

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:

Proračunska vrijednost požarne otpornosti

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

Zahtijevano vrijeme požarne otpornosti

- ili u pogledu nosivosti:

Prorač. vrijednost otpornosti elementa u pož. situaciji u t

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

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

- ili u pogledu temperature:

Proračunska vrijednost temperature materijala

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

Proračunska vrijednost kritične temp. materijala

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

POŽAR – MEHANIČKI PRORAČUN U POGLEDU NOSIVOSTI

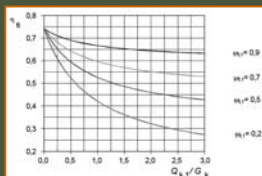
- Učinci djelovanja mogu se izvesti iz onih koji su određeni u proračunu za običnu temperaturu:

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

- 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 umanjenja za proračunsko opterećenje u požarnoj situaciji

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

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



Tablični podaci

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

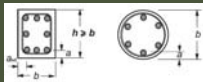
E-kriterij cjelovitosti

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

$a_{ed} = a + 10$ 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_p za **spregnute 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_{s2} in relation to the area of flange A_{s1} / A_f					
1.1	$h \geq 0,9 \times \text{min } b$	700/8	1000/8	1170/8	1270/8	1500/8
1.2	$h \geq 1,5 \times \text{min } b$	600/8	1000/8	1170/8	1270/8	1500/8
1.3	$h \geq 2,0 \times \text{min } b$	600/8	1000/8	1170/8	1270/8	1500/8
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,5$ min b [mm] and additional reinforcement A_{s2} in relation to the area of flange A_{s1} / A_f					
2.1	$h \geq 0,9 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
2.2	$h \geq 1,5 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
2.3	$h \geq 2,0 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
2.4	$h \geq 3,0 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,7$ min b [mm] and additional reinforcement A_{s2} in relation to the area of flange A_{s1} / A_f					
3.1	$h \geq 0,9 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
3.2	$h \geq 1,5 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
3.3	$h \geq 2,0 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8
3.4	$h \geq 3,0 \times \text{min } b$	800/8	1170/8	1270/8	1500/8	1700/8

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	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_{s2} [mm]	20*	30	30	40	50	50
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 a_{s2} [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 **spregnute stupove od čeličnih presjeka djelomično obavijenih betonom**

		Standard Fire Resistance			
		R30	R60	R90	R120
1	Minimum ratio of web to flange thickness a_w/a_f	0,5	0,5	0,5	0,5
1.1	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,28$				
1.2	minimum dimensions h and b [mm]	160	200	300	400
1.3	minimum axis distance of reinforcing bars a_{s2} [mm]	50	50	70	70
2	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,47$				
2.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	300	400	-
2.2	minimum axis distance of reinforcing bars a_{s2} [mm]	50	70	70	-
2.3	minimum ratio of reinforcement $A_{s2}/(A_s + A_{s1})$ in %	-	4	4	-
3	Minimum cross-sectional dimensions for load level $\eta_{L1} \leq 0,66$				
3.1	minimum dimensions h and b [mm]	160	400	-	-
3.2	minimum axis distance of reinforcing bars a_{s2} [mm]	40	70	-	-
3.3	minimum ratio of reinforcement $A_{s2}/(A_s + A_{s1})$ in %	1	4	-	-

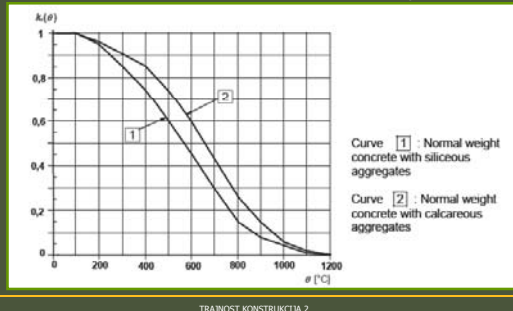
Tablični podaci

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

	Standard Fire Resistance	R30 R60 R90 R120 R180				
		R30	R60	R90	R120	R180
1 Minimum cross-sectional dimensions for load level $\rho_{k,1} \leq 0.28$		160	200	220	260	400
1.1 Minimum dimensions h and b or minimum diameter d [mm]		160	200	220	260	400
1.2 Minimum ratio of reinforcement $A_{s1} / (A_c + A_{s1})$ in (%)		0	1.5	3.0	6.0	6.0
1.3 Minimum axis distance of reinforcing bars a_{s1} [mm]		-	30	40	50	60
2 Minimum cross-sectional dimensions for load level $\rho_{k,1} \leq 0.47$		260	260	400	450	500
2.1 Minimum dimensions h and b or minimum diameter d [mm]		260	260	400	450	500
2.2 Minimum ratio of reinforcement $A_{s1} / (A_c + A_{s1})$ in (%)		0	3.0	6.0	6.0	6.0
2.3 Minimum axis distance of reinforcing bars a_{s1} [mm]		-	30	40	50	60
3 Minimum cross-sectional dimensions for load level $\rho_{k,1} \leq 0.66$		260	450	550	-	-
3.1 Minimum dimensions h and b or minimum diameter d [mm]		260	450	550	-	-
3.2 Minimum ratio of reinforcement $A_{s1} / (A_c + A_{s1})$ in (%)		3.0	6.0	6.0	-	-
3.3 Minimum axis distance of reinforcing bars a_{s1} [mm]		25	30	40	-	-

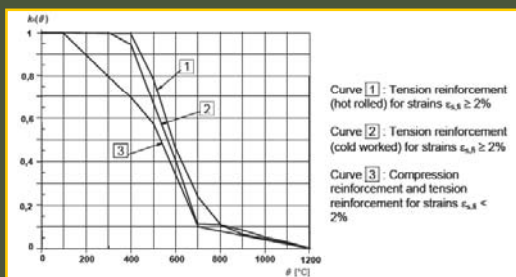
Primjeri promjene svojstava nekih materijala pri visokim temperaturama

- Koeficijent redukcije karakteristične čvrstoće betona f_{ck}



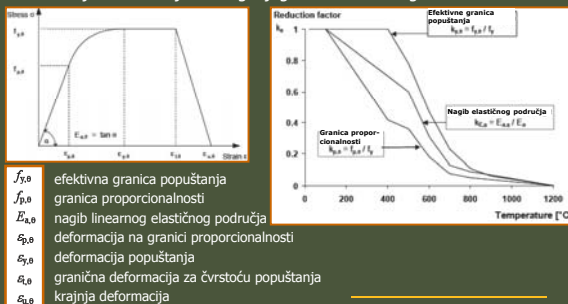
Primjeri promjene svojstava nekih materijala pri visokim temperaturama

- Koeficijent redukcije karakteristične čvrstoće armaturnog čelika f_{yk}



Primjeri promjene svojstava nekih materijala pri visokim temperaturama

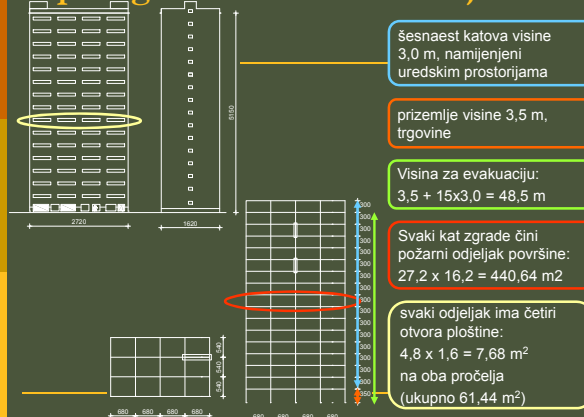
- Koeficijenti redukcije radnog dijagrama karbonskog čelika



TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

Primjer: Provjera zgrade na požarno djelovanje

Opis zgrade i ab konstrukcije



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:

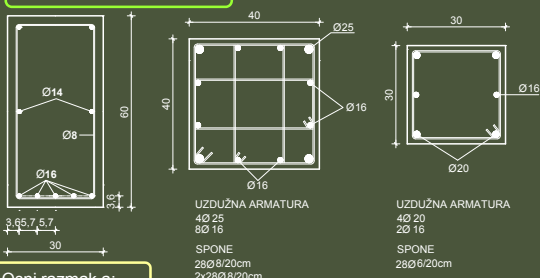
$q_k = 3,0 \cdot 5,4 + 0,8 \cdot 5,4 = 20,52 \text{ kN/m}$

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



Osnj 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

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

česta vrijednost

nazovistalna vrijednost

Pojednostavljenje → 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_k	Za čestu vrijednost ψ_1	Za nazovistalnu vrijednost ψ_2
Uporabna opterećenja u zgradama			
domaćinstva, stambene prostorije	0.7	0.5	0.3
uređi	0.7	0.5	0.3
prostor 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 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 pod požarnog odjeljka A_f :

$$q_{f,d} = m \cdot \delta_{q,1} \cdot \delta_{q,2} \cdot \delta_{q,3} \cdot q_{f,k} = 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 600 = 835 \text{ MJ/m}^2$$

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 uređi $\delta_{q,2}=1,0$ (tab. slj. slajd)

Faktor vezan uz aktivne mjere požarne zaštite $\delta_{q,3}=0,87$ (tab. slj. slajd)

karakteristična gustoća požarnog opterećenja na jedinicu A_f ; uređi $= 600 \text{ MJ/m}^2$ (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 $w_f = (6,0 \cdot H)^{-0,3} \cdot 0,62 + 90(0,4 \cdot \frac{A_v}{A_f} + 1) \cdot \frac{1}{1 + 0,2 \cdot \frac{A_v}{A_f}} \geq 0,5 = 1,296$

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

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

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

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

PRORAČUNSKI POŽAR

Faktor veličine odjeljka δ_{q1}

Faktor vezan uz namjenu δ_{q2}

A_v (m ²)	δ_{q1}
25	1,10
250	1,50
2500	1,90
5000	2,00
10000	2,13

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	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% 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

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

odrede

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

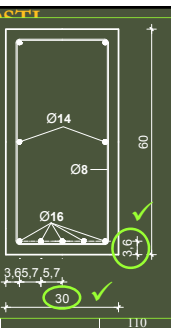
odrede

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*	3.65/7.5.7
R 60	120/25	200/12	30
R 90	150/35	250/25	110
R 120	200/50	300/30	130
R 180	250/75	400/40	150
R 240	300/100	500/60	170

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

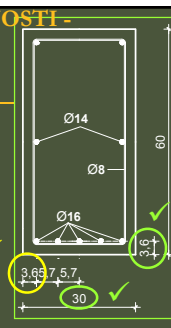
TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2



PRORAČUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

U donjim uglovima greda 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

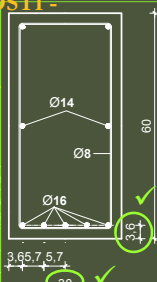
PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

2. Slučaj
istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
120 min

Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjerene širine grede / osni razmak		Izložen na jednoj strani
	1	2	
R 30	80/15*	160/12*	155/25
R 60	120/25	200/12	155/25
R 90	150/35	250/25	155/25
R 120	200/45	300/35	155/25
R 180	250/55	350/45	175/35
R 240	300/65	400/55	195/55

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

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2



PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

U donjim uglovima greda dolazi do koncentracije viših temperatura.

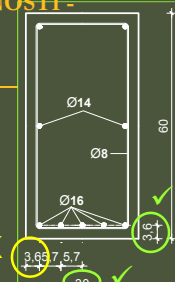
Bočni osni razmak mora biti:
 $a_{sd} = 35 + 10 = 45 \text{ mm}$

povećanjem zaštitnog sloja na 30 mm

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 !



PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI - TABLIČNI PRORAČUN

STUPOVI

Norma dopušta primjenu najveće vrijednosti razina opterećenja za slučaj požara

istovrijedno
vrijeme
izloženosti
požaru
90 min

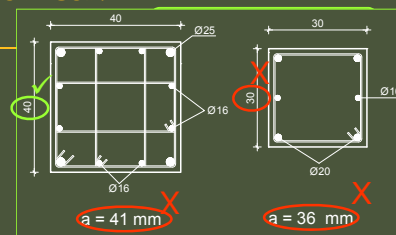
Normirana požarna otpornost	Najmanje izmjerene širine stupa / osni razmak (b_{min} / a)				Izložen na jednoj strani
	$\mu_n = 0,2$	$\mu_n = 0,5$	$\mu_n = 0,7$	$\mu_n = 0,7$	
R 30	200/25	200/25	200/32	300/27	155/25
R 60	200/25	200/36	250/46	350/40	155/25
R 90	200/31	300/45	350/53	450/40	155/25
R 120	300/25	300/38	350/53	450/40	175/35
R 180	350/45*	350/63*	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
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 !

PRORACUN 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 !

PRORACUN 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 izmjerene širine stupa / osni razmak (b_{min} / a)				Izložen na jednoj strani
	$\mu_n = 0,2$	$\mu_n = 0,5$	$\mu_n = 0,7$	$\mu_n = 0,7$	
R 30	200/25	200/25	200/32	300/27	155/25
R 60	200/25	200/36	250/46	350/40	155/25
R 90	200/31	300/45	350/53	450/40	155/25
R 120	300/25	300/38	350/53	450/40	175/35
R 180	350/45*	350/63*	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

TEMPERATURN
ANALIZA

→

OTPORNOST POPREČNOG
PRESJEKA

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI - POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK

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

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

- 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 umanjnja karakteristične čvrstoće čelika i -te šipke za danu temperaturu Θ

PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI - POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK

Koeficijent umanjnja karakteristične čvrstoće čelika

A - Vruće valjani betonski čelik

B - Hladno obrađeni betonski čelik

C - Poboļjšani čelik za prednapinjanje

D - Hladno obrađeni čelik za prednapinjanje

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

PRORACUN POŽARNE OTPORNOSTI - POJEDNOSTAVNJENI POSTUPAK

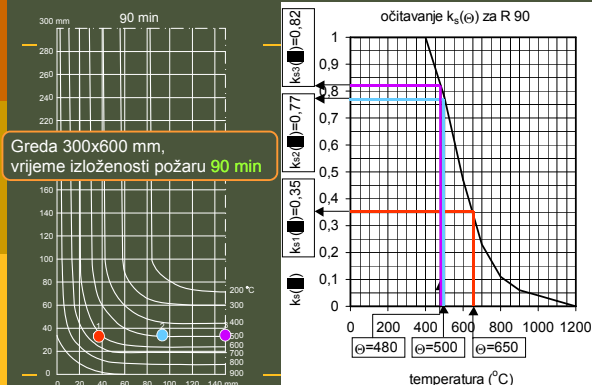
Dodatak A, EN 1992-1-2 (Dodatak B, HRN ENV 1992-1-2)

→

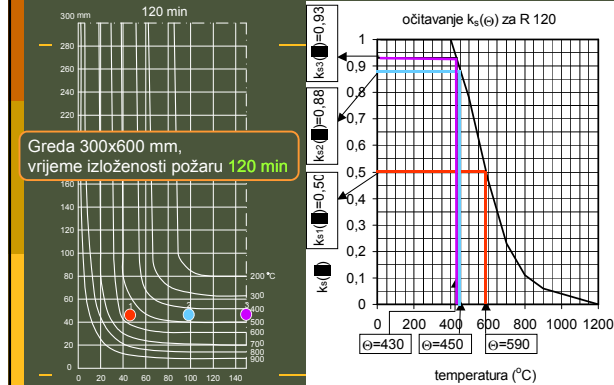
temperaturni profili za grede različitih poprečnih presjeka i različita vremena izloženosti normiranim uvjetima zagrijavanja

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

KOEFICIJENT UMANJENJA KARAKTERISTIČNE ČVRSTOĆE ČELIKA



KOEFICIJENT UMANJENJA KARAKTERISTIČNE ČVRSTOĆE ČELIKA



OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

Uz očitane koeficiente 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, uzetvi 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