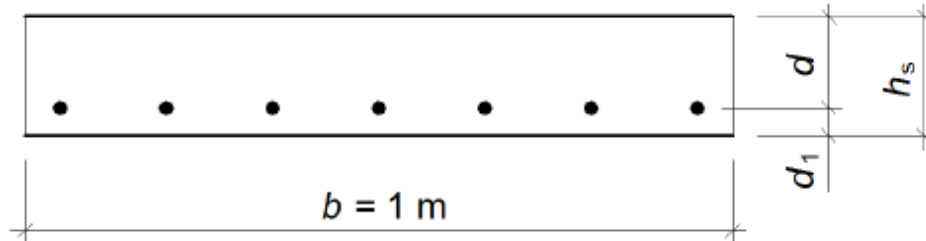


Doska proste podopretá

STN EN 1992-1-2 Navrovanie kontrukcií na účinky požiariu
podľa príkladu 2.1 od Radeka Stefana (skolenie SKSI 14.12.2009)



Vstupné údaje:

rozpätie $l =$		3,00 m
hrúbka $h_s =$		0,12 m
vlastná tiaž dosky $g_0 =$	$h_s * 25,0$	$= 3,00 \text{ kN/m}^2$
stále pritazenie dosky $g_1 =$		$4,30 \text{ kN/m}^2$
stále zatazenie $g_k =$	$g_0 + g_1$	$= 7,30 \text{ kN/m}^2$
premenné zatazenie $q_k =$		$5,00 \text{ kN/m}^2$
pozadovaná požiarna odolnosť REI:		90
stupen vplyvu prostredia:		XC1
návrhová životnosť:		50 rokov

Beton =	GEW("Beton/EC"; Bez;)	=	C25/30
$f_{ck} =$	TAB("Beton/EC"; fck; Bez=Beton)	=	25,00 N/mm ²
Ocel =	GEW("reinf/steel"; Name;)	=	500 S
$f_{yk} =$	TAB("reinf/steel"; β_s ; Name=Ocel)	=	500 N/mm ²

Súčinitele bezpečnosti (platí pri 20°C):

$\gamma_c =$	1,50
$\gamma_s =$	1,15
$\gamma_G =$	1,35
$\gamma_Q =$	1,50

Redukčný súčiniteľ (Tabulka A1.1 normy STN EN 1990):

pre obchodné priestory platí $\psi_{2,1} = 0,6$

Návrh za beznej teploty podľa STN EN 1992-1-1:

súčiniteľ uzavazujúci dlhodobé účinky na tlakovú pevnosť betónu $\alpha_{cc} =$		1,0
$f_{cd} =$	$\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$	$= 16,7 \text{ N/mm}^2$
$f_{ctm} =$	TAB("Beton/EC"; fctm; Bez=Beton)	$= 2,6 \text{ N/mm}^2$
$\epsilon_{cu,3} =$		$3,5 * 10^{-3}$
$\eta =$		1,0
$\lambda =$		0,8

$f_{yd} =$	$f_{yk} / \gamma_s = 434,8 \text{ N/mm}^2$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	
$\epsilon_{yd} =$	f_{yd} / E_s	$= 2,174 * 10^{-3}$
$\xi_{bal,1} =$	$\epsilon_{cu,3} / (\epsilon_{cu,3} + \epsilon_{yd})$	$= 0,617$

Návrhová hodnota momentu od zatazenia:

$$m_{Ed} = (\gamma_G * g_k + \gamma_Q * q_k) * l^2 / 8 = 19,5 \text{ kNm / m}$$

Krytie hlavnej nosnej výstuže:

$$\text{predpokladaný priemer hl. výstuže } d_s = 10 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

$$c_{\text{min}} = \text{MAX}(c_{\text{min,b}}; c_{\text{min,dur}} + \Delta c_{\text{dur,y}} - \Delta c_{\text{dur,st}} - \Delta c_{\text{dur,add}}; 10\text{mm})$$

$$c_{\text{min,b}} = d_s = 10 \text{ mm}$$

Stupen vplyvu prostredia XC1, konstrukcia patrí do triedy S4, pre betón \geq C25/30 je možné znížiť zatriedenie o jednu triedu, pre dosky o ďalšiu triedu, takže konečné zatriedenie je S2.

$$\text{pre XC1 a S2 je } c_{\text{min,dur}} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{ostatné } \Delta c_{\text{dur}} = 0$$

$$c_{\text{min}} = \text{MAX}(c_{\text{min,b}}; c_{\text{min,dur}}; 10) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{prídavok na návrhovú odchylku uvažujeme } \Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{zvolené krytie betónom } c = \underline{20 \text{ mm}}$$

$$d_1 = c + 0,5 \cdot d_s = 25 \text{ mm}$$

$$d = h_s - (0,001 \cdot d_1) = 0,095 \text{ m}$$

$$\text{z návrhu vychádza } a_{s,\text{req}} = 509 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{m}$$

Navrhujeme $\varnothing 10/150\text{mm}$

$$\text{zvolená výstuž } a_{s,\text{prov}} = 524 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{m}$$

Kontrola vystuzenia:

$$\text{statická šírka prierezu } b = 1,0 \text{ m}$$

$$a_{s,\text{min}} = \text{MAX}(0,26 \cdot f_{\text{ctm}} \cdot b \cdot d / f_{\text{yk}}; 0,0013 \cdot b \cdot d) = 128 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$a_{s,\text{min}} / a_{s,\text{prov}} = \underline{0,24 < 1}$$

Maximálna osová vzdialenosť hlavnej nosnej výstuže:

$$s_{\text{max,slab}} = \text{MIN}(2 \cdot h_s \cdot 1000; 250) = 240 \text{ mm}$$

$$s_{\text{prov}} = 150 \text{ mm}$$

$$s_{\text{prov}} / s_{\text{max,slab}} = \underline{0,63 < 1}$$

Posúdenie za beznej teploty:

$$x = a_{s,\text{prov}} \cdot f_{\text{yd}} / (b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{\text{cd}}) = 0,017 \text{ m}$$

$$\xi = x / d = 0,179$$

$$\xi_{\text{bal,1}} = 0,617$$

$$\xi / \xi_{\text{bal,1}} = \underline{0,29 < 1}$$

$$m_{\text{Rd}} = a_{s,\text{prov}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot 10^3 \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 20,1 \text{ kNm / m}$$

$$m_{\text{Ed}} / m_{\text{Rd}} = \underline{0,97 < 1}$$

Posúdenie požiarinej odolnosti:**a) Overenie splnenia tabulkových hodnot**

Tabuľka 5.8 – Najmenšie rozmery a osové vzdialenosti výstuže od povrchu pre železobetónové a predpäté prsto podoprené betónové dosky nosné v jednom a v dvoch smeroch

Normalizovaná požiarna odolnosť	Najmenšie rozmery (mm)			
	hrúbka dosky h_s (mm)	osová vzdialenosť výstuže a		
		nosné v jednom smere	nosné v dvoch smeroch	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
1	2	3	4	5
REI 30	60	10 ^{a)}	10 ^{a)}	10 ^{a)}
REI 60	80	20	10 ^{a)}	15 ^{a)}
REI 90	100	30	15 ^{a)}	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

l_x a l_y sú rozpätia dosky nosné v dvoch smeroch (vzájomne kolmých), kde l_y je väčšie rozpätie.
Pri predpätých doskách sa má osová vzdialenosť výstuže od povrchu zväčšiť podľa 5.2(5).
Osová vzdialenosť a v stĺpcoch 4 a 5 pre dosky nosné v dvoch smeroch sa vzťahuje na dosky podopreté po celom obvode. V ostatných prípadoch sa majú považovať za dosky nosné v jednom smere.
^{a)} Obvykle rozhoduje krycia vrstva požadovaná v EN 1992-1-1.

Hodnoty odcítané z tabuľky pre dosky nosné v jednom smere:

$$h_{s,min} = 100 \text{ mm}$$

$$h_{s,min} / (1000 \cdot h_s) = \underline{0,83 < 1}$$

VYHOVUJE

$$a_{min} = 30 \text{ mm}$$

$$\text{osová vzdialenosť od povrchu } a = d_1 = 25 \text{ mm}$$

$$a_{min} / a = \underline{1,20 < 1}$$

NEVYHOVUJE

Redukčný súčiniteľ pre kombináciu zatažený podľa vzťahu (2.5) normy STN EN 1992-1-2:

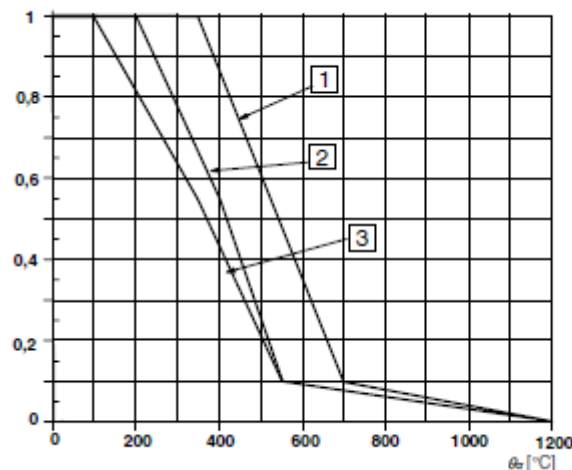
$$\eta_{fi} = (g_k + \psi_{2,1} \cdot q_k) / (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) = 0,593$$

Napätie vo výstuži:

$$\sigma_{s,fi} = (\eta_{fi} \cdot f_{yk} / \gamma_s) \cdot (a_{s,req} / a_{s,prov}) = 250,4 \text{ N/mm}^2$$

Stanovenie redukčného súčiniteľa $k_s(\Theta_{cr})$ pre odcítanie z grafu na Obrázku 5.1 normy STN EN 1992-1-2:

$$k_s(\Theta_{cr}) = \sigma_{s,fi} / f_{yk} = 0,501$$

 $k_s(\Theta_{cr}), k_s(\Theta_{cr})$ 

krivka 1: betonárska oceľ

krivka 2: predpínacia oceľ (tyče EN 10138-4)

krivka 3: predpínacia oceľ (drôty a laná EN 10138 -2, -3)

Kritická teplota sa odcítá z horného grafu ($\cong 540^{\circ}\text{C}$), alebo sa vypočíta pomocou referenčných vzťahov, ktoré definované pre dané rozpätie $500^{\circ}\text{C} < \Theta \leq 700^{\circ}\text{C}$ nasledovne:

$$\Theta_{cr} = 500 + 200 / 0,5 * (0,61 - (\sigma_{s,fi} / f_{yk})) = 544^{\circ}\text{C}$$

Podľa odstavca 5.2 (8) pre $350^{\circ}\text{C} < \Theta_{cr} \leq 700^{\circ}\text{C}$ je možné upraviť osovú vzdialenosť výstuže od povrchu betónu podľa vzťahu:

$$a_{min,red} = a_{min} + 0,1 * (500 - \Theta_{cr}) = 25,60 \text{ mm}$$

$$a_{min,red} / a = 1,02 < 1$$

NEVYHOVUJE

Na základe tabulkového posúdenia je možné konstatovať, že doska **nesplňuje** požadovanú požiarnu odolnosť **REI 90**.

b) Posúdenie metódou izotermy 500°C

Kontrola možnosti použitia metódy izotermy podľa Tabulky B.1:

Tabuľka B.1 – Minimálna šírka prierezu ako funkcia požiarnej odolnosti (pre vystavenie normalizovanému požiaru) a hustoty požiarneho zatáženia (pre vystavenie parametrickému požiaru)

a) požiarna odolnosť

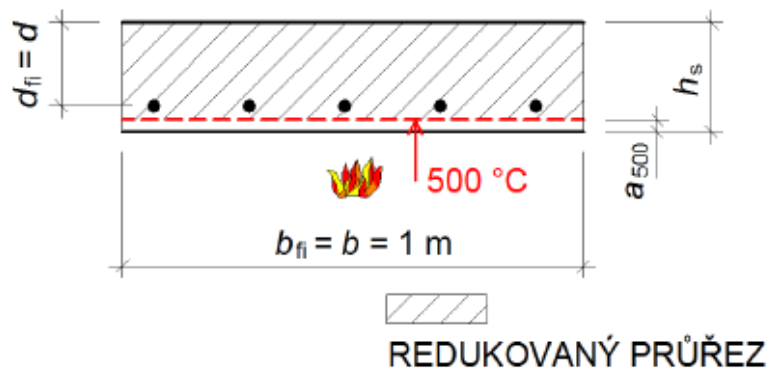
Požiarňa odolnosť	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
Minimálna šírka prierezu v mm	90	120	160	200	280

hodnota odcítaná z tabuľky B.1 $h_{min,B.1} = 120 \text{ mm}$

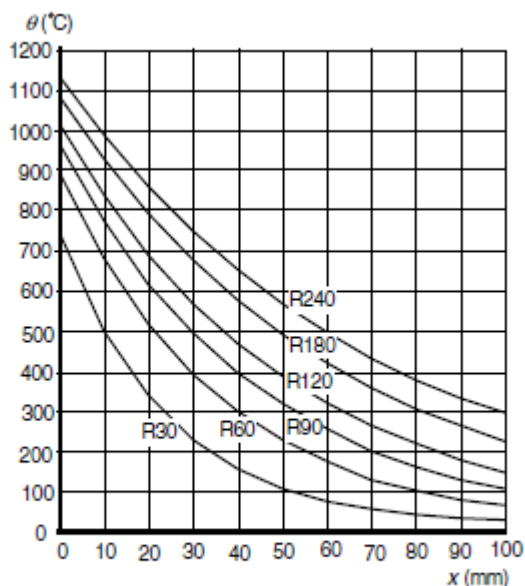
$$h_{min,B.1} / (1000 * h_s) = 1,0 < 1$$

VYHOVUJE, metodu izotermy 500°C je možné použiť

a)



V danom prípade, keď požiari je vystavená spodná, tahaná časť prierezu sa teplota v osi betonárskej výstuže odcíta z grafu A.2:

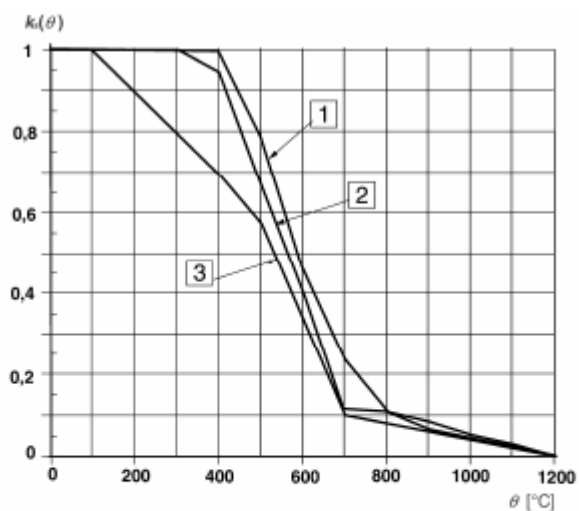


x je vzdialenosť od vystaveného povrchu

Obrázok A.2 – Teplotné profily dosiek (výška $h = 200$) pre R 60 až R 240

pre hodnotu $x = a = 25$ mm
pri R90 sa odcíta hodnota $\Theta_s = 560$ °C

Redukčný súčiniteľ pevnosti výstuže sa určí buď odcítaním z grafu 4.2a normy alebo interpolovaním z tabuľky 3.2a normy STN EN 1992-1-2:



krivka 1: ťahová výstuž (valcovaná za tepla) pri pomernom pretvorení $\varepsilon_{s,t} \geq 2\%$
krivka 2: ťahová výstuž (tvarovaná za studena) pri pomernom pretvorení $\varepsilon_{s,t} \geq 2\%$
krivka 3: tlaková a ťahová výstuž pri pomernom pretvorení $\varepsilon_{s,t} < 2\%$

Obrázok 4.2a – Súčiniteľ $k_s(\theta)$ pre redukciiu charakteristickej pevnosti (f_k) ťahovej a tlakovej výstuže (trieda N)

pre danú teplotu odcítaná hodnota red. súčiniteľa $k_s(\Theta) = 0,594$
súčiniteľ bezpečnosti pre bet. výstuž pri požiari $\gamma_{s,fi} = 1,0$
 $f_{yd,fi} = 0,594 \cdot f_{yk} / \gamma_{s,fi} = 297,0$ N/mm²

súčiniteľ bezpečnosti pre betón pri požiari $\gamma_{c,fi} = 1,0$
pevnosť betónu pri použití izotermy 500°C $f_{cd,fi} = f_{ck} / \gamma_{c,fi} = 25,0$ N/mm²

V dalsom sa posudok prevedie ako pri teplote 20°C pri uvázení rozmerov redukovaného prierezu a príslušných pevností betónu a výstuže:

$$b_{fi} = b = 1,00 \text{ m}$$
$$d_{fi} = d = 0,095 \text{ m}$$

Poloha neutrálnej osy:

$$x_{fi} = a_{s,prov} * f_{yd,fi} / (b_{fi} * \lambda * \eta * f_{cd,fi}) = 0,0078 \text{ m}$$

Moment únosnosti za požiaru:

$$m_{Rd,fi} = a_{s,prov} * f_{yd,fi} * 10^3 * (d_{fi} - 0,5 * \lambda * x_{fi}) = 14,3 \text{ kNm / m}$$

Moment od zatazenia za požiaru:

$$m_{Ed,fi} = \eta_{fi} * m_{Ed} = 11,6 \text{ kNm / m}$$

Podmienka spoľahlivosti za požiaru:

$$m_{Ed,fi} / m_{Rd,fi} = \underline{0,81 < 1}$$

VYHOVUJE, doska splnuje pozadovanú požiarnu odolnosť REI 90.