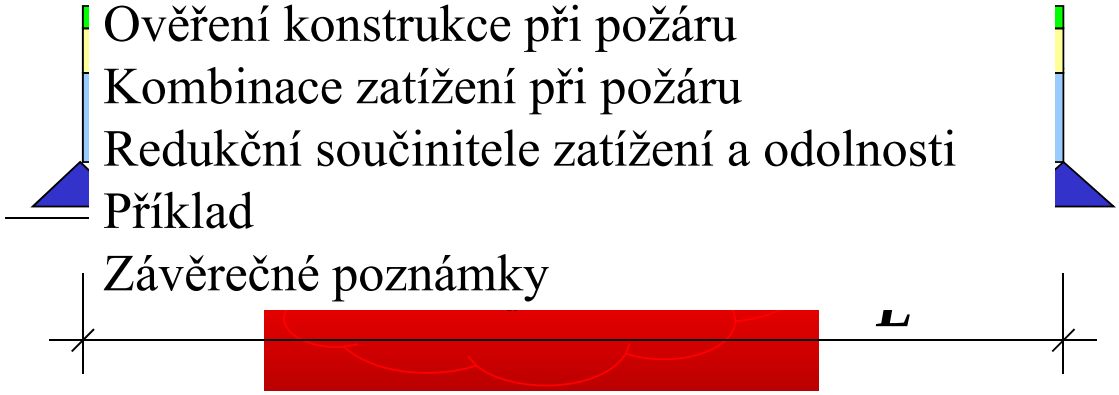
Zatížení existujících konstrukcí při požáru

Milan Holický, KÚ ČVUT

Evropské dokumenty pro požární bezpečnost
Ověření konstrukce při požáru
Kombinace zatížení při požáru
Redukční součinitele zatížení a odolnosti
Příklad
Závěrečné poznámky



Evropské dokumenty pro požární bezpečnost staveb

Směrnice rady 89/106/EHS (CPD) – Hlavní požadavek 2:

- po určitou dobu zachována odolnost,
- omezeno šíření požáru v objektu
- omezeno šíření na sousední objekty
- bezpečnost osob
- bezpečnost záchranných jednotek

EN 1991-1-2 Zatížení konstrukcí - Zatížení konstrukcí vystavených požáru, DAV: 2002-11-20

ČSN P ENV 1991-2-2 Zásady
ČSN P ENV 1992-2-2 Beton
ČSN P ENV 1993-2-2 Ocel
ČSN P ENV 1994-2-2 Spřažené

ČSN 73 0802, ČSN 73 0802 a navazujících 21 norem

Ověření konstrukce při požáru

Požár - mimořádná návrhová situace

tepelné zatížení (teplotní křivky): - nominální (normové)
- parametrické fyzikální)

Ověření časového vývoje odolnosti:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,d,\,requ}$$

Ověření odolnosti v čase *t*:

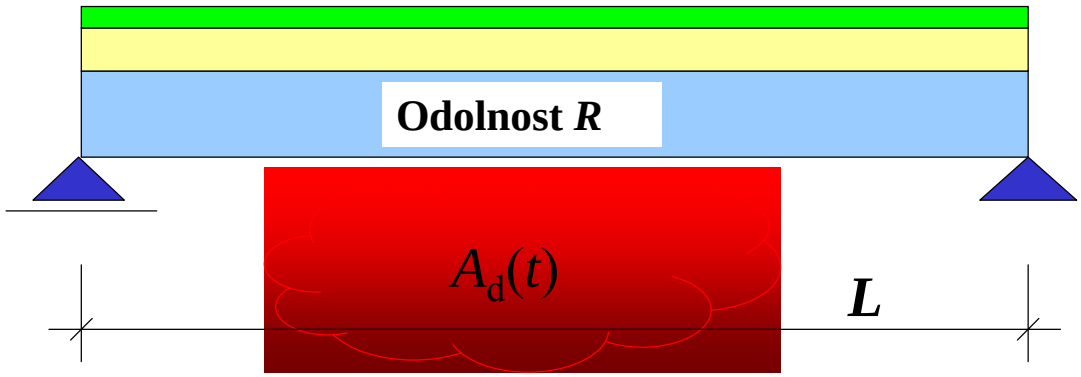
$$\boldsymbol{R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}}$$

Ověření teploty materiálu:

$$\Theta_d \leq \Theta_{cr,d}$$

Mimořádná návrhová situace při požáru

$$\boldsymbol{E_{d,fi,t} \sim \gamma_G G_k + (\psi_{1,1}\text{nebo } \psi_{2,1})\, Q_k + A_d(t)}$$



Požární namáhání $A_d(t)$ od $q_{d,f} = q_{fk}\, m\, \gamma_{q1}\ \gamma_{q2}\ \gamma_n$

$$\boldsymbol{k_\theta R_d > E_{fi,d,t}}$$

Kombinace zatížení

Kombinace pro mimořádnou situaci podle (6.11) v EN 1990

$$\sum G_{k,j} + (\psi_{1,1} \text{nebo } \psi_{2,1})\, Q_{k,1} + \sum \psi_{2,j}\, Q_{k,j}$$

Kombinace pro dvě zatížení *G* a *Q*:

$$E_{fi,d,t} = \gamma_G\, G_k + (\psi_{1,1} \text{nebo } \psi_{2,1})\, Q_k$$

- redukce zatížení při zjednodušeném postupu

$$E_{fi,d,t} = \eta_{fi}\, E_d$$

kde η_{fi} je redukční součinitel zatížení

Kombinace při normální teplotě - zjednodušení pro *G* a *Q*:

- podle (6.10) v EN 1990

$$E_d = \gamma_G\, G_k + \gamma_Q\, Q_k$$

- podle (6.10a) a (6.10b) v EN 1990 větší z hodnot

$$E_d = \gamma_G\, G_k + \gamma_Q \psi_0 Q_k \quad \text{a} \quad E_d = \xi\, \gamma_G\, G_k + \gamma_Q\, Q_k$$

Redukční součinitele zatížení

Pro zatížení E_d podle vztahu (6.10) v EN 1990

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{E_d} = \frac{G_k + \psi_{2,1} Q_{k,1}}{\gamma_G\, G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

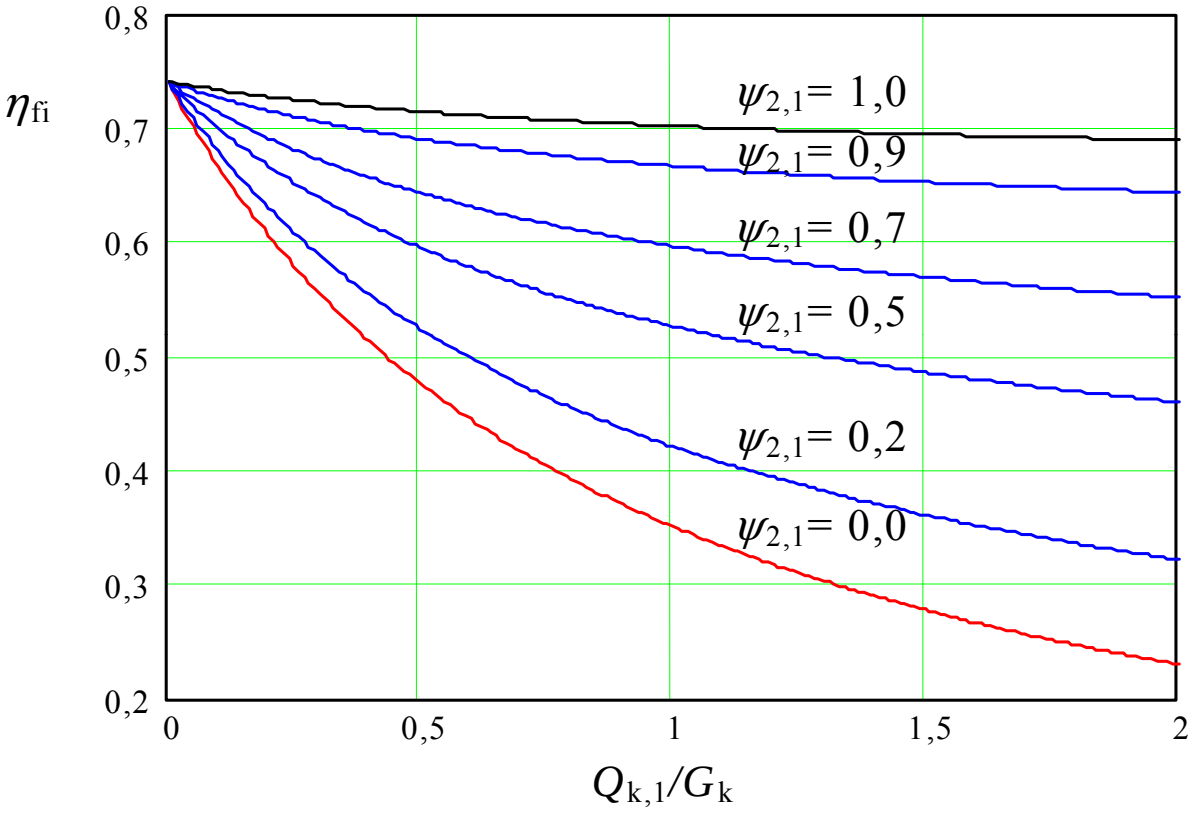
Pro zatížení E_d podle vztahů (6.10a) a (6.10b) v EN 1990

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{E_d} = \frac{G_k + \psi_{2,1} Q_{k,1}}{\gamma_G\, G_k + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}}$$

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{E_d} = \frac{G_k + \psi_{2,1} Q_{k,1}}{\xi \gamma_G\, G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

Redukční součinitel

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{E_d} = \frac{G_k + \psi_{2,1} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$



Redukční součinitel odolnosti

Redukce odolnosti v čase *t* podle EN 1992 až 1996 a 1999

$$R_{fi,d,t} = \eta_{fi,t} \; R_d$$

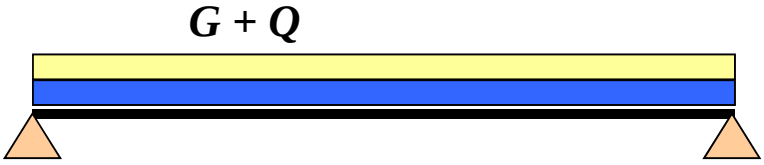
Podmínka nosné způsobilosti podle EN 1991-1-2

$$\eta_{fi,t} R_d \geq \eta_{fi} E_d$$

Konstrukce vyhovuje pokud

$$\eta_{fi,t} \geq \eta_{fi}$$

Příklad



$G_k = 20$ kN/m^2, $Q_k = 25$ kN/m^2, $L = 8$ m, $f_{yk} = 235$ Mpa, $\gamma_M = 1.1$

$M_d = 1/8\ (1.35\ G_k + 1.5\ Q_k)\ L^2 = 516$ kNm $\Rightarrow$ W=2415.7$\Rightarrow$ IPE 550

$R_d = 2475 \times 235 / 1.1 = 529$ kNm

Při požáru: $\Gamma = 1$, $b = 1160$ J / (m^2 s$^{1/2}$ K), $A_t/A_f = 4$

$M_{fi,d} = 1/8\ (G_k + \psi_{1,1}\ Q_k)\ L^2 = 260$ kNm

$\Rightarrow$ navržený nosník vyhoví při úrovni zatížení

$\eta_{fi,t} = M_{fi,d} / R_d = 260/529 = 0.49 \Rightarrow \Theta_{a,crit} = 588$ °C (ENV 1993-1-2)

$t = 6$ minut $\Rightarrow$ požární zatížení na jedn. plochy $q_{f,max} = 123$ MJ/m^2

Závěrečné poznámky

1. EN 1991-1-2 umožňuje redukci proměnných zatížení součinitelem ψ_1 (časté hodnoty) nebo ψ_2 (kvazistálé hodnoty).
2. V NP se doporučuje redukce součinitelem ψ_2 (kvazistálé hodnoty), je-li vítr hlavní pak součinitelem ψ_1 (časté hodnoty).
3. Teplotní změny při požáru se projeví změnami materiálových vlastností a jako nepřímá zatížení od teplotních změn.
4. V běžných případech se umožňuje ověření odolnosti konstrukce na základě redukčních součinitelů zatížení.