

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2



Požar

POŽAR

- ❑ Izvanredno djelovanje
- ❑ Građevina mora biti projektirana i izvedena tako da u slučaju izbijanja požara:
 - nosivost građevine ostane sačuvana tijekom određenog vremena,
 - ograničeni su nastanak i širenje požara i dima unutar građevine,
 - ograničeno je širenje požara na susjedne građevine,
 - korisnici mogu napustiti zgradu ili da je na drugi način moguće njihovo spašavanje,
 - sigurnost spasilačkih ekipa uzeta je u obzir.



POŽAR

▣ Ponašanje konstrukcije pri požaru ovisi o

- toplinskom djelovanju i njegovom učinku na svojstva materijala i posredno na mehaničko djelovanje

**TEMPERATURNI PRORAČUN
I
TOPLINSKA DJELOVANJA**

- neposrednom učinku na mehaničko djelovanje

**MEHANIČKI PRORAČUN
I
MEHANIČKA DJELOVANJA**

POŽAR – MEHANIČKI PRORAČUN

□ Požarna otpornost utvrđuje se:

■ u pogledu vremena:

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

Proračunska vrijednost
požarne otpornosti

Zahtijevano vrijeme
požarne otpornosti

■ ili u pogledu nosivosti:

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

Prorač. vrijednost
otpornosti elementa u
pož. situaciji u t

Pror. vrijednost važnih
učinaka djelovanja u
pož. situaciji u trenutku t

■ ili u pogledu temperature:

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

Proračunska vrijednost
temperature materijala

Proračunska vrijednost
kritične temp. materijala

POŽAR — MEHANIČKI PRORAČUN U POGLEDU NOSIVOSTI

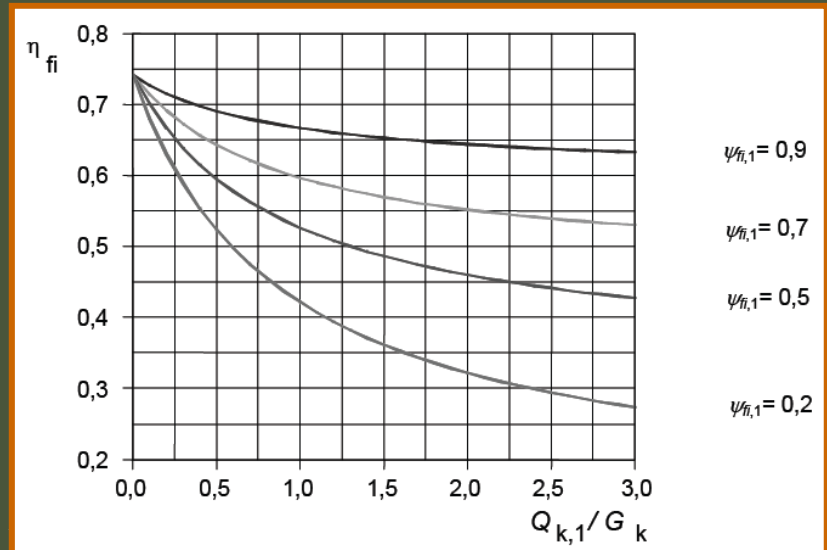
- Učinci djelovanja mogu se izvesti iz onih koji su određeni u proračunu za običnu temperaturu:

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

- E_d proračunska vrijednost učinka od djelovanja iz osnovne kombinacije djelovanja prema EN 1990
- $E_{fi,d}$ odgovarajuća konstantna proračunska vrijednost u požarnoj situaciji,
- η_{fi} koeficijent umanjenja za proračunsko opterećenje u požarnoj situaciji

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

- $\psi_{f,i}$ koeficijent kombinacije,
 $\psi_{1,1}$ ili $\psi_{2,1}$.



Tablični podaci

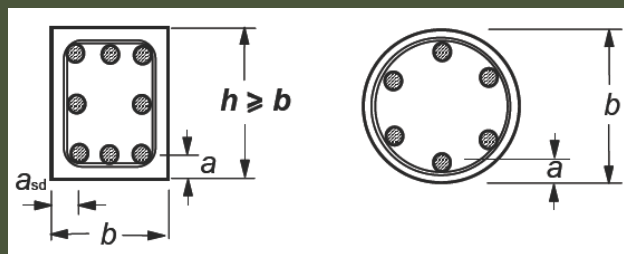
Razdjelna funkcija zidova je zadovoljena kada se upotrebljavaju okvirne vrijednosti najmanjih debljina pregradnih zidova

E-kriterij cjelovitosti

I- kriterij izolacijske sposobnosti

Standardna požarna otpornost (min)	Najmanja debljina zida (mm)
EI 30	60
EI 60	80
EI 90	100
EI 120	120
EI 180	150
EI 240	175

Tablični podaci



Požarna otpornost armiranobetonskih stupova zadovoljavajuća je uz minimalne dimenzije (+ dodatna pravila)
R –kriterij nosivosti

$$\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$$

Stupanj iskorištenosti u požarnoj situaciji

$N_{Ed,fi}$ = proračunska uzdužna sila u požarnoj situaciji

N_{Rd} = proračunska otpornost pri uvjetima normalne temp.

Standardna požarna otpornost	Najmanje izmjere (mm) širina stupa / osni razmak (b_{min} / a)			
	Stup izložen požaru na više od jedne strane			Izložen na jednoj strani
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
R 30	200/25	200/25	200/32; 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36; 300/31	250/46; 350/40	155/25
R 90	200/31; 300/25	300/45; 400/38	350/53; 450/40	155/25
R 120	250/40; 350/35	350/45; 450/40*	350/57*; 450/51	175/35
R 180	350/45	350/63	450/70*	230/55
R 240	350/61*	450/75*	-	295/70

* Minimalno 8 šipki

Tablični podaci

Požarna otpornost **armiranobetonskih nosivih zidova** zadovoljavajuća je uz minimalne dimenzije (+ dodatna pravila)

Standardna požarna otpornost	Najmanje izmjere (mm) debljina zida / osni razmak ($b_{\min}$ / a)			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	Izložen s jedne strane	Izložen s dvije strane	Izložen s jedne strane	Izložen s dvije strane
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/45	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60
* obično će biti mjerodavan zaštitni sloj prema EN 1992-1-1				

Tablični podaci

Dostatna požarna otpornost armiranobetonskih i prednapetih betonskih kontinuiranih greda postignuta je uz (+dodatna pravila)

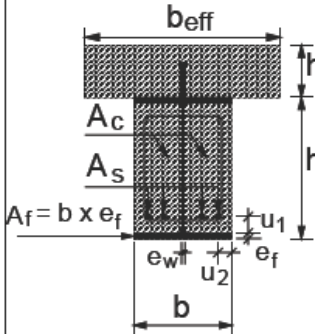
Standardna požarna otpornost	Najmanje izmjere (mm)				
	širina grede / osni razmak ($b_{\min}$ / a) <i>moguće kombinacije</i>				Debljina hrpta b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	80/15*	160/12*			80
R 60	120/25	200/12			100
R 90	150/35	250/25			110
R 120	200/45	300/35	450/35	500/30	130
R 180	240/60	400/50	550/50	600/40	150
R 240	280/75	500/60	650/60	700/50	170

*obično će biti mjerodavan zaštitni sloj prema EN 1992-1-1

$a_{sd} = a + 10$ mm udaljenost do ruba grede za kutne šipke,
za $b_{\min} > (3)$ nije potrebno povećanje

Tablični podaci

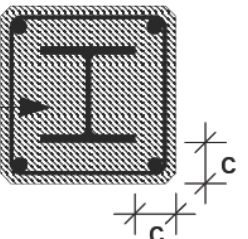
Minimalna dimenzija poprečnog presjeka b i minimalna dodatna armatura u odnosu na površinu pojasnice A_s/A_f , za spregnute grede koje sadrže čelične grede djelomično obavijene betonom

	 Condition for application: slab: $h_c \geq 120 \text{ mm}$ $b_{eff} \leq 5 \text{ m}$ steel section: $b / e_w \geq 15$ $e_f / e_w \leq 2$ additional reinforcement area, related to total area between the flanges: $A_s / (A_c + A_s) \leq 5\%$	Standard Fire Resistance				
		R30	R60	R90	R120	R180
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,3$ min b [mm] and additional reinforcement A_s in relation to the area of flange A_s / A_f					
1.1	$h \geq 0,9 \times \min b$	70/0,0	100/0,0	170/0,0	200/0,0	260/0,0
1.2	$h \geq 1,5 \times \min b$	60/0,0	100/0,0	150/0,0	180/0,0	240/0,0
1.3	$h \geq 2,0 \times \min b$	60/0,0	100/0,0	150/0,0	180/0,0	240/0,0
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,5$ min b [mm] and additional reinforcement A_s in relation to the area of flange A_s / A_f					
2.1	$h \geq 0,9 \times \min b$	80/0,0	170/0,0	250/0,4	270/0,5	-
2.2	$h \geq 1,5 \times \min b$	80/0,0	150/0,0	200/0,2	240/0,3	300/0,5
2.3	$h \geq 2,0 \times \min b$	70/0,0	120/0,0	180/0,2	220/0,3	280/0,3
2.4	$h \geq 3,0 \times \min b$	60/0,0	100/0,0	170/0,2	200/0,3	250/0,3
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,7$ min b [mm] and additional reinforcement A_s in relation to the area of flange A_s / A_f					
3.1	$h \geq 0,9 \times \min b$	80/0,0	270/0,4	300/0,6	-	-
3.2	$h \geq 1,5 \times \min b$	80/0,0	240/0,3	270/0,4	300/0,6	-
3.3	$h \geq 2,0 \times \min b$	70/0,0	190/0,3	210/0,4	270/0,5	320/1,0
3.4	$h \geq 3,0 \times \min b$	70/0,0	170/0,2	190/0,4	270/0,5	300/0,8

Tablični podaci

Minimalne dimenzije poprečnog presjeka, minimalni zaštitni sloj čeličnog presjeka i minimalna osna udaljenost šipki armature, za spregnute stupove sastavljene od čeličnog presjeka potpuno obavijenog betonom

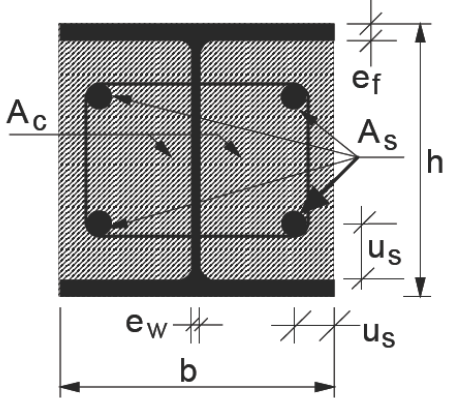
		Standard Fire Resistance					
		R30	R60	R90	R120	R180	R240
1.1	Minimum dimensions h_c and b_c [mm]	150	180	220	300	350	400
1.2	minimum concrete cover of steel section c [mm]	40	50	50	75	75	75
1.3	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	20*	30	30	40	50	50
or							
2.1	Minimum dimensions h_c and b_c [mm]	-	200	250	350	400	-
2.2	minimum concrete cover of steel section c [mm]	-	40	40	50	60	-
2.3	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	20*	20*	30	40	-

		Standard Fire Resistance				
		R30	R60	R90	R120	R180
Concrete for Insulation						
Concrete cover c [mm]		0	25	30	40	50

Minimalni zaštitni sloj čeličnog presjeka kada beton djeluje kao zaštita od požara

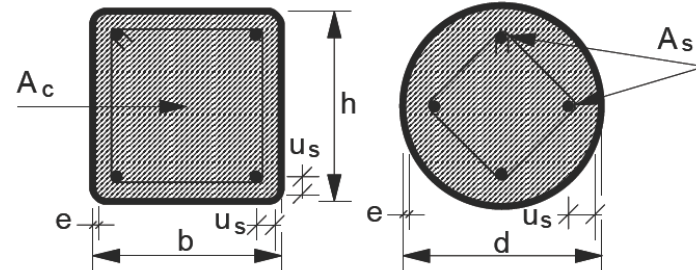
Tablični podaci

Minimalne dimenzije poprečnog presjeka, minimalni zaštitni sloj i minimalni odnosi armature za **spregnute stupove od čeličnih presjeka djelomično obavijenih betonom**

		Standard Fire Resistance			
		R30	R60	R90	R120
					
Minimum ratio of web to flange thickness e_w/e_f		0,5	0,5	0,5	0,5
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,28$				
1.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	200	300	400
1.2	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	50	50	70
1.3	minimum ratio of reinforcement $A_s/(A_c + A_s)$ in %	-	4	3	4
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,47$				
2.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	300	400	-
2.2	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	50	70	-
2.3	minimum ratio of reinforcement $A_s/(A_c + A_s)$ in %	-	4	4	-
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,66$				
3.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	400	-	-
3.2	minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	40	70	-	-
3.3	minimum ratio of reinforcement $A_s/(A_c + A_s)$ in %	1	4	-	-

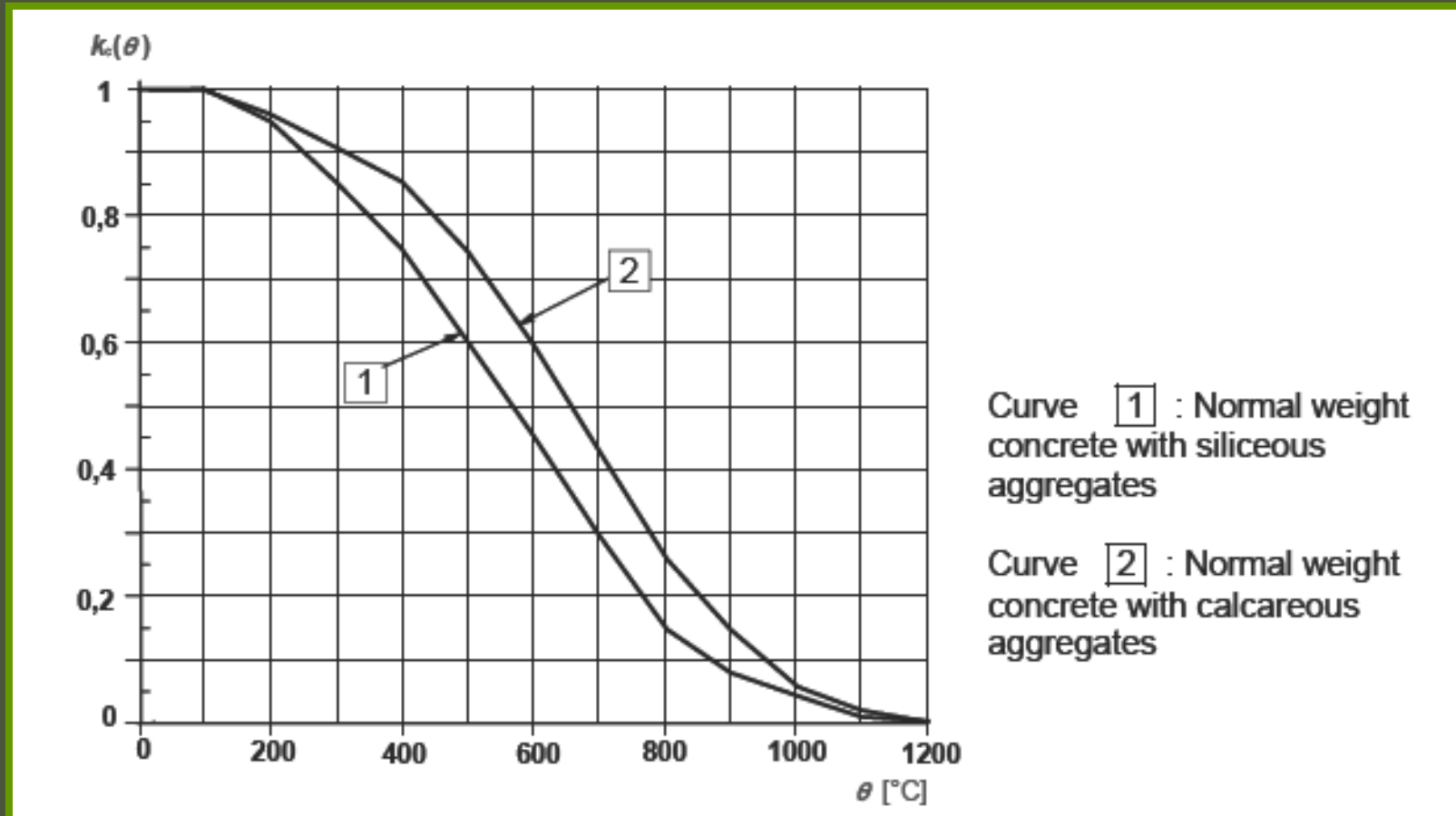
Tablični podaci

Minimalne dimenzije poprečnog presjeka, minimalni odnosi armature za spregnute stupove i minimalni osni razmaci armaturnih šipki za **spregnute stupove od šupljih čeličnih presjeka ispunjenih betonom**

		Standard Fire Resistance				
		R30	R60	R90	R120	R180
 steel section: $(b / e) \geq 25$ or $(d / e) \geq 25$						
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,28$					
1.1	Minimum dimensions h and b or minimum diameter d [mm]	160	200	220	260	400
1.2	Minimum ratio of reinforcement $A_s / (A_c + A_s)$ in (%)	0	1,5	3,0	6,0	6,0
1.3	Minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	30	40	50	60
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,47$					
2.1	Minimum dimensions h and b or minimum diameter d [mm]	260	260	400	450	500
2.2	Minimum ratio of reinforcement $A_s / (A_c + A_s)$ in (%)	0	3,0	6,0	6,0	6,0
2.3	Minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	-	30	40	50	60
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{fi,t} \leq 0,66$					
3.1	Minimum dimensions h and b or minimum diameter d [mm]	260	450	550	-	-
3.2	Minimum ratio of reinforcement $A_s / (A_c + A_s)$ in (%)	3,0	6,0	6,0	-	-
3.3	Minimum axis distance of reinforcing bars u_s [mm]	25	30	40	-	-

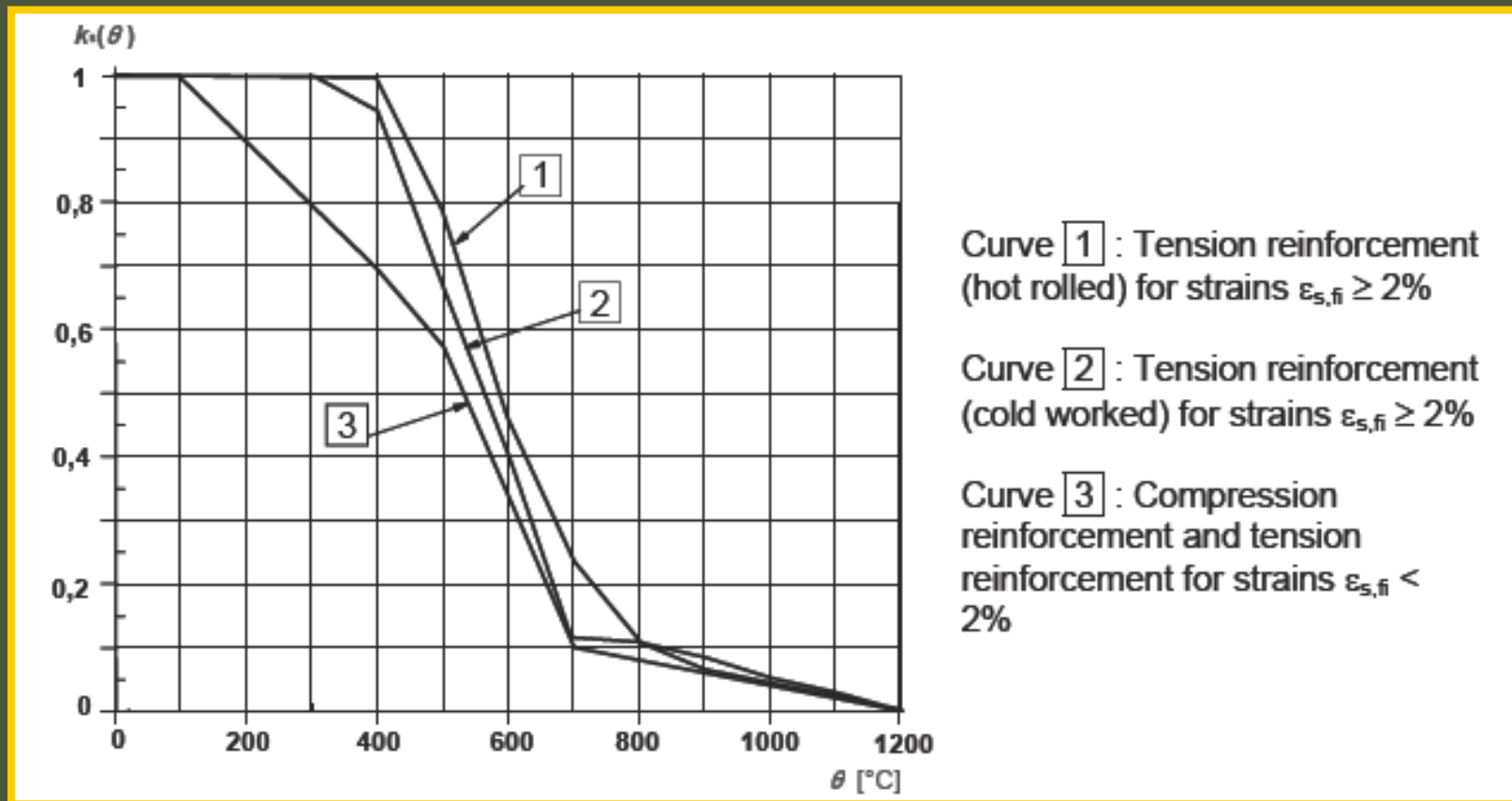
Primjeri promjene svojstava nekih materijala pri visokim temperaturama

- Koeficijent redukcije karakteristične čvrstoće betona f_{ck}



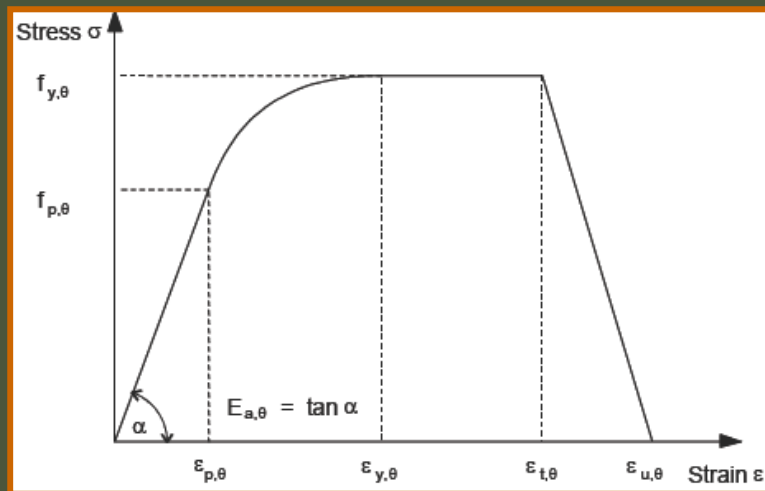
Primjeri promjene svojstava nekih materijala pri visokim temperaturama

- Koeficijent redukcije karakteristične čvrstoće armaturnog čelika f_{yk}

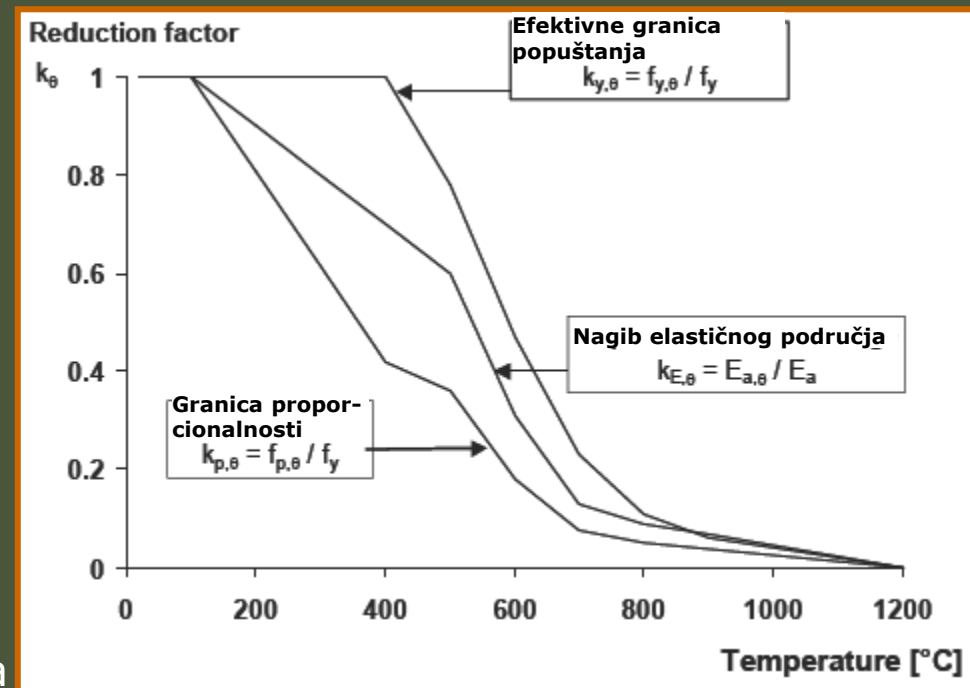


Primjeri promjene svojstava nekih materijala pri visokim temperaturama

□ Koeficijenti redukcije radnog dijagrama karbonskog čelika



$f_{y,\theta}$	efektivna granica popuštanja
$f_{p,\theta}$	granica proporcionalnosti
$E_{a,\theta}$	nagib linearnog elastičnog područja
$\epsilon_{p,\theta}$	deformacija na granici proporcionalnosti
$\epsilon_{y,\theta}$	deformacija popuštanja
$\epsilon_{t,\theta}$	granična deformacija za čvrstoću popuštanja
$\epsilon_{u,\theta}$	krajnja deformacija

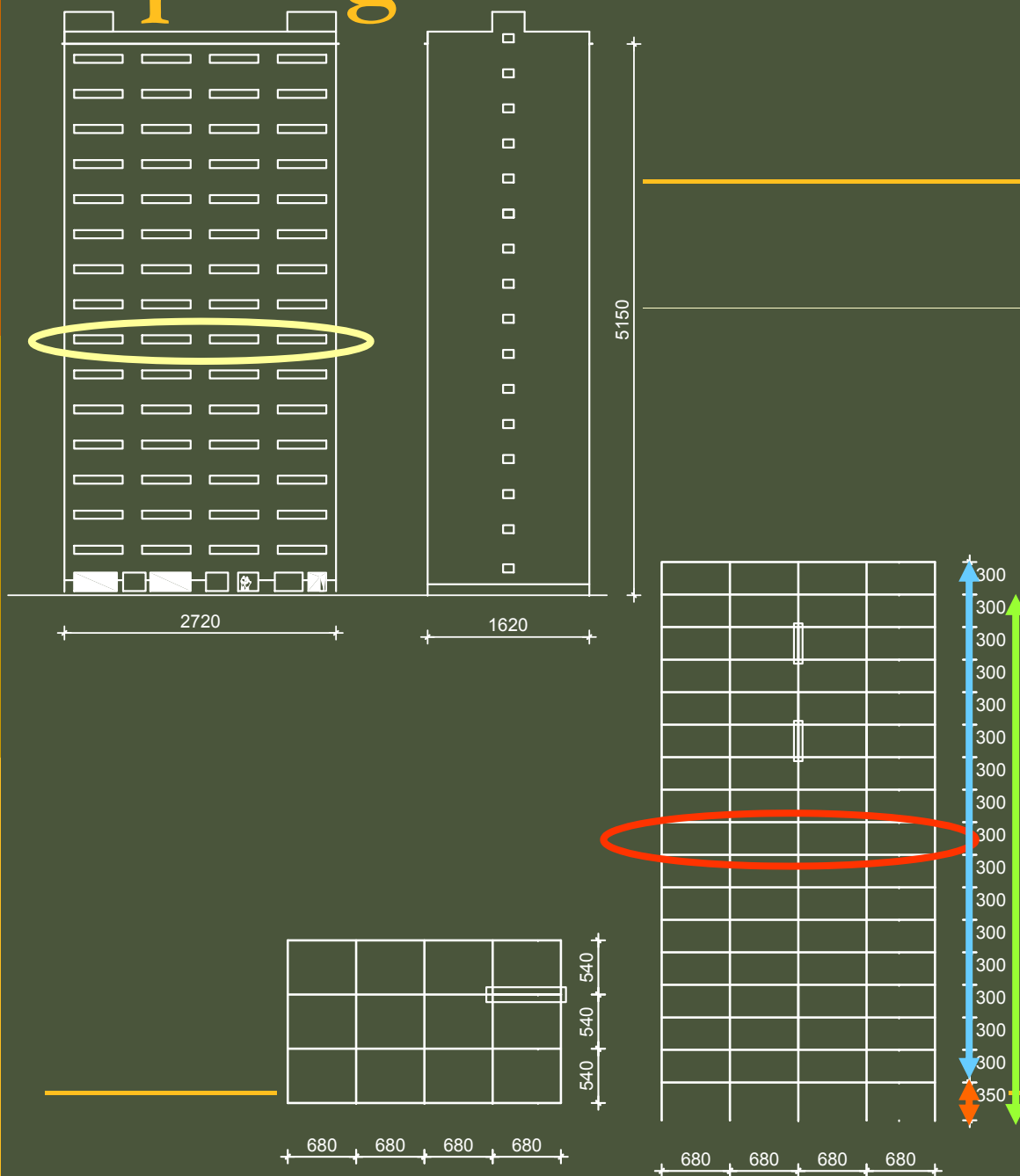


TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2



Primjer: Provjera zgrade na požarno djelovanje

Opis zgrade i ab konstrukcije



šesnaest katova visine
3,0 m, namijenjeni
uredskim prostorijama

prizemlje visine 3,5 m,
trgovine

Visina za evakuaciju:
 $3,5 + 15 \times 3,0 = 48,5 \text{ m}$

Svaki kat zgrade čini
požarni odjeljak površine:
 $27,2 \times 16,2 = 440,64 \text{ m}^2$

svaki odjeljak ima četiri
otvora ploštine:
 $4,8 \times 1,6 = 7,68 \text{ m}^2$
na oba pročelja
(ukupno $61,44 \text{ m}^2$)

JEDNADŽBA GRANIČNOG STANJA

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

$R_{fi,d,t}$ proračunska vrijednost otpornosti elementa u požarnoj situaciji u trenutku t

$E_{fi,d,t}$ proračunska vrijednost mjerodavnog učinka djelovanja u požarnoj situaciji u trenutku t

Kako bi se odredili učinci djelovanja valja uzeti u obzir dvije vrste djel.:

statička djelovanja izvedena iz uobičajene uporabe zgrade

temperaturna djelovanja uslijed požarne situacije

Otpornost elementa može se dobiti

uporabom tabličnih podataka čime se dobivaju minimalne dimenzije poprečnih presjeka, i vrijednosti zaštitnog sloja betona

primjenom jednostavnih proračunskih modela požara kojima se dobije otpornost poprečnog presjeka u određenom vremenu uz zagrijavanje uslijed normiranog požara

STALNA SITUACIJA ZA PRORAČUN U UVJETIMA UOBIČAJENE TEMPERATURE

$$S_d = S_d \left[\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} \right] = 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k$$

Stalno opterećenje iznosi:

- strop: $4,45 \cdot 5,4 = 24,03 \text{ kN/m}$
 - grede 30x60 cm: $0,3 \cdot 0,6 \cdot 25 = 4,50 \text{ kN/m}$
 - dodatno: $1,0 \cdot 5,4 = 5,40 \text{ kN/m}$
- $g_k = 33,93 \text{ kN/m}$

Ukupno promjenljivo uporabno opterećenje iznosi:

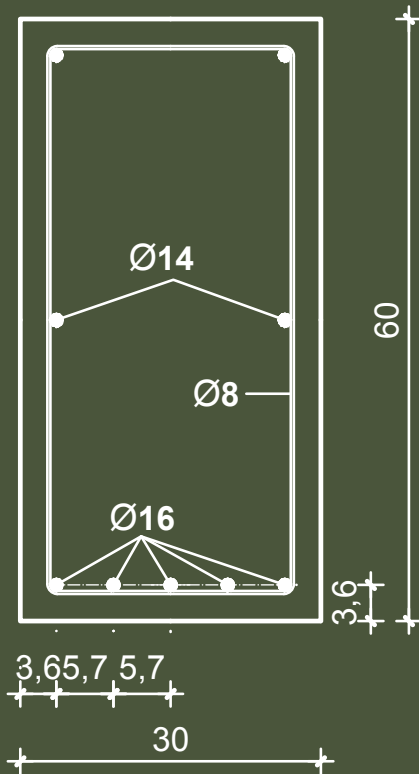
$$q_k = 3,0 \cdot 5,4 + 0,8 \cdot 5,4 = 20,52 \text{ kN/m}$$

Uredi, razred B:
 $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$

pomične pregrade s vlastitom težinom
 $\leq 2,0 \text{ kN/m}$: $q_{k(p)} = 0,8 \text{ kN/m}^2$

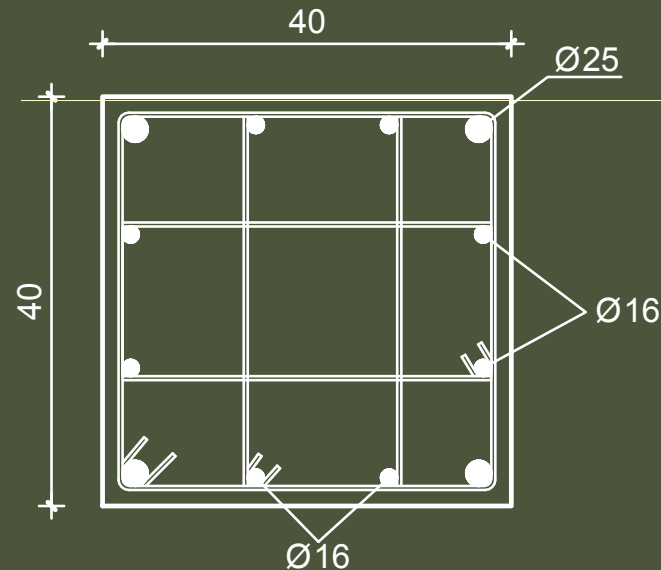
REZULTATI PRORAČUN I DIMENZIONIRANJA U UVJETIMA UOBIČAJENE TEMPERATURE

Minimalni zaštitni sloj: 2 cm



Osni razmak a:

$$20+8+0,5 \cdot 16=36 \text{ mm}$$



UZDUŽNA ARMATURA

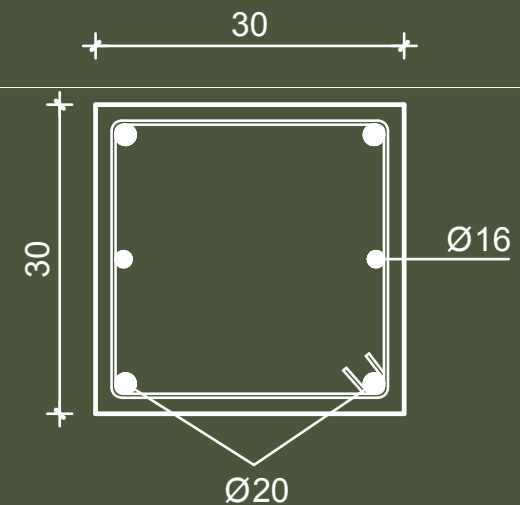
4Ø 25

8Ø 16

SPONE

28Ø 8/20cm

2x28Ø 8/20cm



UZDUŽNA ARMATURA

4Ø 20

2Ø 16

SPONE

28Ø 6/20cm

$$20+8+0,5 \cdot 25=41 \text{ mm}$$

$$20+6+0,5 \cdot 20=36 \text{ mm}$$

IZVANREDNA POŽARNA PRORAČUNSKA SITUACIJA

$$S_d = S_d \left[\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + A_d \right]$$

česta vrijednost

$$S_d = S_d \left[\sum_j (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + A_d \right]$$

nazovistalna vrijednost

Pojednostavnjenje → koeficijent umanjenja η_{fi} ovisan o $\xi = Q_{k1}/G_k$. → →
predstavlja vezu između:
proračunske vrijednosti učinka od djelovanja u požarnoj situaciji i proračunske
vrijednosti učinka od djelovanja pri normalnoj temperaturi

$$\eta_{fi} = \frac{(\gamma_{GA} + \psi_{1,1} \cdot \xi)}{(\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi)}$$

$$= \frac{1,0 + 0,5 \cdot \frac{20,52}{33,93}}{1,35 + 1,5 \cdot \frac{20,52}{33,93}} = \frac{1,302}{2,257} = 0,58$$

$$\eta_{fi} = \frac{(\gamma_{GA} + \psi_{2,1} \cdot \xi)}{(\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi)}$$

$$= \frac{1,0 + 0,3 \cdot \frac{20,52}{33,93}}{1,35 + 1,5 \cdot \frac{20,52}{33,93}} = \frac{1,182}{2,257} = 0,52$$

KOEFICIJENTI KOMBINACIJE ZA REDUKCIJU PROMJENJIVIH DJELOVANJA U ZGRADAMA

Promjenjivo djelovanje	Za vrijednost u kombinaciji ψ_0	Za čestu vrijednost ψ_1	Za nazovi-stalnu vrijednost ψ_2
Uporabna opterećenja u zgradama			
domaćinstva, stambene prostorije	0.7	0.5	0.3
uredi	0.7	0.5	0.3
prostori za veće skupove ljudi	0.7	0.7	0.6
trgovina	0.7	0.7	0.6
skladišta	1.0	0.9	0.8
Prometna opterećenja u zgradama			
Težine vozila ≤ 30 kN	0.7	0.7	0.6
Težine vozila ≤ 160 kN	0.7	0.5	0.3
Krovovi	0.0	0.0	0.0
Opterećenje vjetrom na zgrade	0.6	0.5	0.0
Opterećenje snijegom	0.6	0.2	0.0
Temperatura (ne i požar) u zgradama	0.6	0.5	0.0

PRORAČUNSKI POŽAR

primjenom istovrijednog vremena izloženosti požaru

vrijeme potrebno da požar koji slijedi normiranu krivulju temperatura-vrijeme proizvede isti temperaturni učinak u elementu kao i stvarni požar

$$t_{e,d} = q_{f,d} \cdot k_b \cdot w_f \text{ [min]} = 835 \cdot 0,07 \cdot 1,296 = 76 \text{ min} \rightarrow 90 \text{ min (1.slučaj)}$$

proračunska gustoća požarnog opterećenja na jedinicu ploštine poda požarnog odjeljka A_f :

$$q_{f,d} = m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_{f,k} = 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 600 = 835 \text{ MJ/m}^2$$

Faktor izgaranja $m=1,0$ (za celulozne materijale $m = 0,8$)

Faktor veličine odjeljka $\delta_{q1} = 1,6$ (tablica slj.slajd)

Faktor vezan uz namjenu; za urede $\delta_{q2} = 1,0$ (tab. slj. slajd)

Faktor vezan uz aktivne mjere požarne zaštite $\delta_n = 0,87 \cdot 1,0 = 0,87$ (tab. slj. slajd)

karakteristična gustoća požarnog opterećenja na jedincu A , uredi $\approx 600 \text{ MJ/m}^2$ (tab. slj. slajd)

faktor pretvorbe ovisan o toplinskim svojstvima okruženja; kad nije provedena detaljna ocjena toplinskih svojstava okruženja možemo uzeti $k_b = 0,07 \text{ min} \cdot \text{m}^2/\text{MJ}$

faktor prozračivanja

$$w_f = (6,0 \cdot H)^{0,3} \left[0,62 + 90(0,4 - \alpha_v)^4 / (1 - b_v \alpha_h) \right] \geq 0,5 = 1,296$$

A_v otvora na pročelju / A_f poda odjeljka = $61,44 / 440,64 = 0,140$ ($0,025 \leq \alpha_v \leq 0,25$)

A_h otvora u krovu / A_f poda odjeljka = $0 / 440,64 = 0$

$$b_v = 12,5(1 + 10\alpha_v - \alpha_v^2) = 29,76 \geq 10,0$$

visina požarnog odjeljka $H = 2,8 \text{ m}$

PRORAČUNSKI POŽAR

Faktor veličine odjeljka δ_{q1}

$A_f \text{ (m}^2\text{)}$	δ_{q1}
25	1,10
250	1,50
2500	1,90
5000	2,00
10000	2,13

Faktor vezan uz namjenu δ_{q2}

namjena	δ_{q2}
Galerija, muzej, bazen	0,78
Uredi, stanovanje, hotel, industrija papira	1,00
Proizvodnja strojeva i uređaja	1,22
Kemijski laboratorij, radionice za bojanje	1,44
Proizvodnja eksplozivnih tvari i boja	1,66

Faktor vezan uz aktivne mjere požarne zaštite δ_n

Automatsko gašenje vatre				Automatsko otkrivanje požara			Ručno gašenje vatre				
Aut. sustav gašenja vodom	Neovisna opskrba vodom			Autom. otkrivanje požara i alarm		Autom. prebacivanje alarma požarnoj brigadi	Radna požarna brigada	Požarna brigada van zgrade	Sigurnosni pristupi	Uređaji za gašenje požara	Ispušni sustav za dim
	0	1	2	vrućina	dim						
δ_{n1}	δ_{n2}			δ_{n3}	δ_{n4}	δ_{n5}	δ_{n6}	δ_{n7}	δ_{n8}	δ_{n9}	δ_{n10}
0,61	1,0	0,87	0,7	0,87	0,73	0,87	0,61	0,78	0,9 ili 1 ili 1,5	1 ili 1,5	1 ili 1,5

PRORAČUNSKI POŽAR

karakteristična gustoća požarnog opterećenja na jedincu površine
 $q_{f,k}$ (MJ/m²)

namjena	prosječno	s 80% fraktilom (Gumbel)
Stanovanje	780	948
Bolničke sobe	230	280
Hotelske sobe	310	377
Knjižnica	1500	1824
Ured	420	511
Školska učionica	285	347
Trgovački centar	600	730
Kino, kazalište	300	365
Prijevoz (javne površine)	100	122

PRORAČUNSKI POŽAR

Gustoće požarnog opterećenja uzimaju se, ovisno o namjeni požarnog odjeljka ali je to podložno potvrdi i dopuni državnih vlasti.

Neka se u 2. slučaju zahtijeva proračun uz karakterističnu gustoću požarnog opterećenja na jedincu površine od 900 MJ/m^2 , a faktor izgaranja neka je $m=1,0$

Proračunska gustoća
požarnog opterećenja

$$q_{f,d} = 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 900 = 1253 \text{ MJ/m}^2$$

istovrijedno vrijeme
izloženosti požaru

$$t_{e,d} = 1253 \cdot 0,07 \cdot 1,296 = 114 \text{ min} \rightarrow \mathbf{120 \text{ min}} \text{ (2.slučaj)}$$

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

Ovaj pristup omogućava da se za traženu požarnu otpornost izraženu vremenski kao 30-, 60-, 90-, 120-, 180- ili 240-minutnu, vezanu na normiranu krivulju požara

odrede

minimalne izmjere poprečnog presjeka i minimalni osni razmaci šipki armature do ruba betona

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI

TABLIČNI PRORAČUN

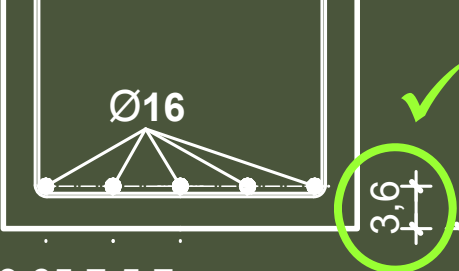
GREDE

određuje se za otpornost izraženu vremenski kao 30-, 60-, 90-, 120-, 180- ili 240-minutnu, vezanu na normiranu krivulju požara

određuje

min
pop
min
šip
bet

1. Slučaj
istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
90 min

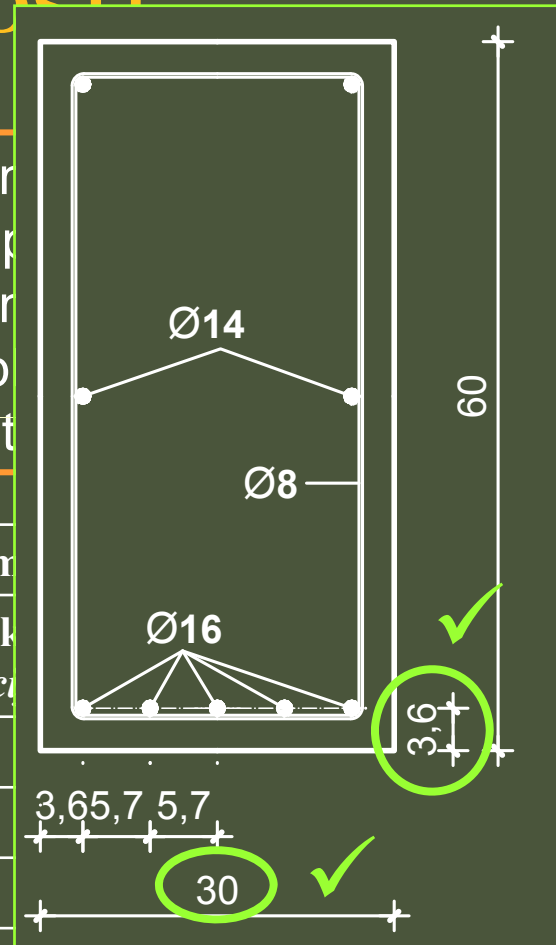
Normiran a požarna otpornost	Najmanje izm		
	širina grede / osni razmak <i>moguće kombinaci</i>		
1	2	3	
R 30	80/15*	160/12*	3,65, 7 5, 7
R 60	120/25	200/12	30
R 90	150/35	250/25	110
R 120			130
R 180	240/60	400/50	150
R 240	280/75	500/60	170

uz $b_{min} = 250 \text{ mm} \rightarrow a = 25 \text{ mm}$

* obično će biti mjerodavan zaštitni sloj prema normi EN 1992-1-1

uz $b_{\min} = 250 \text{ mm} \rightarrow a = 25 \text{ mm}$

* obično će biti mjerodavan zaštitni sloj prema normi EN 1992-1-1

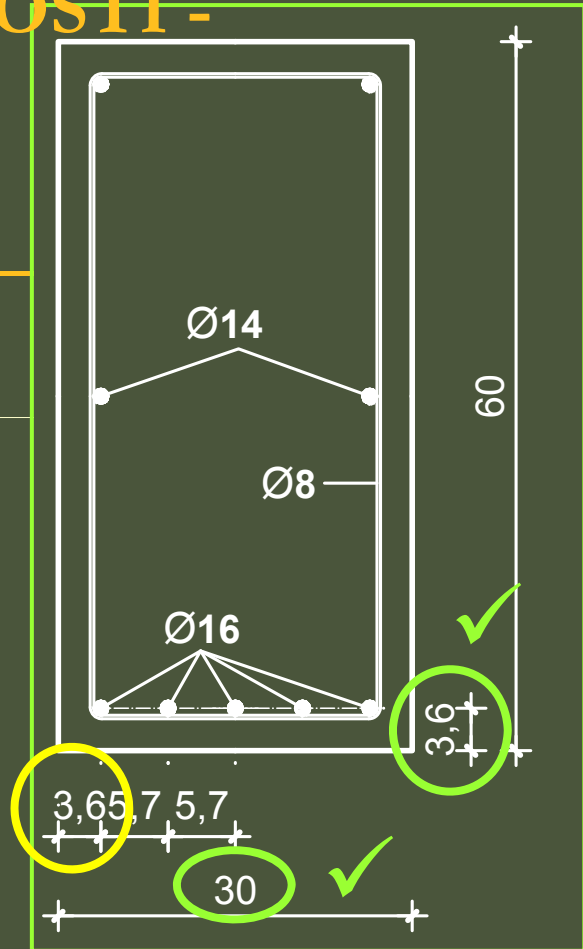


PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

U donjim uglovima greda dolazi do koncentracije viših temperatura.



Bočni osni razmak mora biti:
 $a_{sd} = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$



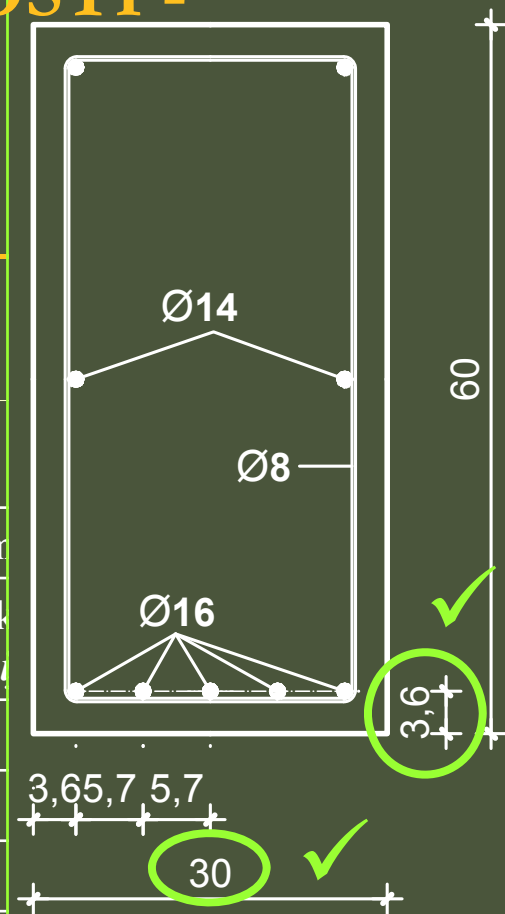
NIJE POTREBNA PRILAGODBA IZMJERA GREDA PRI PRORAČUNU
POŽARNE OTPORNOSTI ZA R 90 !

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

2. Slučaj
istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
120 min

Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjerene širine grede / osni razmak mogućih kombinacija			
	2	3		
1	2	3		
R 30	80/15*	160/12*		
R 60	120/25	200/12		
R 90	150/35	250/25		
R 120	200/45	300/35	450/35	110
R 180				130
R 240				150
				170

uz $b_{\min} = 300 \text{ mm} \rightarrow a = 35 \text{ mm}$



* obično će biti mjerodavan zaštitni sloj prema normi EN 1992-1-1

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

U donjim uglovima greda dolazi do koncentracije viših temperatura.

Bočni osni razmak mora biti:
 $a_{sd} = 35 + 10 = 45 \text{ mm}$

2. Slučaj:

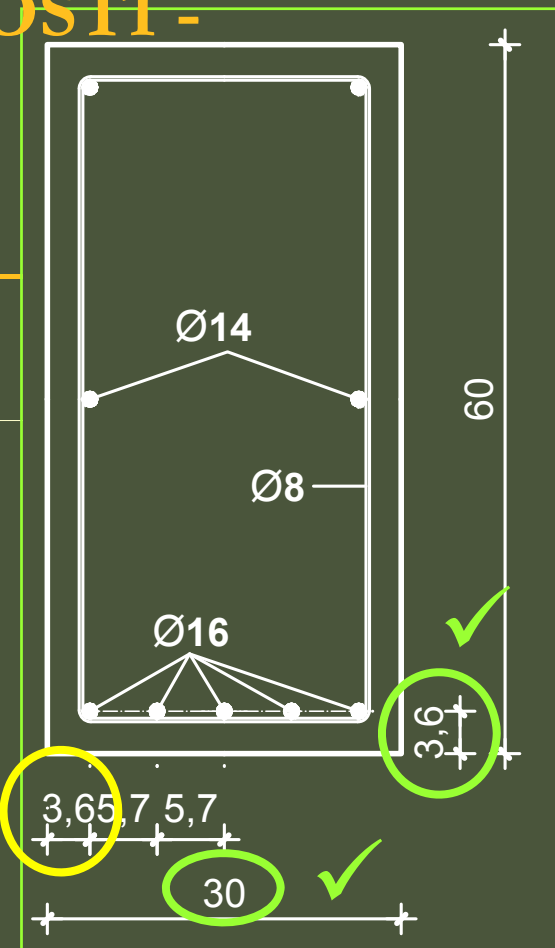
povećanjem zaštitnog sloja na 30 mm

vrijeme
izloženosti

osni razmak: $30 + 8 + 0,5 \cdot 16 = 46 \text{ mm}$ ✓

uz $b_{\min} = 300 \text{ mm} \rightarrow a = 35 \text{ mm}$

POTREBNA JE PRILAGODBA IZMJERA GREDA PRI PRORAČUNU
POŽARNE OTPORNOSTI ZA R 120 !



PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI

Norma dopušta primjenu najveće vrijednosti razina opterećenja za slučaj požara

istovrijedno vrijeme izloženosti požaru

90 min

Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjere (mm)			
	širina stupa / osni razmak ($b_{\min}$ / a)			
	Stup izložen požaru na više od dvije strane			Izložen na jednoj strani
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40	155/25
R 120	uz $b_{\min} = 350$ mm $\rightarrow a = 53$ mm uz $b_{\min} = 450$ mm $\rightarrow a = 40$ mm			175/35
R 180	350/45*	350/63*	450/70*	230/55
R 240	350/61*	450/75*	-	295/70

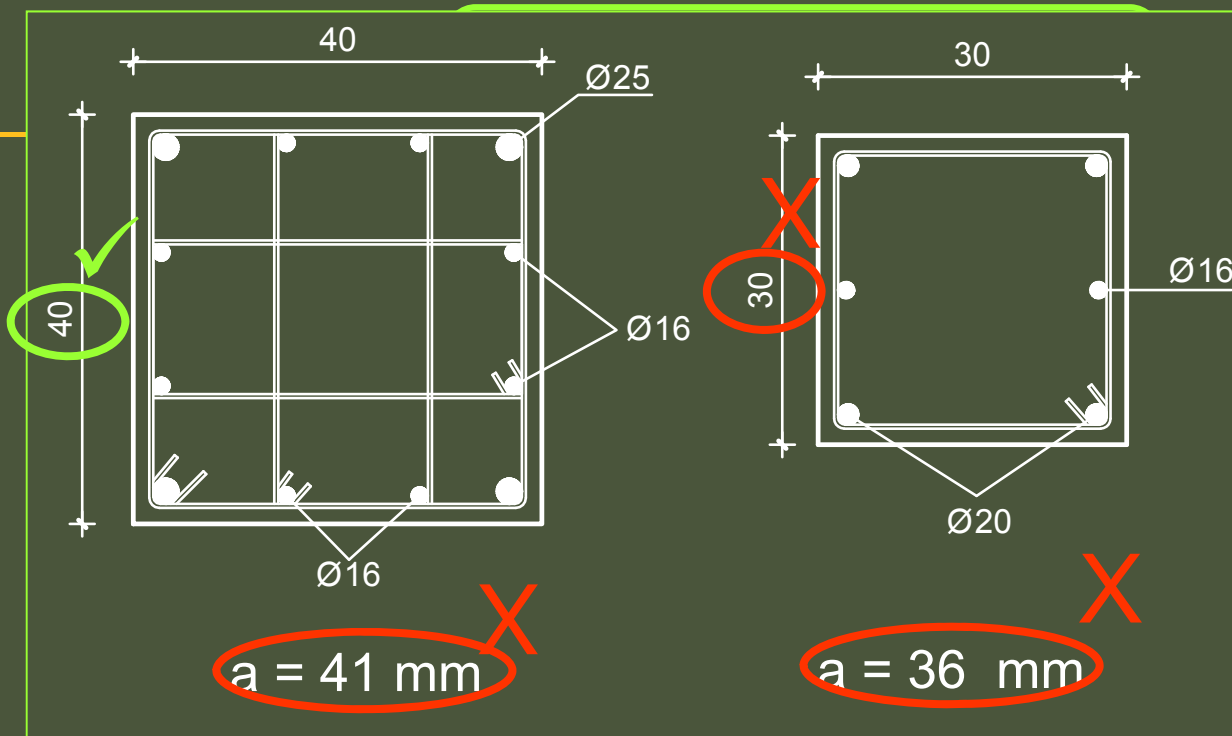
* Minimalno 8 šipki

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI

istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru

90 min

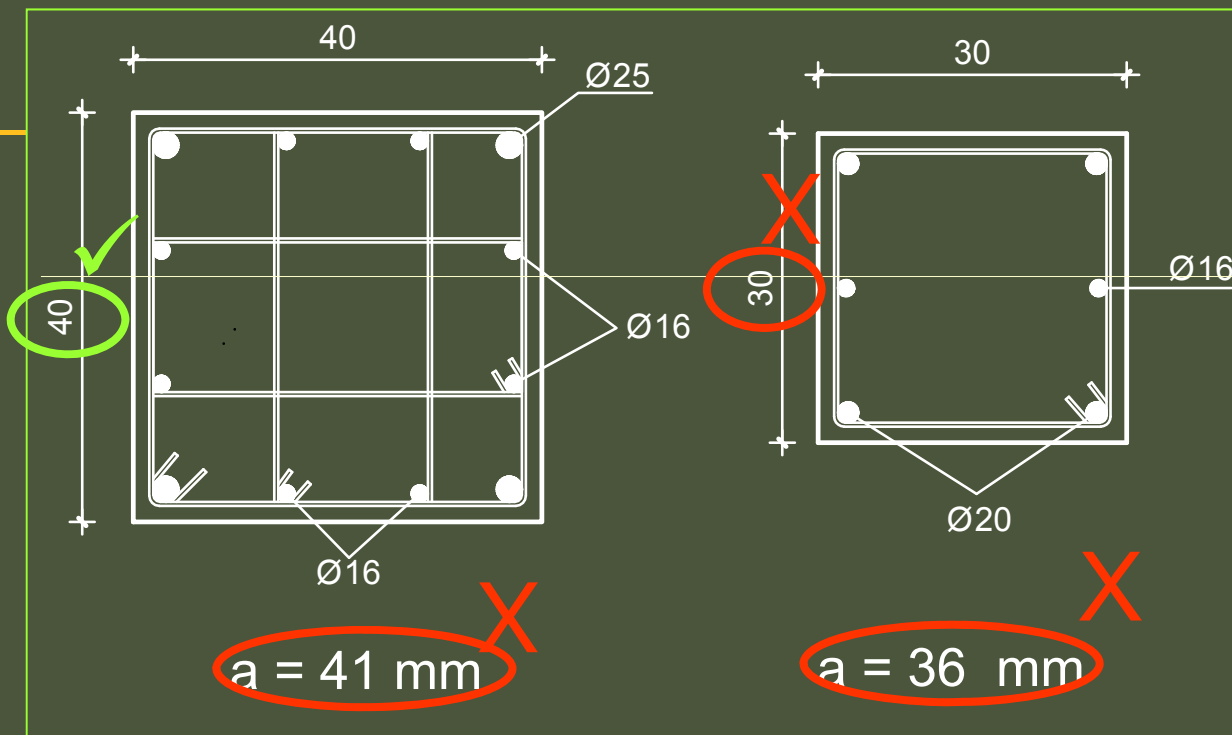


uz $b_{\min} = 350 \text{ mm} \rightarrow a = 53 \text{ mm}$
uz $b_{\min} = 450 \text{ mm} \rightarrow a = 40 \text{ mm}$

POTREBNA JE PRILAGODBA IZMJERA STUPOVA PRI
PRORAČUNU POŽARNE OTPORNOSTI ZA R 90 !

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI



povećanjem
dimenzija stupova na
45 odnosno 35 cm i
zaštitnih slojeva

osni razmak: $25 + 8 + 0,5 \cdot 25 = 45 \text{ mm}$ ✓
osni razmak: $35 + 8 + 0,5 \cdot 20 = 53 \text{ mm}$

POTREBNA JE PRILAGODBA IZMJERA STUPOVA PRI
PRORAČUNU POŽARNE OTPORNOSTI ZA R 90 !

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI

Norma dopušta primjenu najveće vrijednosti razina opterećenja za slučaj požara

istovrijedno vrijeme izloženosti požaru

120 min

Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjere (mm)			
	širina stupa / osni razmak (b_{min} / a)			
	Stup izložen požaru na više od dvije strane			Izložen na jednoj strani
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	uz $b_{min} = 350$ mm $\rightarrow a = 57$ mm uz $b_{min} = 450$ mm $\rightarrow a = 51$ mm			55/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45* 450/40*	350/57* 450/51*	175/35
R 180	350/45*	350/63*	450/70*	230/55
R 240	350/61*	450/75*	-	295/70

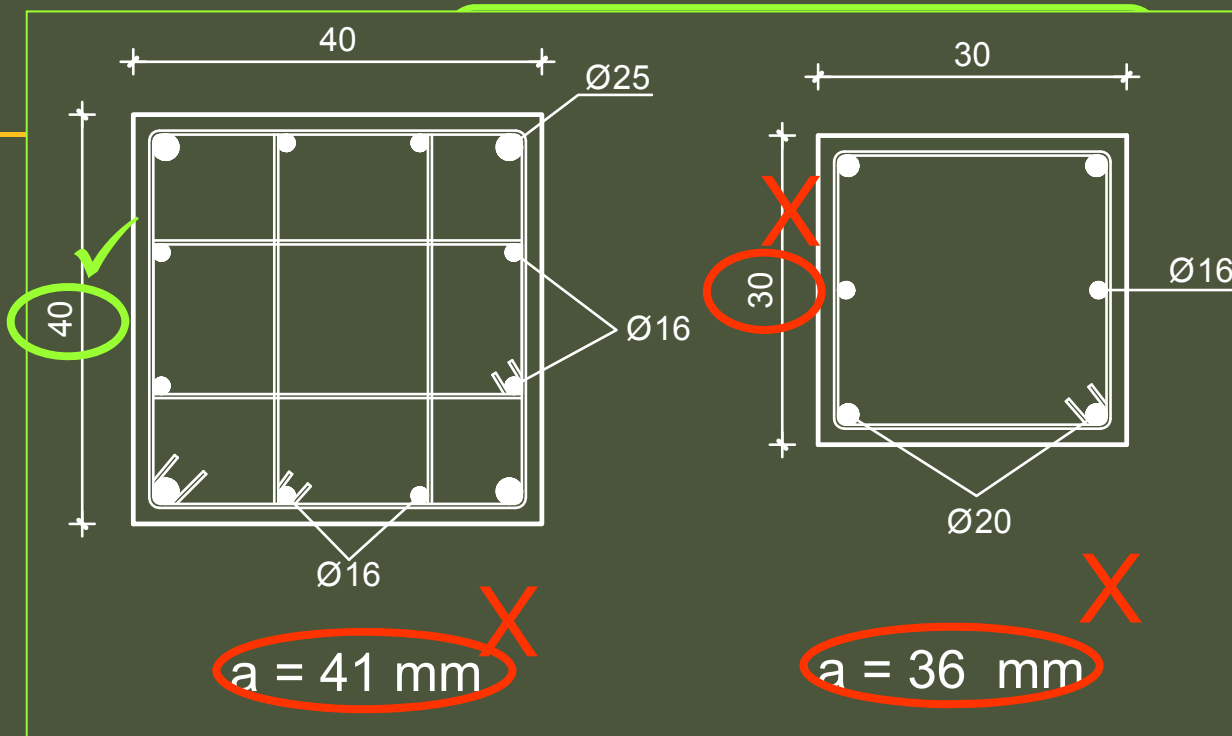
* Minimalno 8 šipki

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI

istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru

120 min



uz $b_{\min} = 350 \text{ mm} \rightarrow a = 57 \text{ mm}$
uz $b_{\min} = 450 \text{ mm} \rightarrow a = 51 \text{ mm}$

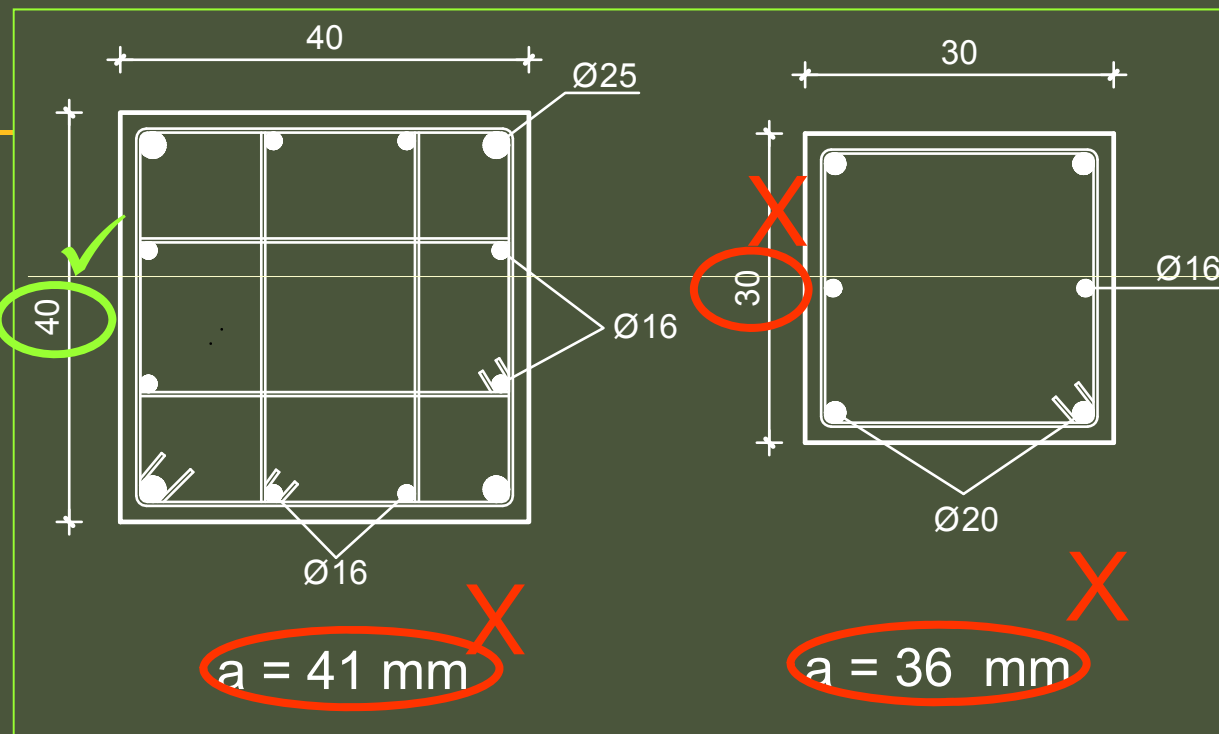
POTREBNA JE PRILAGODBA IZMJERA STUPOVA PRI
PRORAČUNU POŽARNE OTPORNOSTI ZA R 120 !

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI

istovrijedno
vrijeme
izloženosti

povećanjem
dimenzija stupova na
45 odnosno 40 cm i
zaštitnih slojeva



osni razmak: $35 + 8 + 0,5 \cdot 25 = 55 \text{ mm}$ ✓
osni razmak: $40 + 8 + 0,5 \cdot 20 = 58 \text{ mm}$

POTREBNA JE PRILAGODBA IZMJERA STUPOVA PRI
PRORAČUNU POŽARNE OTPORNOSTI ZA R 120 !

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI – POJEDNOSTAVNjeni POSTUPAK

TEMPERATURN
ANALIZA



OTPORNOST POPREČNOG
PRESJEKA

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI – POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK

Proračunski pozitivni moment nosivosti pri požaru može se približno odrediti prema:

$$M_{Rd,fi} = \sum k_{si}(\Theta) \cdot \left(\frac{f_{ski}}{\gamma_{s,fi}} \cdot A_{si} \cdot d_i \right)$$

proračunska nosivost na pozitivno savijanje elementa u požarnoj situaciji

karakteristična čvrstoća čelika i -te šipke pri uobičajenoj temperaturi f_{yk} (20°C):
B500B $\rightarrow f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$

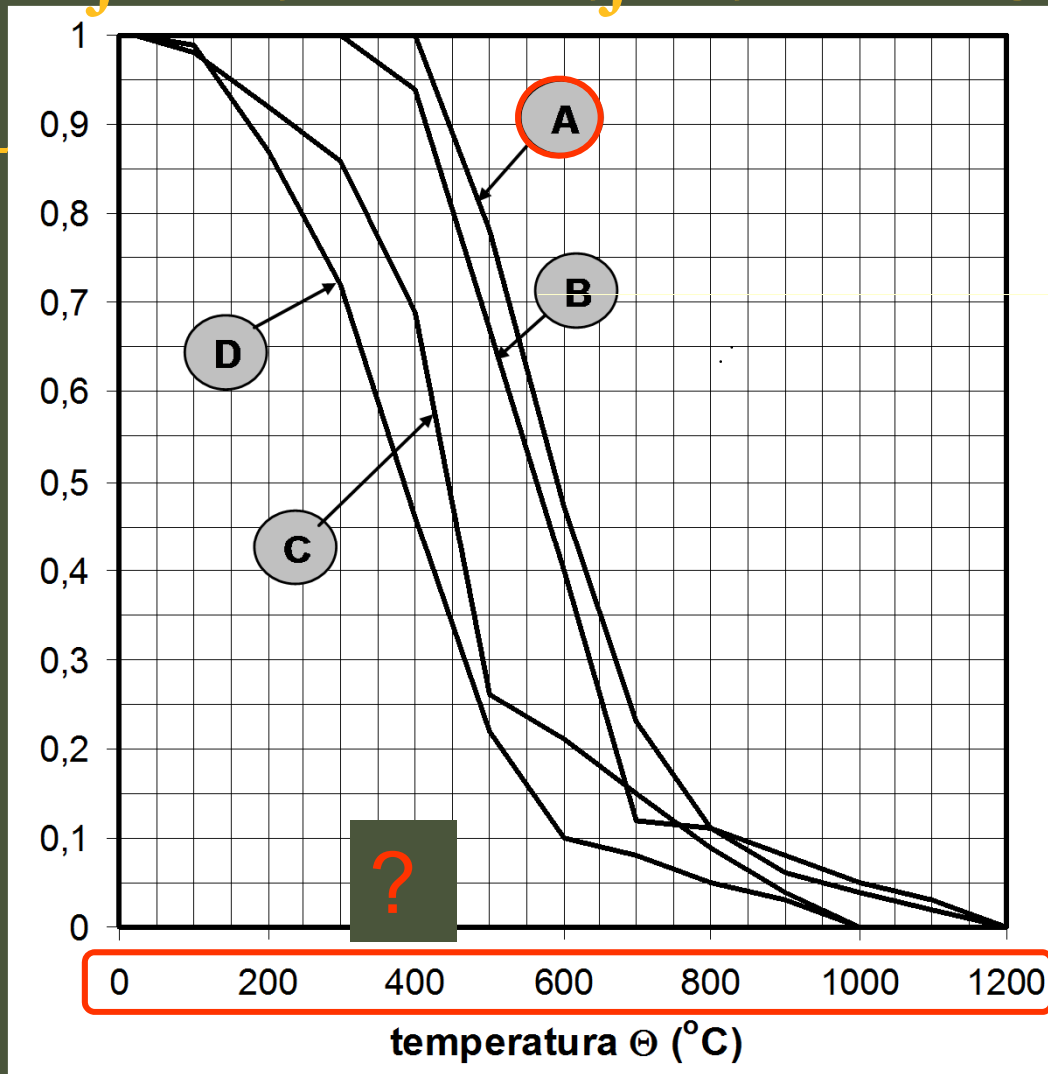
parcijalni koeficijent sigurnosti za čelik pri požaru, obično se uzima 1,0

poprečni presjek pojedine šipke: Ø16 $\rightarrow A_s = 2,01 \text{ cm}^2$

proračunska statička visina za i -tu šipku: $d(R90) = 600 - 36 = 564 \text{ mm}$
 $d(R120) = 600 - 46 = 554 \text{ mm}$

koeficijent umanjenja karakteristične čvrstoće čelika i -te šipke za danu temperaturu Θ

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI – POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK



Koeficijent umanjenja
karakteristične čvrstoće čelika

A - Vruće valjani
betonski čelik

B - Hladno obrađeni
betonski čelik

C - Poboljšani čelik za
prednapinjanje

D - Hladno obrađeni
čelik za prednapinjanje

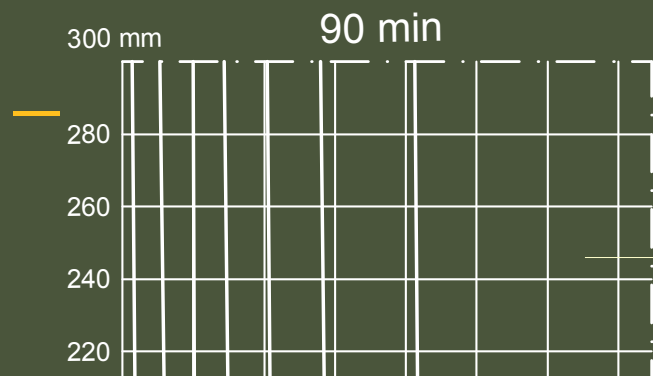
PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI – POJEDNOSTAVNjeni POSTUPAK

Dodatak A,
EN 1992-1-2
(Dodatak B,
HRN ENV 1992-1-2)

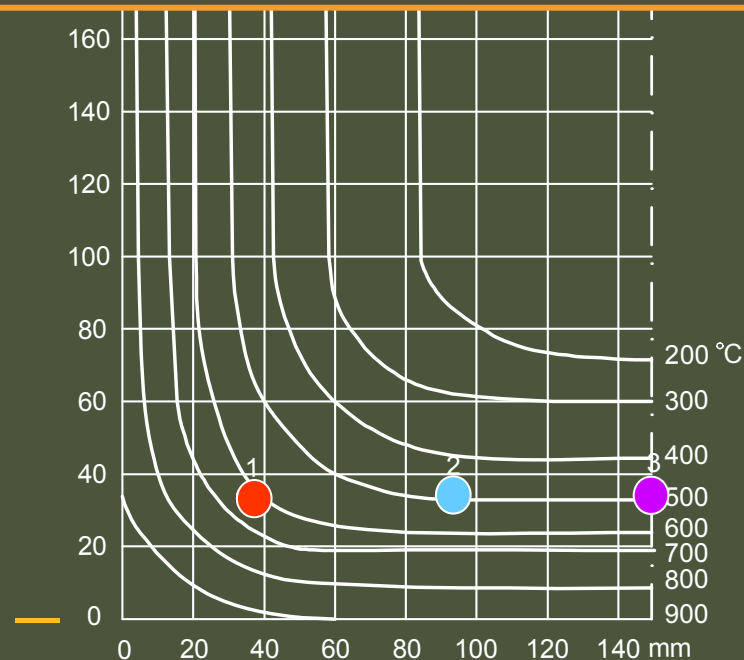


temperaturni profili za grede različitih
poprečnih presjeka i različita vremena
izloženosti normiranim uvjetima zagrijavanja

KOEFICIJENT UMANJENJA KARAKTERISTIČNE ČVRSTOĆE ČELIKA



Greda 300x600 mm,
vrijeme izloženosti požaru 90 min



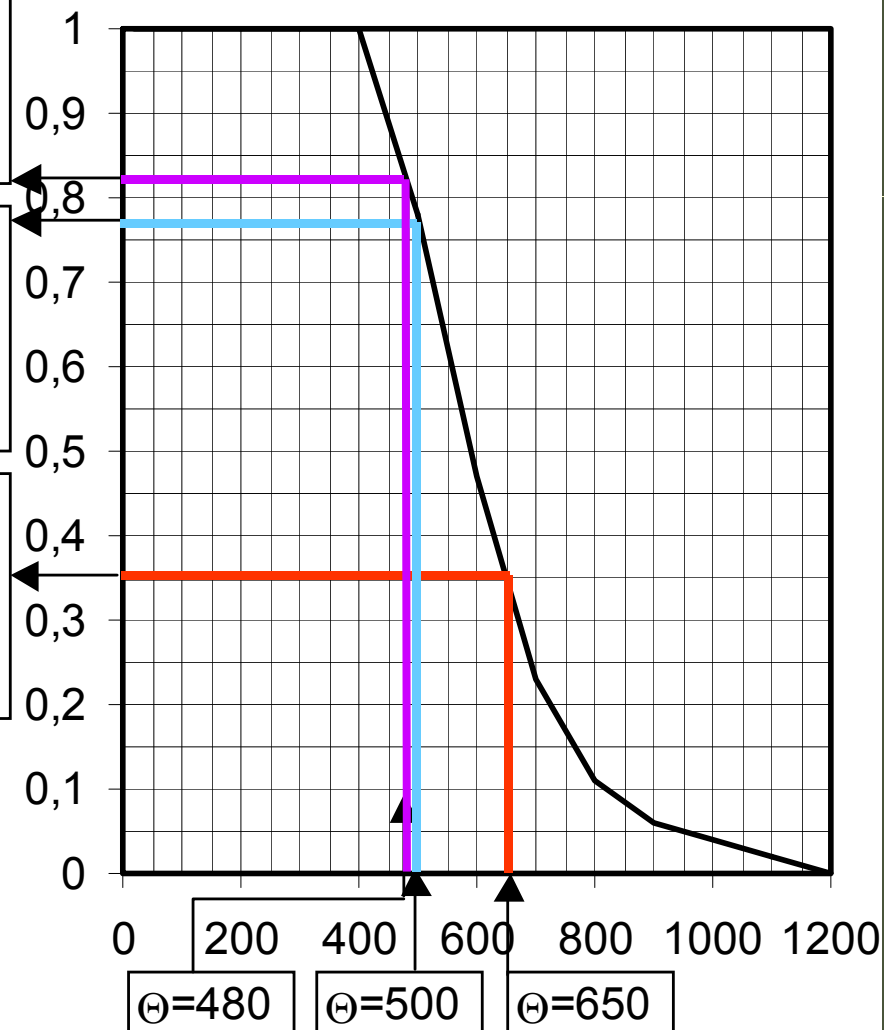
$k_{s3}(\blacksquare)=0,82$

$k_{s2}(\blacksquare)=0,77$

$k_{s1}(\blacksquare)=0,35$

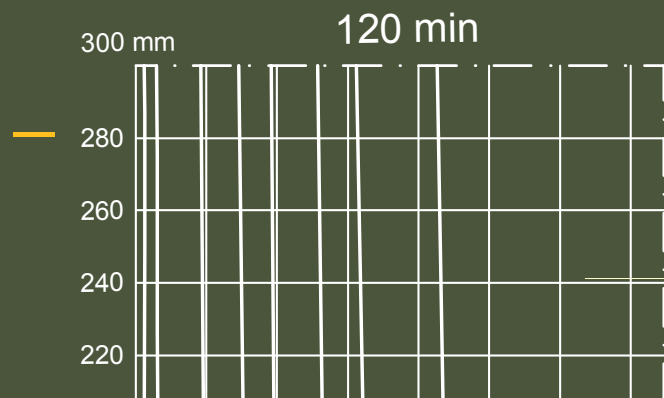
$k_s(\blacksquare)$

očitavanje $k_s(\Theta)$ za R 90

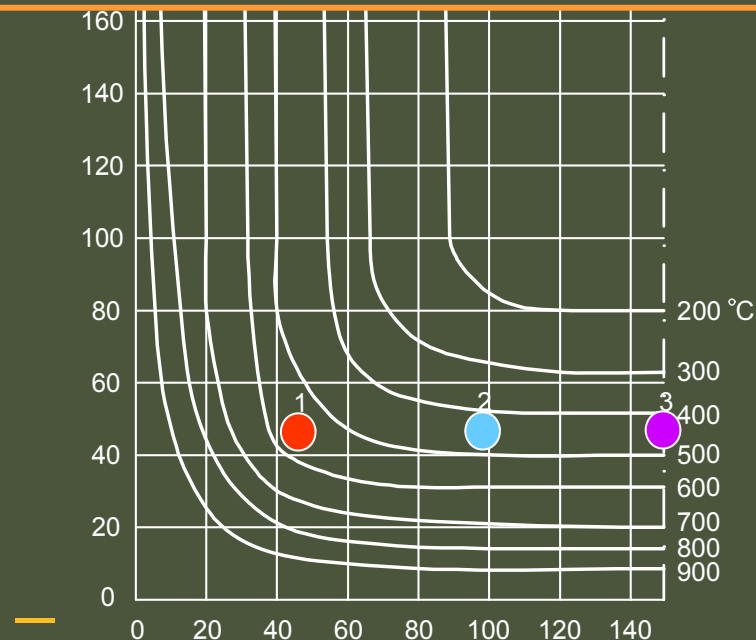


temperatura (°C)

KOEFICIJENT UMANJENJA KARAKTERISTIČNE ČVRSTOĆE ČELIKA

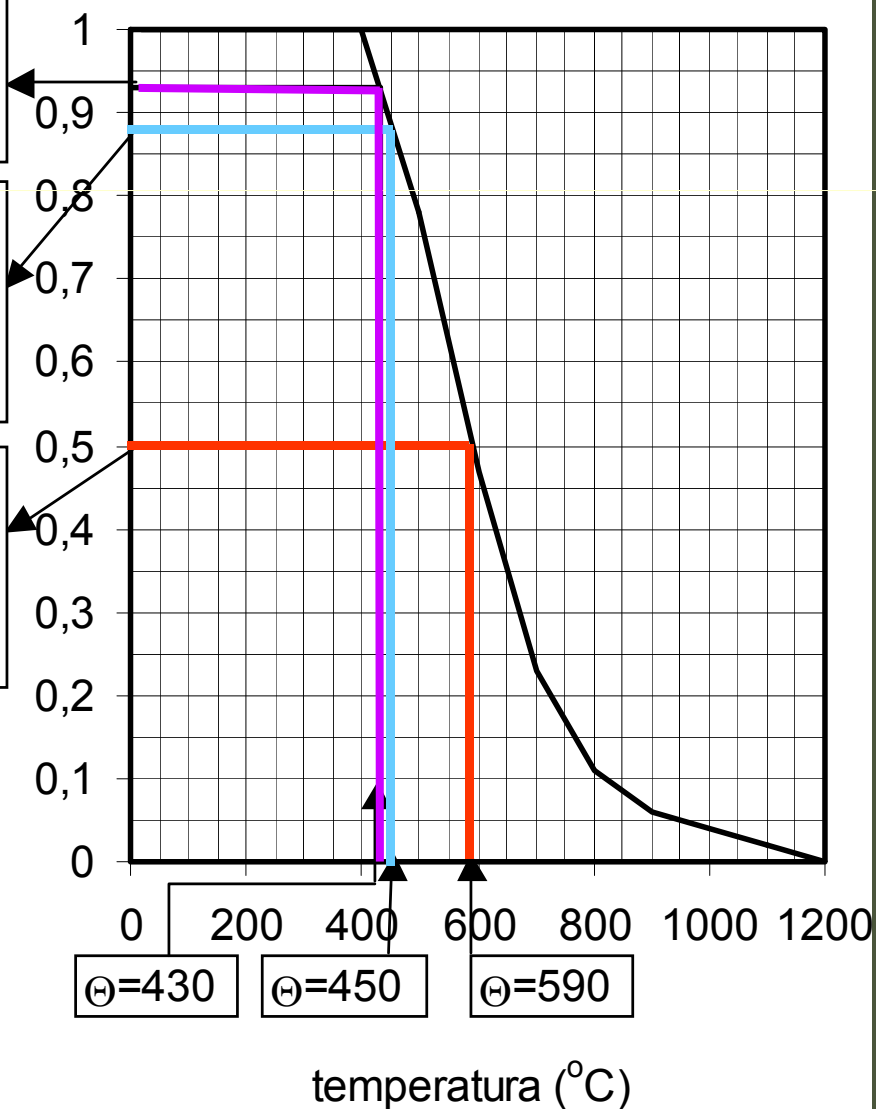


Greda 300x600 mm,
vrijeme izloženosti požaru 120 min



$k_{s3}(\blacksquare)=0,93$
 $k_{s2}(\blacksquare)=0,88$
 $k_{s1}(\blacksquare)=0,50$
 $k_s(\blacksquare)$

očitavanje $k_s(\Theta)$ za R 120



OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

Uz očitane koeficijente umanjenja
i uvrštenje svih članova
momenti nosivosti pri izloženosti
normiranom požaru

$$M_{Rd,fi} = \sum k_{si}(\Theta) \cdot \left(\frac{f_{ski}}{\gamma_{s,fi}} \cdot A_{si} \cdot d_i \right)$$

$$M_{Rd,(90 \text{ min})} = 174 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,(120 \text{ min})} = 206 \text{ kNm}$$

Moment savijanja pri uobičajenoj temperaturi, uz parcijalni koeficijent
sigurnosti za čelik $\gamma_s = 1,15$ iznosi

početni $c = 2 \text{ cm}$

$$M_{Rd,0} = 5 \cdot \left(\frac{50}{1,15} \cdot 2,01 \cdot 0,564 \right) = 245 \text{ kNm}$$

uvećani $c = 3 \text{ cm}$

$$M_{Rd,0} = 5 \cdot \left(\frac{50}{1,15} \cdot 2,01 \cdot 0,554 \right) = 242 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,(90 \text{ min})} = 71\% \text{ od } M_{Rd,0}$$

$$M_{Rd,(120 \text{ min})} = 85\% \text{ od } M_{Rd,0}$$

Proračunska vrijednosti učinka od djelovanja u požarnoj situaciji, uzevši u
obzir koef. umanjenja $\eta_{fi} = 0,58$ (ili $0,52$), iznosi 58% od $M_{Ed,0}$ (ili 52% od $M_{Ed,0}$)

GREDE I ODABRANA ARMATURA ZADOVOLJAVAJU POŽARNU OTPORNOST

Sljedeće predavanje



POPRAVCI I OJAČANJA