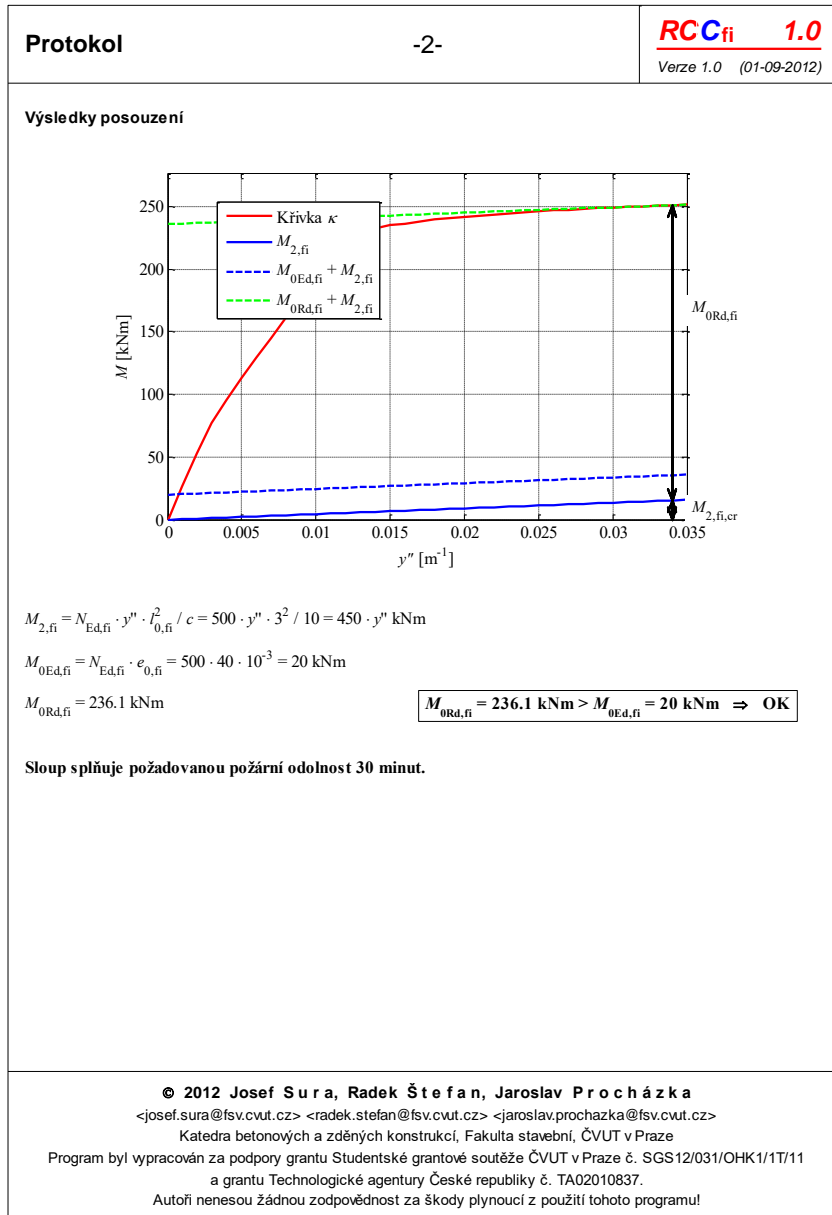
$$M_{ORd,fi} = 236.1 \text{ kNm} > M_{0Ed,fi} = 20 \text{ kNm} \Rightarrow \text{OK}$$

Teplotní profil	Protokol (strana 1)
M-y'' diagram	Protokol (strana 2)
ZPĚT DO PREPROCESORU	NOVÝ UKONČIT

Příklad protokolu - strana 1

Protokol	-1- RCCfi 1.0 Verze 1.0 (01-09-2012)
<p>Vstupy</p> <p>Rozměry</p> <p>$b = 300 \text{ mm}$, $b_w = 150 \text{ mm}$, $b_f = 75 \text{ mm}$</p> <p>$h = 500 \text{ mm}$, $h_w = 250 \text{ mm}$, $h_f = 125 \text{ mm}$</p> <p>$A_c = 112500 \text{ mm}^2$, $I_c = 2929.7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$</p> <p>$i_c = 161.4 \text{ mm}$, $l_0 = 3000 \text{ mm}$, $\lambda = 18.6$</p> <p>$\phi = 14 \text{ mm}$, počet prutů: 10</p> <p>$A_s = 1539.4 \text{ mm}^2$, $a = 40 \text{ mm}$, $d = 460 \text{ mm}$</p> <p>$a_i = [40; 95; 150] \text{ mm}$</p> <p>Zatížení</p> <p>$N_{Ed,fi} = 500 \text{ kN}$, $e_{0,fi} = 40 \text{ mm}$, $c = 10$</p> <p>Vystavení požáru (ISO křivka)</p> <p>$t = 30 \text{ min}$</p> <p>Materiály</p> <p>Beton: C25/30, $\rho_{20} = 2300 \text{ kg m}^{-3}$, $u = 1.5 \%$</p> <p>Tepelná vodivost: dolní mez dle ČSN EN 1992-1-2</p> <p>Výztuž: $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$</p> <p>Výsledky teplotní analýzy</p> <p>Teploty ve výztužných prutech</p> <p>$\theta_i = [271; 166.5; 158.9] \text{ } ^\circ\text{C}$</p>	 
<p>© 2012 Josef Sura, Radek Štefan, Jaroslav Procházka <josef.sura@fsv.cvut.cz> <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <jaroslav.prochazka@fsv.cvut.cz> Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze Program byl vypracován za podpory grantu Studentské grantové soutěže ČVUT v Praze č. SGS12/031/OHK1/1T/11 a grantu Technologické agentury České republiky č. TA02010837. Autoři nenesou žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu!</p>	

Příklad protokolu - strana 2



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.

Seznam použitých zdrojů

- [9] ČSN EN 1996-1-2. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.
- [10] Štefan, R. - Procházka, J. Temperature Analysis of Masonry Structural Members Sub-jected to Fire. In Proceedings of the International Conference on Modelling and Simulation 2010 [CD-ROM]. Prague: CTU in Prague and AMSE, 2010.
- [11] Buchanan, A. H. Structural Design for Fire Safety. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. 421 p. ISBN 978-0-471-89060-7.
- [12] Hlaváčová, I. Termokinetika [online]. [cit. 10. 6. 2010].
URL: <http://if.vsb.cz/Kontakt/-Hlavacova/termokinetika.doc>
- [13] Štefan, R. - Procházka, J. *TempAnalysis - Computer Program for Temperature Analysis of Cross Sections Exposed to Fire* [software online, manuál]. Praha: ČVUT, 2009-2010. URL: <http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad>
- [14] Štefan, R. - Beneš, M. *HygroThermAnalysis* [software online]. Praha: ČVUT, 2010.
URL: <http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad>
- [15] Štefan, R. *FiDeS - Soubor výpočetních programů pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru podle Eurokódů* [software online, manuál]. Praha: ČVUT, 2010. URL: <http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad>
- [16] Wald, F. et al. *Software ke stanovení požární odolnosti nosných konstrukcí*. 1. vyd. Praha: ČVUT v Praze, 2011. 134 s. ISBN 978-80-01-04746-0. + prezentace ke školení

Seznam použitých zdrojů

[17] Sura, J. - Štefan, R. - Procházka, J. *RCCfi - Výpočetní program pro posouzení požární odolnosti železobetonových sloupů* [software online]. Praha: ČVUT, 2012. URL: <http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad>

© Radek Štefan, Jaroslav Procházka, 2012-2021

Poslední úprava: 18. 2. 2021

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!