

133PSBZ

Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí

## Přednáška A1

ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
katedra betonových a zděných konstrukcí

# Základní informace o předmětu

[people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133PSBZ.html](http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133PSBZ.html)

- zakončení: zápočet + zkouška
- hodinová dotace 4+2 (6 kreditů)
- vyučující: **Ing. Radek Hájek, Ph.D.**  
[radek.hajek@fsv.cvut.cz](mailto:radek.hajek@fsv.cvut.cz)  
**Ing. Radek Štefan, Ph.D., FEng.**  
[radek.stefan@fsv.cvut.cz](mailto:radek.stefan@fsv.cvut.cz)  
**Ing. Martin Benýšek, Ph.D.**  
[martin.benysek@fsv.cvut.cz](mailto:martin.benysek@fsv.cvut.cz)

# Základní informace o předmětu

Obsah předmětu:

Část A:

- Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- Teplotní analýza
- Stanovení požární odolnosti betonových konstrukcí
- Stanovení požární odolnosti zděných konstrukcí

Část B:

- Mezní stavy použitelnosti
- Předpjatý beton
- Montované konstrukce
- Spřažené konstrukce (beton-beton)

# Základní informace o předmětu

## Podmínky udělení zápočtu

- aktivní účast na cvičeních, max. 2 neomluvné absence
- vypracování všech zadaných úloh
- odevzdání správně vyřešené úlohy nejpozději do dvou týdnů od zadání (správnost musí být potvrzena cvičícím)
- prokázání příslušných znalostí (v rozsahu přednášek) během konzultací se cvičícím

**Zápočet lze získat nejpozději v pátek 10. 1. 2025!**

# Základní informace o předmětu

Podmínky pro absolvování zkoušky, informace o zkoušce

- zkouška má písemnou a ústní část
- PÍSEMNÁ ČÁST: test, příklad
- ÚSTNÍ ČÁST: vyhodnocení písemné části, doplňující otázky
- zkouškové termíny budou vypsány v KOSu
- na zkoušku je nutné se přihlásit v KOSu
- podmínkou zápisu na zkoušku je udělený zápočet
- s sebou ke zkoušce:
  - psací potřeby, papíry, kalkulačka,
  - vypracované úlohy ze cvičení

# Základní informace o předmětu

## Základní literatura

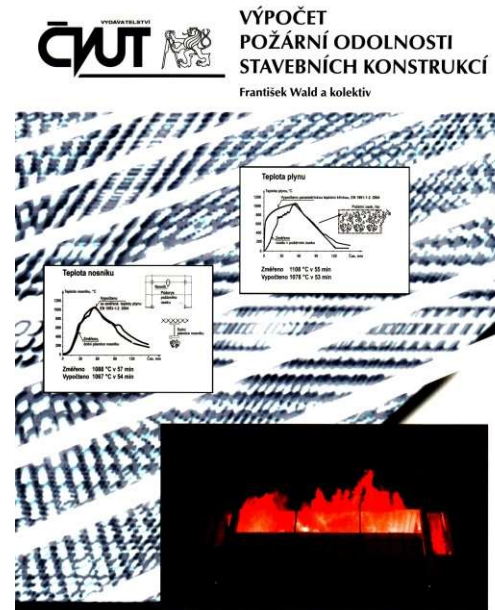
- Procházka, J., Štefan, R., Vašková, J. *Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru*. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- Wald, F. a kol. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
Fakulta stavební

NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH  
A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ  
NA ÚČINKY POŽÁRU

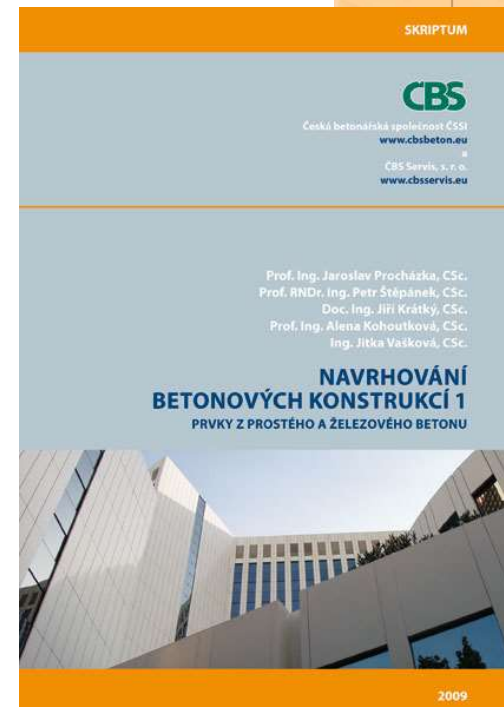
Prof. Ing. Jaroslav Procházka, CSc.  
Ing. Radek Štefan  
Ing. Jitka Vašková, CSc.



# 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.

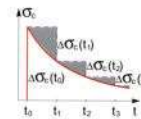
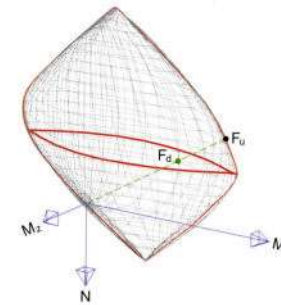


# Základní informace o předmětu

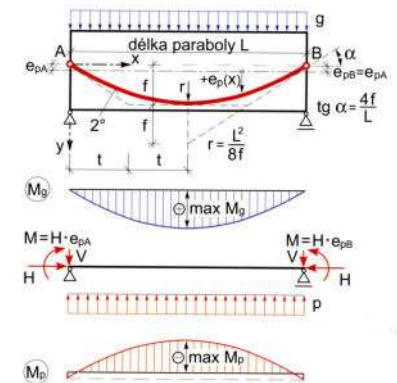
## Doporučená literatura

- Navrátil, J. *Předpjaté betonové konstrukce*. Brno: CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.

Jaroslav Navrátil



**PŘEDPJATÉ  
BETONOVÉ  
KONSTRUKCE**



AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM<sup>®</sup>, s.r.o.



# Obsah přednášky

- Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb
- Chování betonových a zděných konstrukcí při požáru

# 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.[1]**

# Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

## Požární bezpečnost staveb

Norma ČSN 73 0802 [3] 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]:

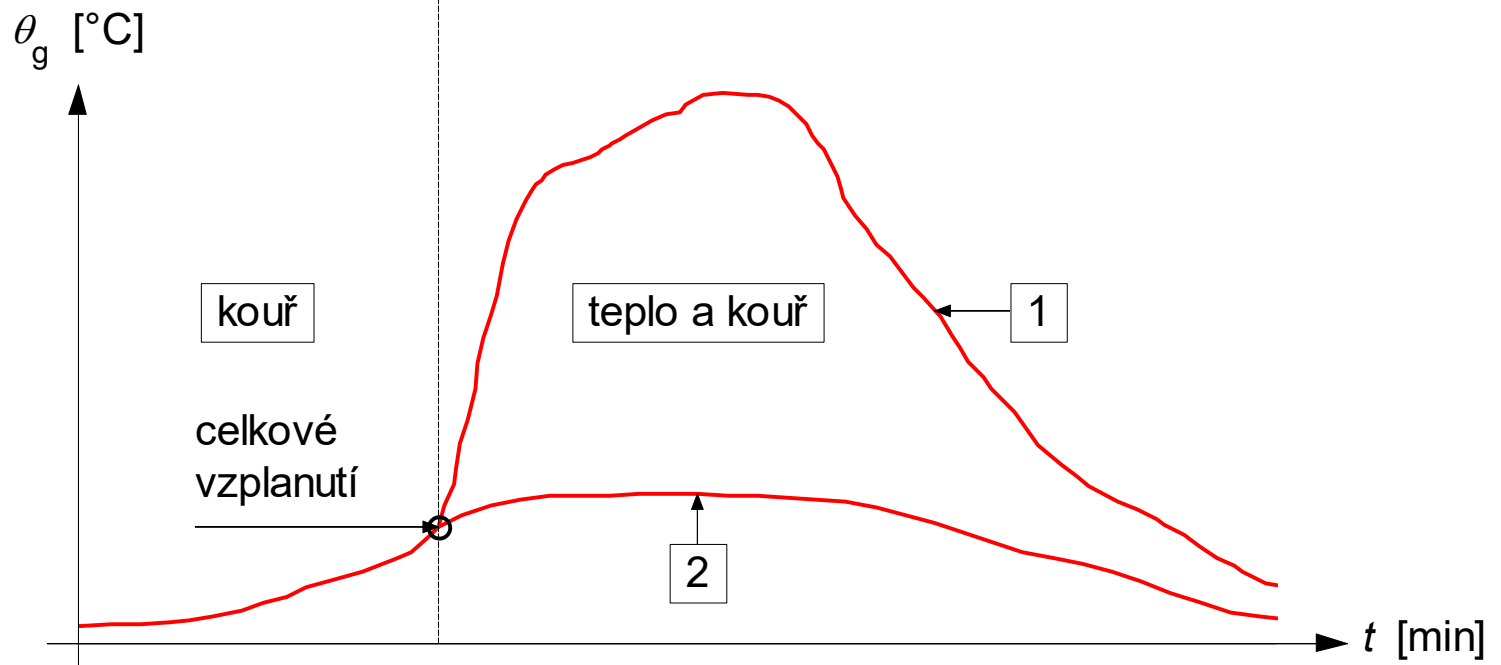
- Aktivní protipožární opatření
  - samočinná stabilní hasicí zařízení
  - zařízení dálkového přenosu informací
  - zařízení pro odvod kouře a tepla
  - elektrická požární signalizace
  - jednotky hasičského záchranného sboru
- Pasivní protipožární opatření
  - dělení na požární úseky
  - **požární odolnost 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 [3] 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

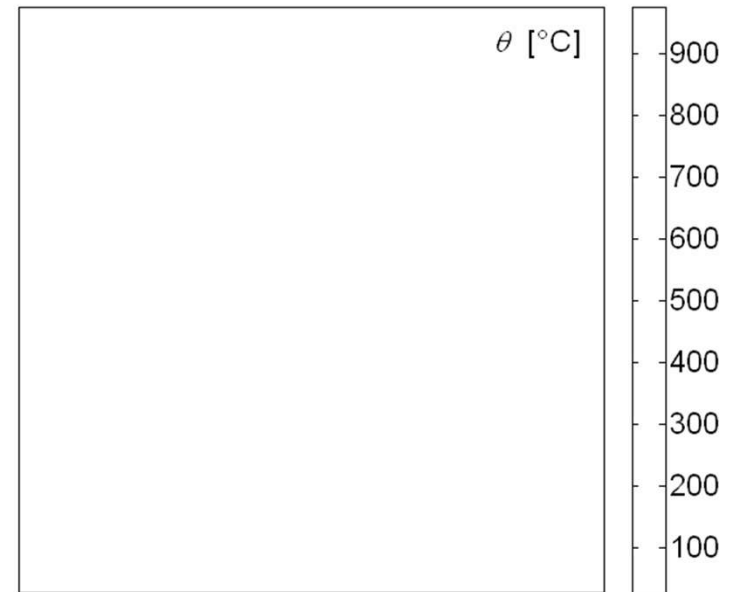
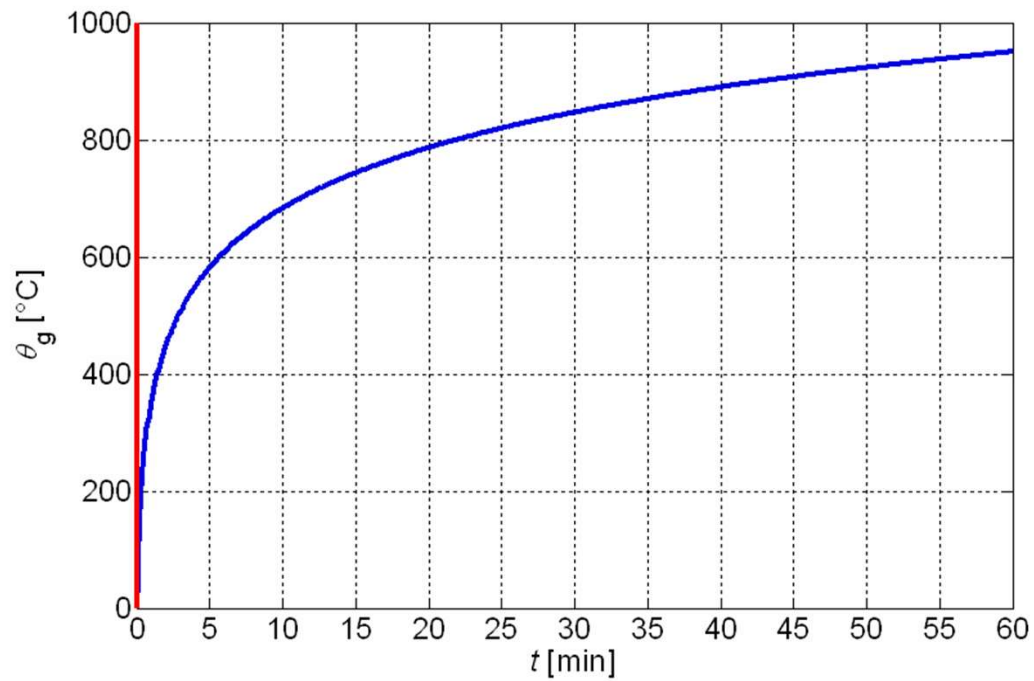
### Základní kritéria požární odolnosti

- 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.



# Teplotní analýza požárního úseku



# Teplotní analýza požárního úseku

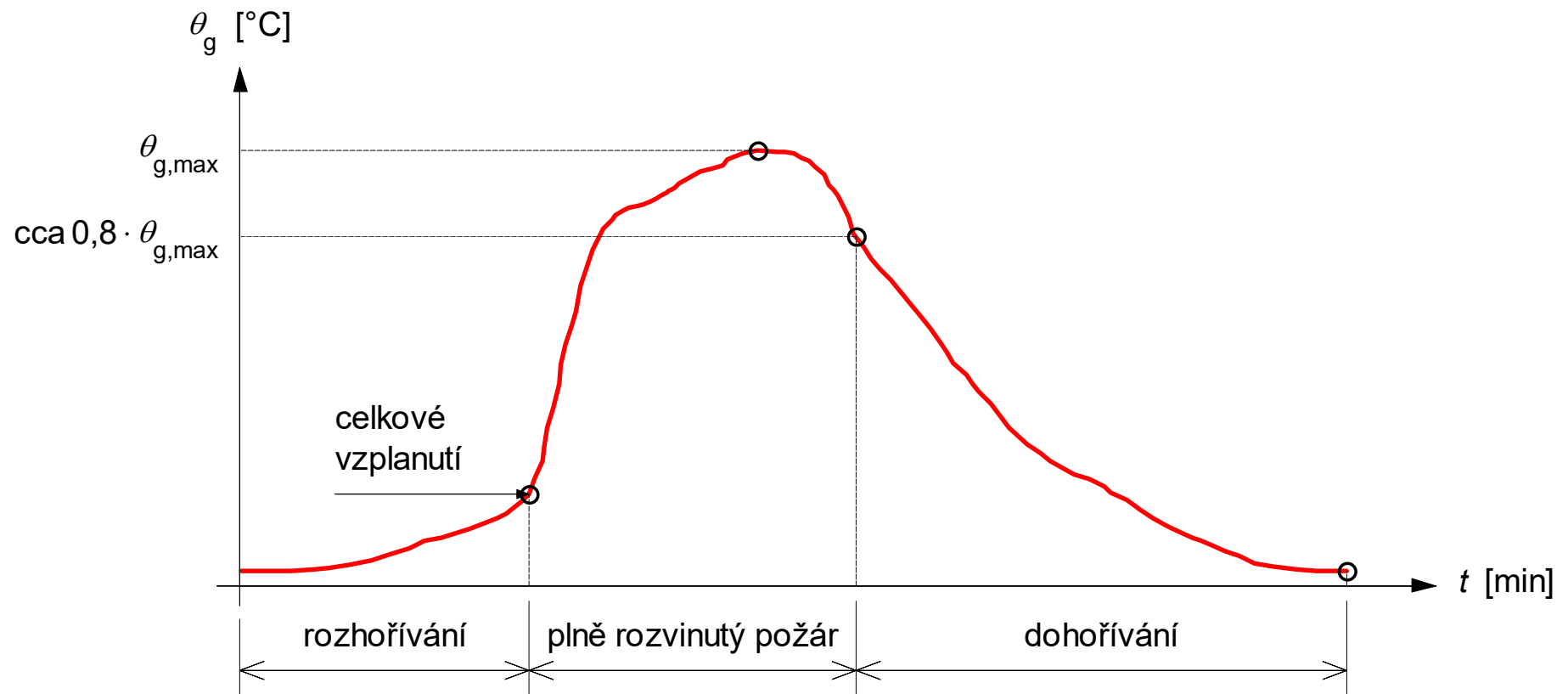
## Požární odolnost konstrukce

- 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)



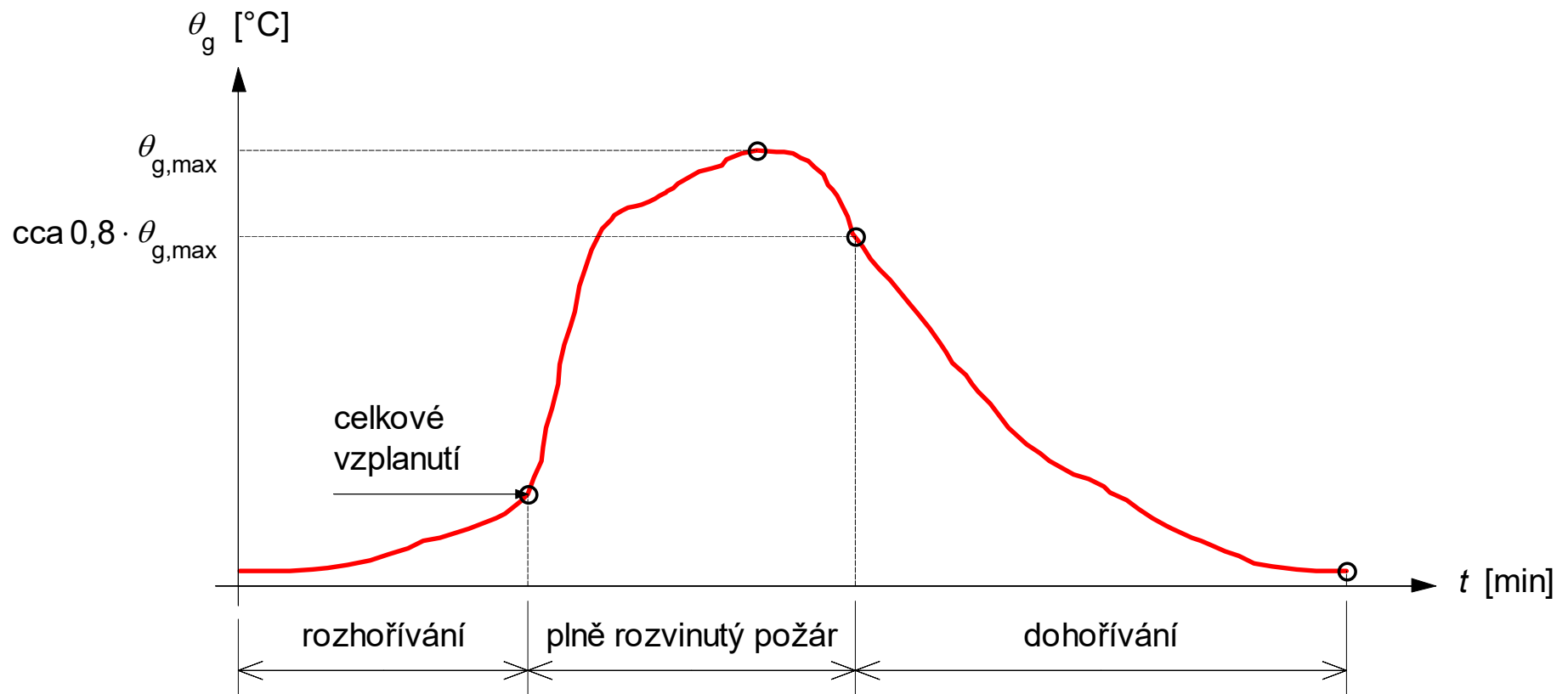
# Teplotní analýza požárního úseku

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



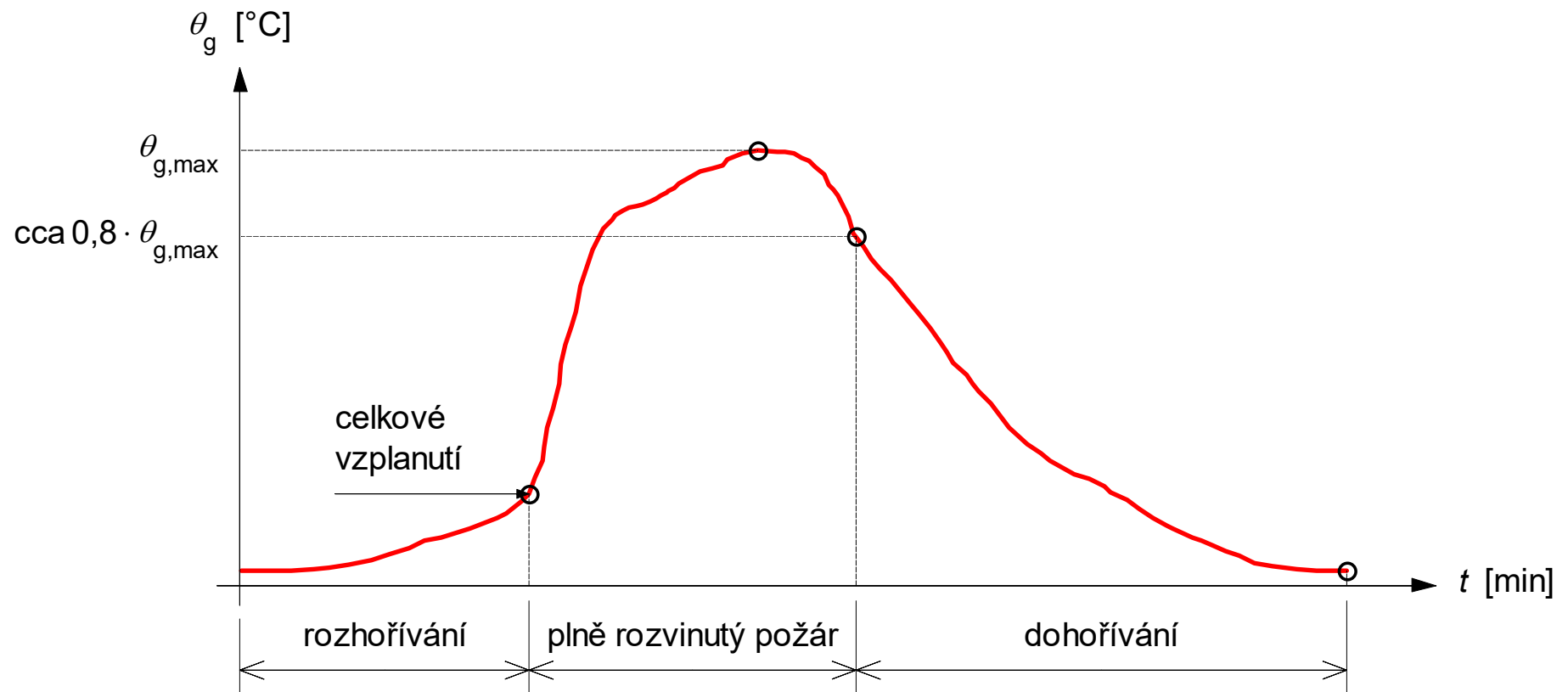
# Teplotní analýza požárního úseku

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



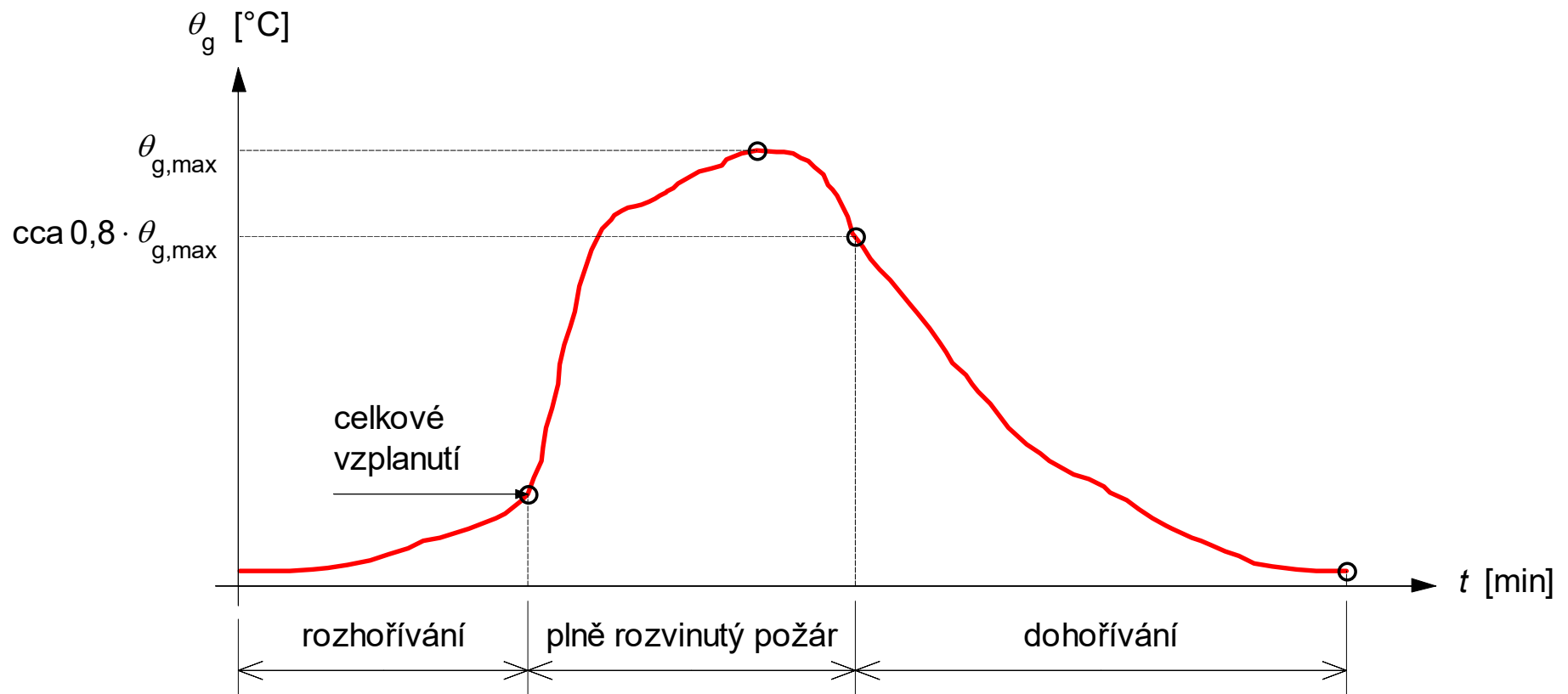
# Teplotní analýza požárního úseku

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



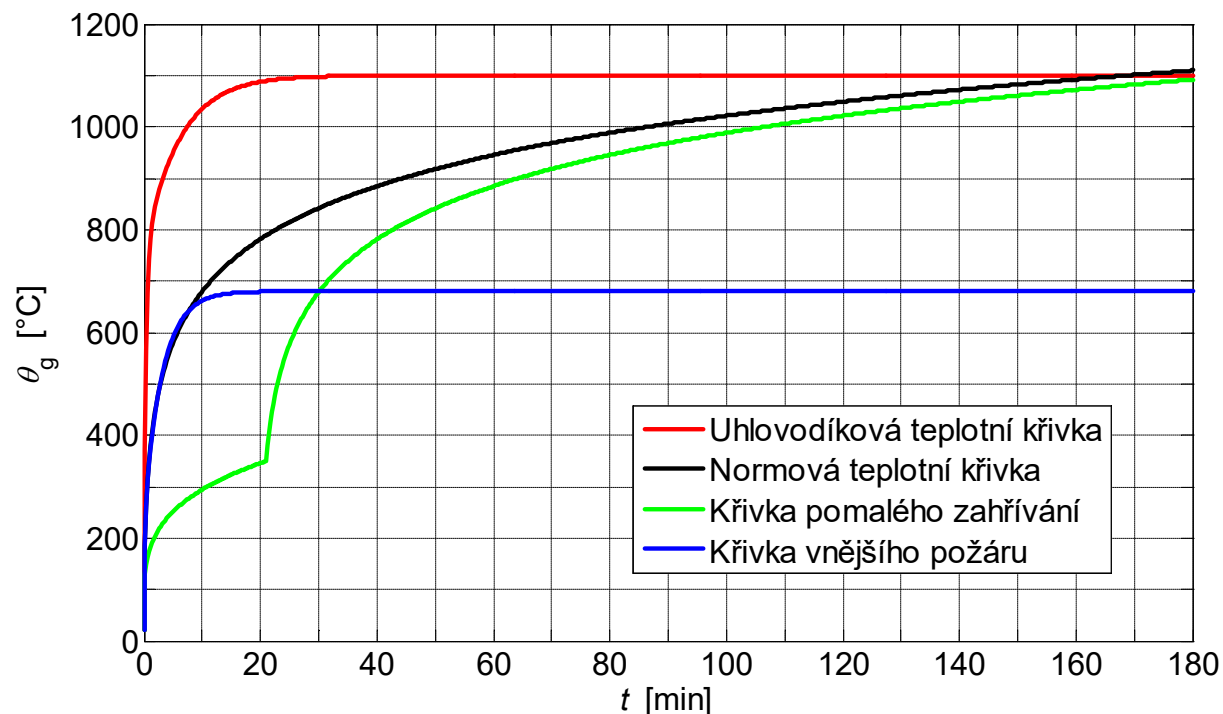
# Teplotní analýza požárního úseku

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

# Teplotní analýza požárního úseku

## Nominální teplotní křivky

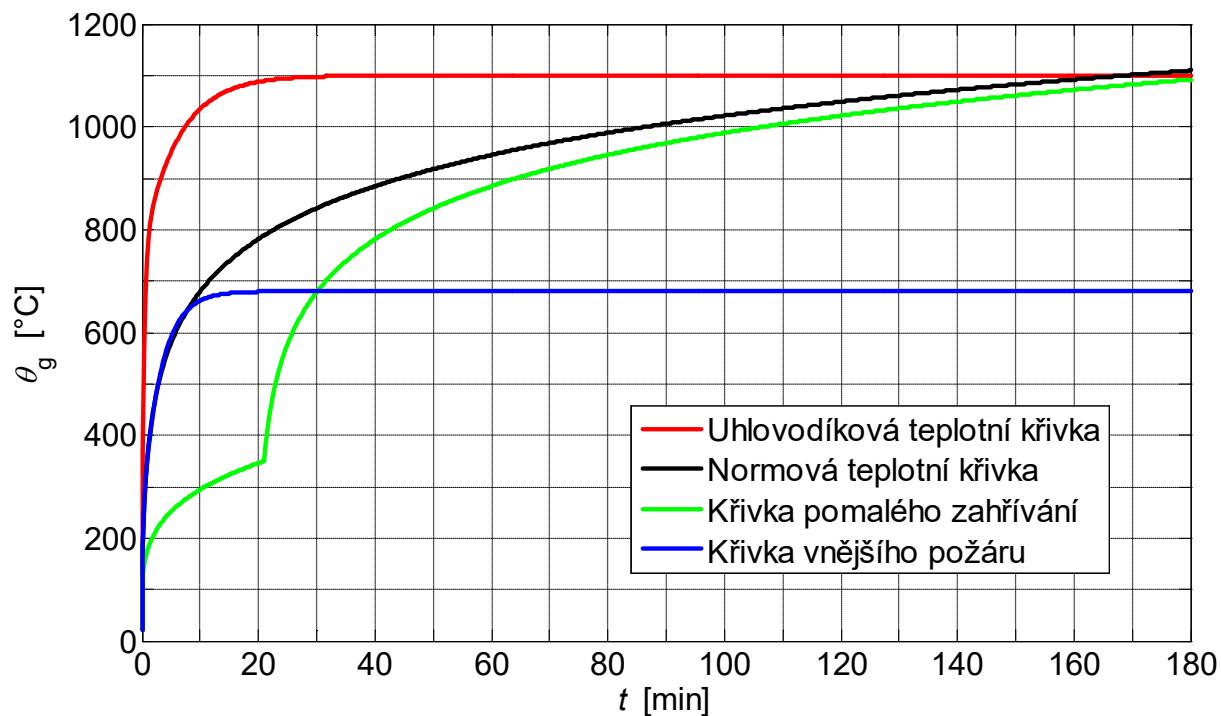
- nejjednodušší modely požáru
- definují teplotu plynů v požárním úseku pouze jako funkci času trvání požáru, popisují fázi plně rozvinutého požáru



# Teplotní analýza požárního úseku

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

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

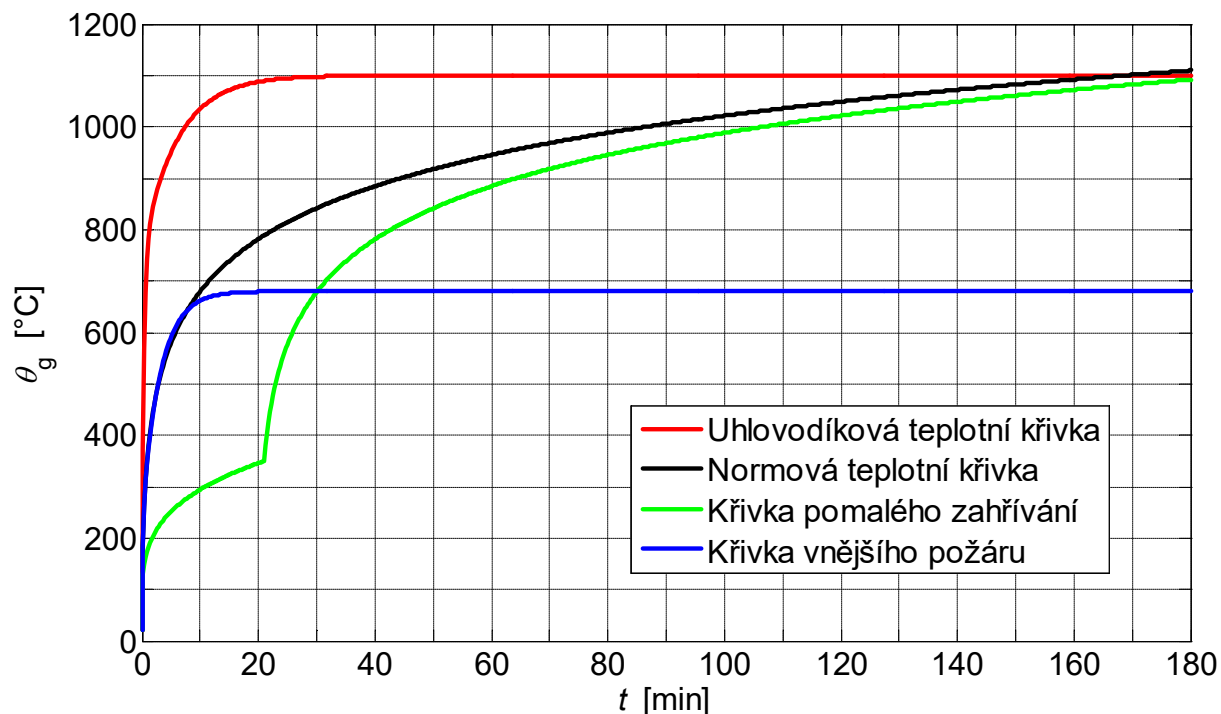


# Teplotní analýza požárního úseku

- **Křivka vnějšího požáru**

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

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



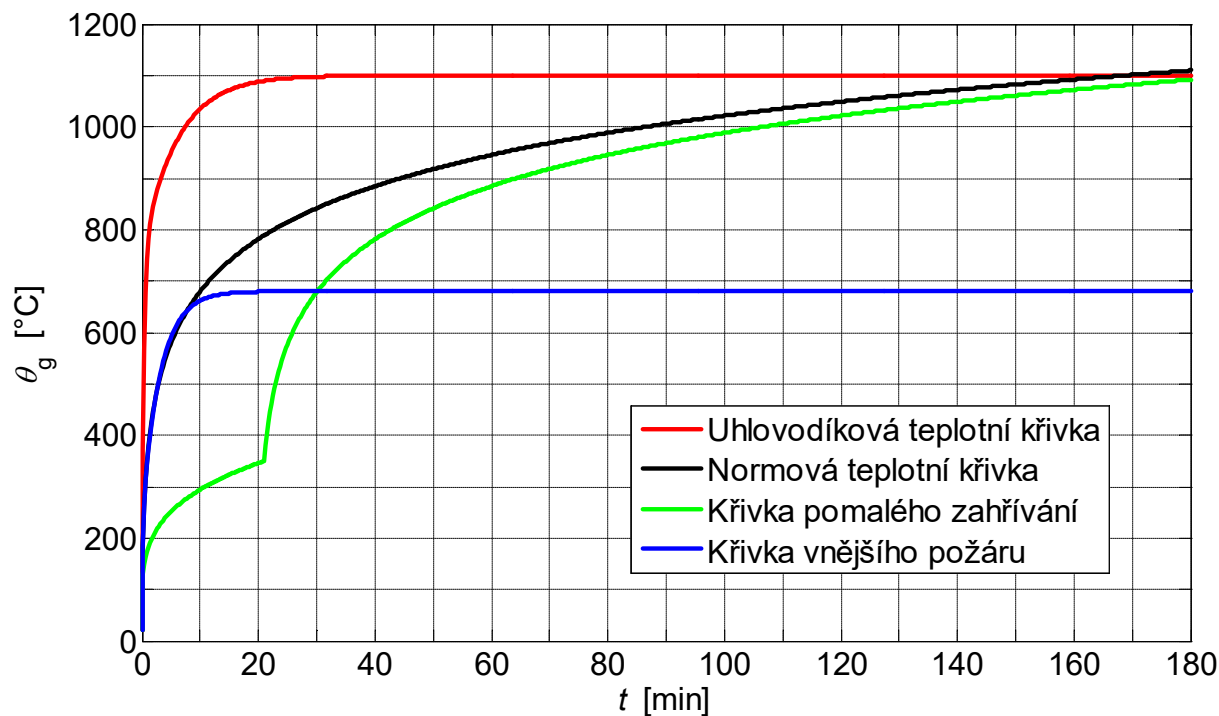


# Teplotní analýza požárního úseku

- **Uhlovodíková křivka**

- popisuje hoření ropy a ropných produktů (garáže)

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

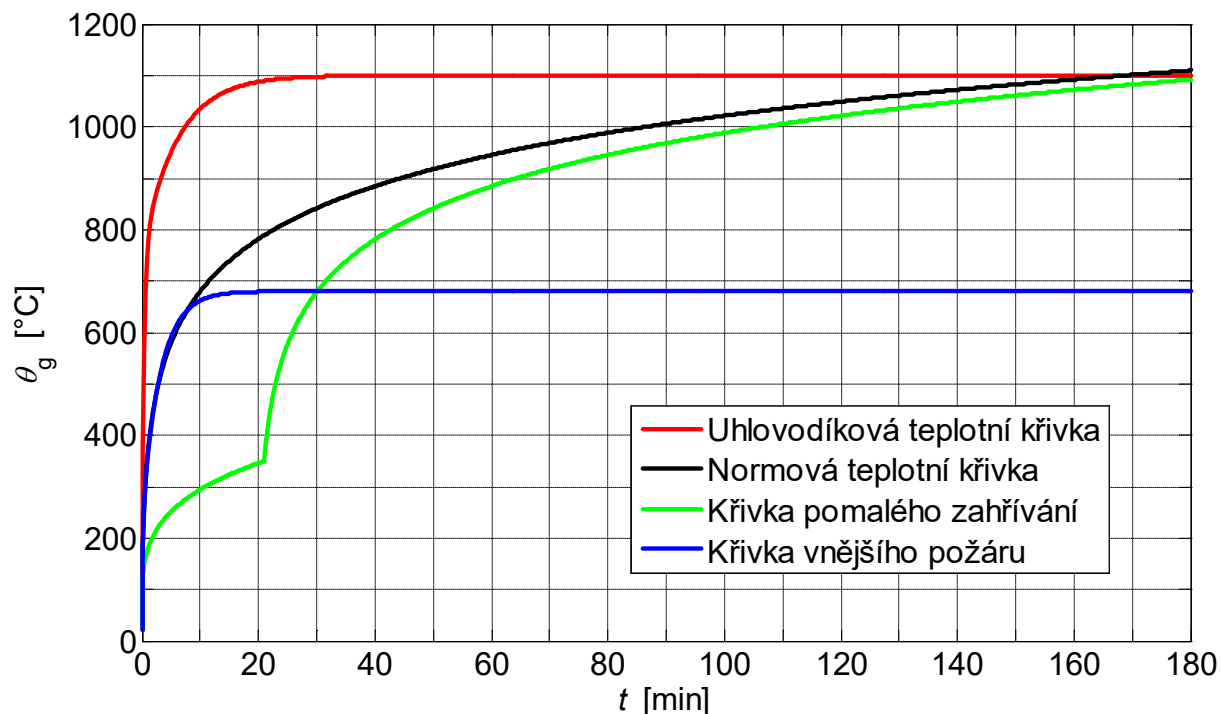


# Teplotní analýza požárního úseku

- **Křivka pomalého zahřívání**

- požáry v dutinách zdvojených podlah nebo podhledů

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



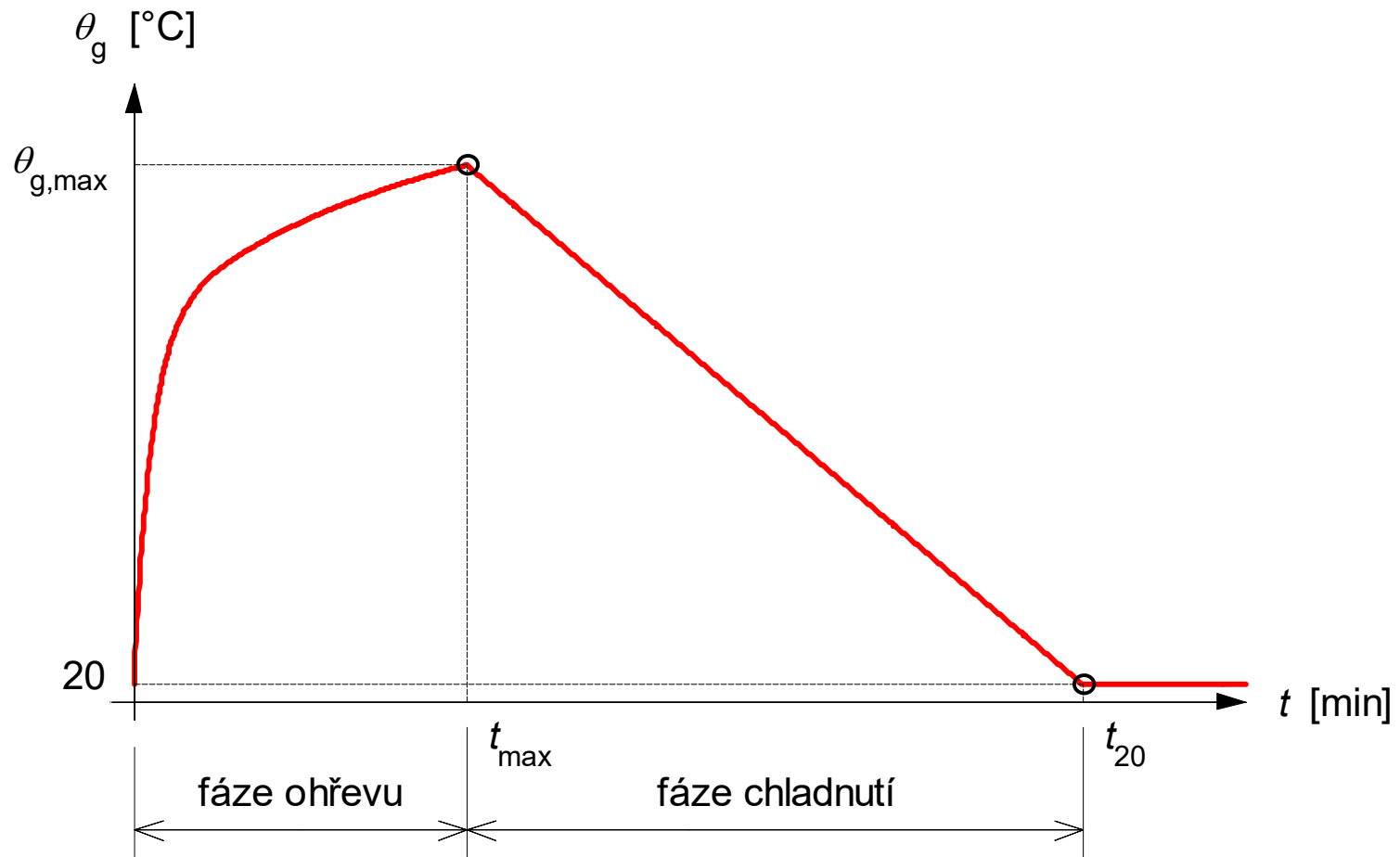
# Teplotní analýza požárního úseku

## 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

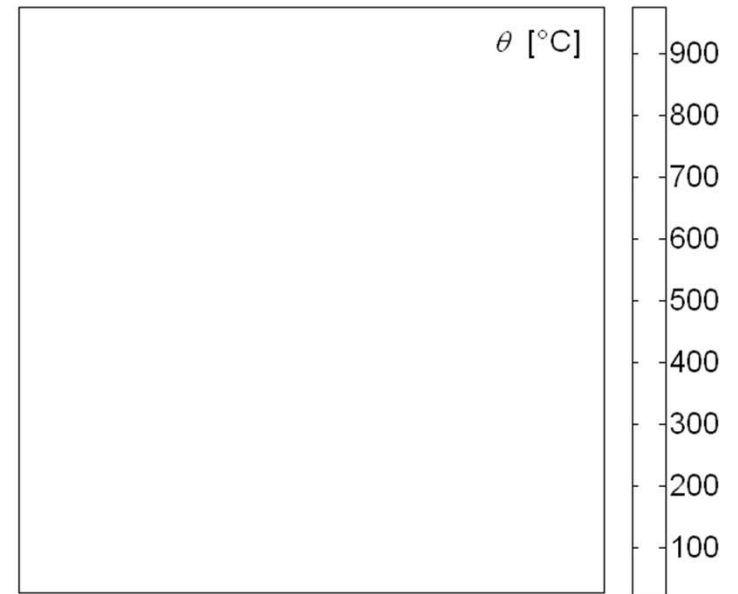
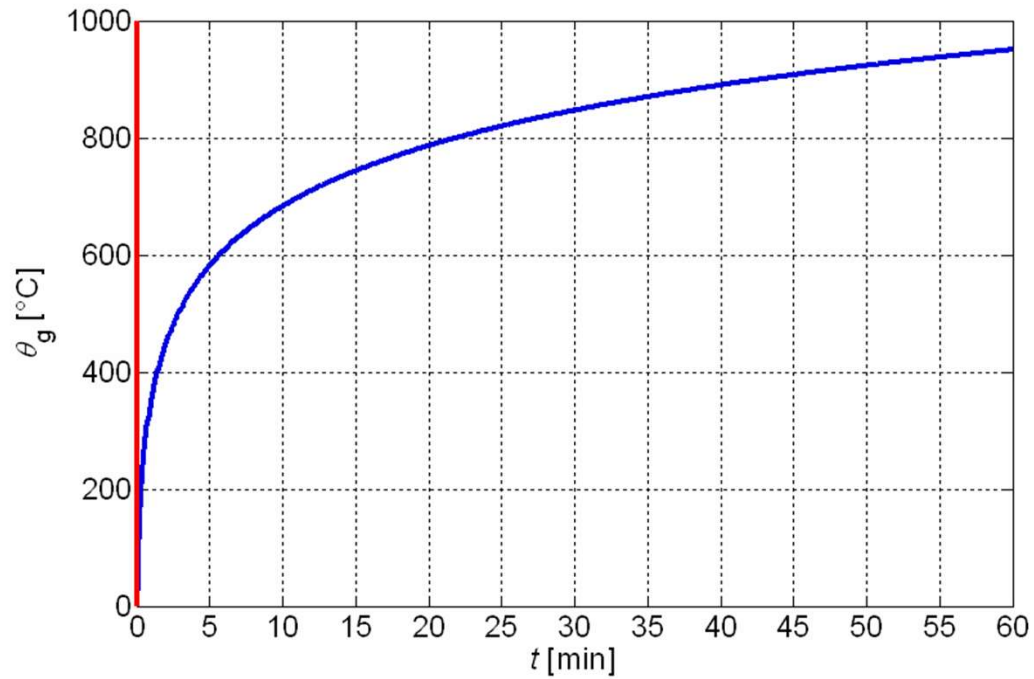


# Teplotní analýza požárního úseku

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

- Parametry vstupující do výpočtu
  - požární zatížení
  - vlastnosti ohraničujících konstrukcí ( $\rho$ ,  $c$ ,  $\lambda$ )
  - rozměry požárního úseku
  - podmínky větrání (plochy a rozměry otvorů)

# Teplotní analýza konstrukce



**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!