

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.



TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

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

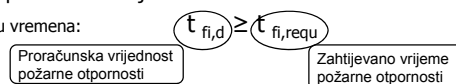
**MEHANIČKI PRORAČUN
I
MEHANIČKA DJELOVANJA**

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

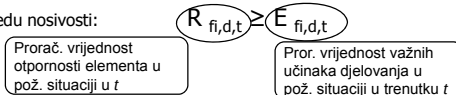
POŽAR – MEHANIČKI PRORAČUN

- Požarna otpornost utvrđuje se:

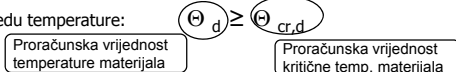
- u pogledu vremena:



- ili u pogledu nosivosti:



- ili u pogledu temperature:



TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

POŽAR – MEHANIČKI PRORAČUN U POGLEDU NOSIVOSTI

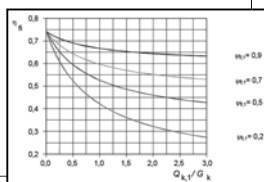
- Učinci djelovanja mogu se izvesti iz onih koji su određeni u proračunu za običnu temperaturu:

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

- 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 umanjjenja za proračunsko opterećenje u požarnoj situaciji

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

- $\psi_{fi,1}$ 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

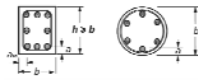
E-kriterij cjelovitosti

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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

Tablični podaci



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

Stupanj iskorištenosti u požarnoj situaciji

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

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

Požarna otpornost armiranobetonskih stupova zadovoljavajuća je uz minimalne dimenzije

(+ dodatna pravila)

R – kriterij nosivosti

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)			
	$\mu_{fi} = 0,35$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
	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

Dodatna 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)				
	moguće kombinacije				
	1	2	3	4	5
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_{ad} = 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_f/A_f za sprengute grede koje sadrže čelične grede djelomično obavijene betonom

		Standard Fire Resistance				
		R30	R60	R90	R120/R180	
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,3$ min b [mm] and additional reinforcement A_{sf} in relation to the area of flange A_f / A_f					
1.1	$b \geq 0,5 \cdot a$ min b	700,0	1000,0	1700,0	2000,0	2000,0
1.2	$b \geq 1,5 \cdot a$ min b	600,0	1000,0	1500,0	1800,0	2000,0
1.3	$b \geq 2,0 \cdot a$ min b	600,0	1000,0	1500,0	1800,0	2000,0
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,5$ min b [mm] and additional reinforcement A_{sf} in relation to the area of flange A_f / A_f					
2.1	$b \geq 0,5 \cdot a$ min b	800,0	1100,0	1500,0	1800,0	2000,0
2.2	$b \geq 1,5 \cdot a$ min b	600,0	1000,0	1500,0	1800,0	2000,0
2.3	$b \geq 2,0 \cdot a$ min b	700,0	1200,0	1800,0	2200,0	2500,0
2.4	$b \geq 3,0 \cdot a$ min b	600,0	1000,0	1500,0	1800,0	2000,0
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,7$ min b [mm] and additional reinforcement A_{sf} in relation to the area of flange A_f / A_f					
3.1	$b \geq 0,5 \cdot a$ min b	800,0	1100,0	1500,0	1800,0	2000,0
3.2	$b \geq 1,5 \cdot a$ min b	600,0	1000,0	1500,0	1800,0	2000,0
3.3	$b \geq 2,0 \cdot a$ min b	700,0	1200,0	1800,0	2200,0	2500,0
3.4	$b \geq 3,0 \cdot a$ min b	600,0	1000,0	1500,0	1800,0	2000,0

Tablični podaci

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

		Standard Fire Resistance					
		R30	R60	R90	R120	R180	R240
1.1	Minimum dimensions b_c and b_{cf} [mm]	150	190	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 a_{sf} [mm]	20*	30	30	40	50	50
2.1	Minimum dimensions b_c and b_{cf} [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 a_{sf} [mm]	-	20*	20*	30	40	-

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

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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

Tablični podaci

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

		Standard Fire Resistance			
		R30	R60	R90	R120
1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,28$	0,5	0,5	0,5	0,5
1.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	200	300	400
1.2	minimum axis distance of reinforcing bars a_{sf} [mm]	-	50	50	70
1.3	minimum ratio of reinforcement $A_{sf}/(A_c + A_{sf})$ in %	-	4	3	4
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,47$	160	300	400	-
2.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	300	400	-
2.2	minimum axis distance of reinforcing bars a_{sf} [mm]	-	50	70	-
2.3	minimum ratio of reinforcement $A_{sf}/(A_c + A_{sf})$ in %	-	4	4	-
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,66$	160	400	-	-
3.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	400	-	-
3.2	minimum axis distance of reinforcing bars a_{sf} [mm]	40	70	-	-
3.3	minimum ratio of reinforcement $A_{sf}/(A_c + A_{sf})$ in %	1	4	-	-

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

Osn razmak a:

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

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

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

IZVANREDNA POŽARNA PRORAČUNSKA SITUACIJA

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

česta vrijednost

nazovistalna vrijednost

Pojednostavljenje $\rightarrow$ koeficijent umanjenja η_i ovisan o $\xi = Q_{k,1}/G_k \rightarrow$ predstavlja vezu između: proračunske vrijednosti učinka od djelovanja u požarnoj situaciji i proračunske vrijednosti učinka od djelovanja pri normalnoj temperaturi

$$\eta_i = \frac{(\gamma_{GA} + \psi_{1,1} \cdot \xi)}{(\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi)} = \frac{1,0 + 0,5 \cdot \frac{20,52}{33,93}}{1,35 + 1,5 \cdot \frac{20,52}{33,93}} = \frac{1,302}{2,257} = 0,58$$

$$\eta_i = \frac{(\gamma_{GA} + \psi_{2,1} \cdot \xi)}{(\gamma_G + \gamma_Q \cdot \xi)} = \frac{1,0 + 0,3 \cdot \frac{20,52}{33,93}}{1,35 + 1,5 \cdot \frac{20,52}{33,93}} = \frac{1,182}{2,257} = 0,52$$

KOEFICIJENTI KOMBINACIJE ZA REDUKCIJU PROMJENJIVIH DJELOVANJA U ZGRADAMA

Promjenljivo djelovanje	Za vrijednost u kombinaciji ψ_0	Za čestu vrijednost ψ_1	Za nazov. 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 $\leq 30 \text{ kN}$	0.7	0.7	0.6
Težine vozila $\leq 160 \text{ kN}$	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

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

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

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

$$q_{f,d} = (m \cdot \delta_{q,1} \cdot \delta_{q,2} \cdot \delta_h \cdot q_{f,k}) = 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 600 = 835 \text{ MJ/m}^2$$

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

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

Faktor vezan uz namjenu; za urede $\delta_{q,2} = 1,0$ (tab. slj. slajd)

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

karakteristična gustoća požarnog opterećenja na jedinicu A_f ; uredi $= 600 \text{ MJ/m}^2$ (tab. slj. slajd)

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

$$\text{faktor prozračivanja } w_f = (6,0 \cdot H)^{-0,5} \cdot 0,62 + 90(0,4 - \frac{\alpha_s}{1 + h_s \cdot \alpha_s}) \geq 0,5 = 1,296$$

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

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

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

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

PRORAČUNSKI POŽAR

Faktor veličine odjeljka δ_{q1}

A_f (m ²)	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. prebacivač nije alarma požarnoj brigadi	Radna požarna brigada	Požarna brigada van zgrade	Sigurnosni pristupi	Uredaji 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% fraktalom (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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

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/m², 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 $t_{e,d} = 1253 \cdot 0,07 \cdot 1,296 = 114 \rightarrow 120 \text{ min (2.slučaj)}$

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

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

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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI -

TABLIČNI PRORAČUN

GREDE

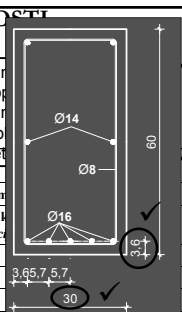
gućava da se za otpornost izraženu vremenski kao 30-, 60-, 90-, 120-, 180- ili 240-minutnu, vezanu na normiranu krivulju požara

1. Slučaj istovrijedno vrijeme izloženosti požaru 90 min

Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjerene širine grede / osni razmak moguće kombinacije		
1	2	3	
R 30	80/15*	160/12*	
R 60	120/25	200/12	
R 90	150/35	250/25	
R 120			
R 180			
R 240	280/75	500/60	650/60

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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

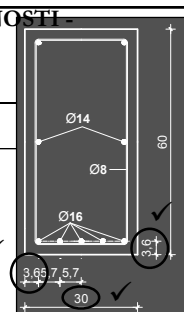


PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI -

TABLIČNI PRORAČUN

U donjim uglovima gređa dolazi do koncentracije viših temperatura.

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



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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

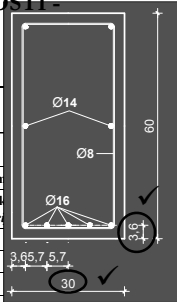
PRORACUN POZARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORACUN

2. Slučaj
istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
120 min

Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjere širina grede / osni razmak moguće kombinacije			Izložen na jednoj strani
	1	2	3	
R 30	80/15*	160/12*	3,65/7,5/7	110
R 60	120/25	200/12	3,65/7,5/7	130
R 90	150/35	250/25	3,65/7,5/7	150
R 120	200/45	300/35	3,65/7,5/7	170
R 180	250/75	350/63*	3,65/7,5/7	
R 240	350/110*	450/100*	3,65/7,5/7	

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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2



PRORACUN POZARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORACUN

U donjim uglovima greda dolazi do koncentracije viših temperatura.

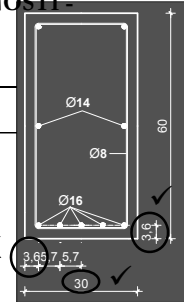
Bočni osni razmak mora biti:
 $a_{sd} = 35 + 10 = 45 \text{ mm}$

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 PRORACUNU POZARNE OTPORNOSTI ZA R 120 !



PRORACUN POZARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORACUN

STUPOVI

Norma dopušta primjenu najveće vrijednosti razina opterećenja za slučaj požara

istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
90 min

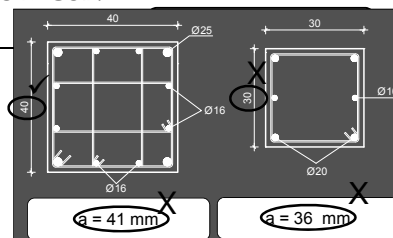
Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjere širina stupa / osni razmak (b_{min} / a)				Izložen na jednoj strani
	$\mu_t = 0,2$	$\mu_t = 0,5$	$\mu_t = 0,7$	$\mu_t = 0,7$	
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25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

* Minimalno 8 šipki

PRORACUN POZARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORACUN

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 PRORACUNU POZARNE OTPORNOSTI ZA R 90 !

PRORACUN POZARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORACUN

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 PRORACUNU POZARNE OTPORNOSTI ZA R 90 !

PRORACUN POZARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORACUN

STUPOVI

Norma dopušta primjenu najveće vrijednosti razina opterećenja za slučaj požara

istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
120 min

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

* Minimalno 8 šipki

**PRORACUN 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 !

**PRORACUN 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 !

**PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI -
POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK**

TEMPERATURNI ANALIZA $\Rightarrow$ **OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA**

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

**PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI -
POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK**

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

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

proračunska nosivost na pozitivno savijanje elementa u požarnoj situaciji

karakteristična čvrstoća čelika i -te šipke pri uobičajenoj temperaturi $f_{yk}(20^\circ\text{C})$:
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: $\varnothing 16 \rightarrow A_s = 2,01 \text{ cm}^2$

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

**PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI -
POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK**

Koeficijent umanjenja karakteristične čvrstoće čelika

A - Vruće valjani betonski čelik
B - Hladno obrađeni betonski čelik
C - Poboļšani čelik za prednapinjanje
D - Hladno obrađeni čelik za prednapinjanje

temperatura θ ($^\circ\text{C}$)

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

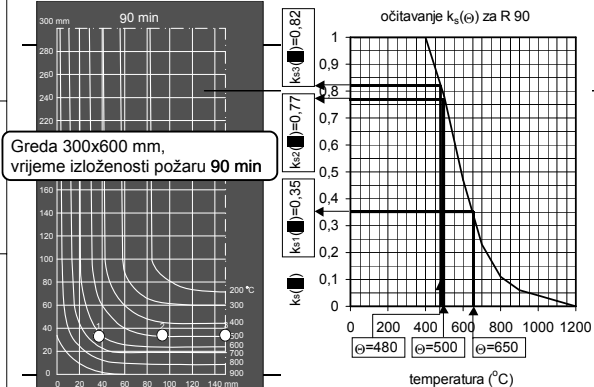
**PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI -
POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK**

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

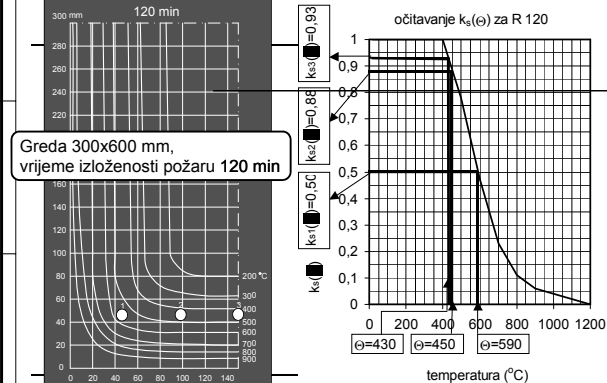
temperaturni profili za grede različitih poprečnih presjeka i različita vremena izloženosti normiranim uvjetima zagrijavanja

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

KOEFICIJENT UMANJENJA KARAKTERISTIČNE ČVRSTOĆE ČELIKA



KOEFICIJENT UMANJENJA KARAKTERISTIČNE ČVRSTOĆE ČELIKA



OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

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

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

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

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

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 $c = 3 \text{ cm}$

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

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

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

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

GREDE I ODABRANA ARMATURA ZADOVOLJAVAJU POŽARNU OTPORNOST

Sljedeće predavanje

POPRAVKI I OJAČANJA