



**INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE d.d.**  
CIVIL ENGINEERING INSTITUTE OF CROATIA  
ZAVOD ZA BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE  
CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES DEPARTMENT  
ODJEL ZA KONSTRUKCIJE  
STRUCTURAL DIVISION  
CROATIA, 10 000 ZAGREB, J. RAKUŠE 1, Fax +385 1 / 61 25 100

## **Statički proračun stropnog sustava Wienerberger Ilovac, d.d., Karlovac**

**Stropna konstrukcija s udvojenim prednapetim opečnim gredicama**

1. rujna 2006.



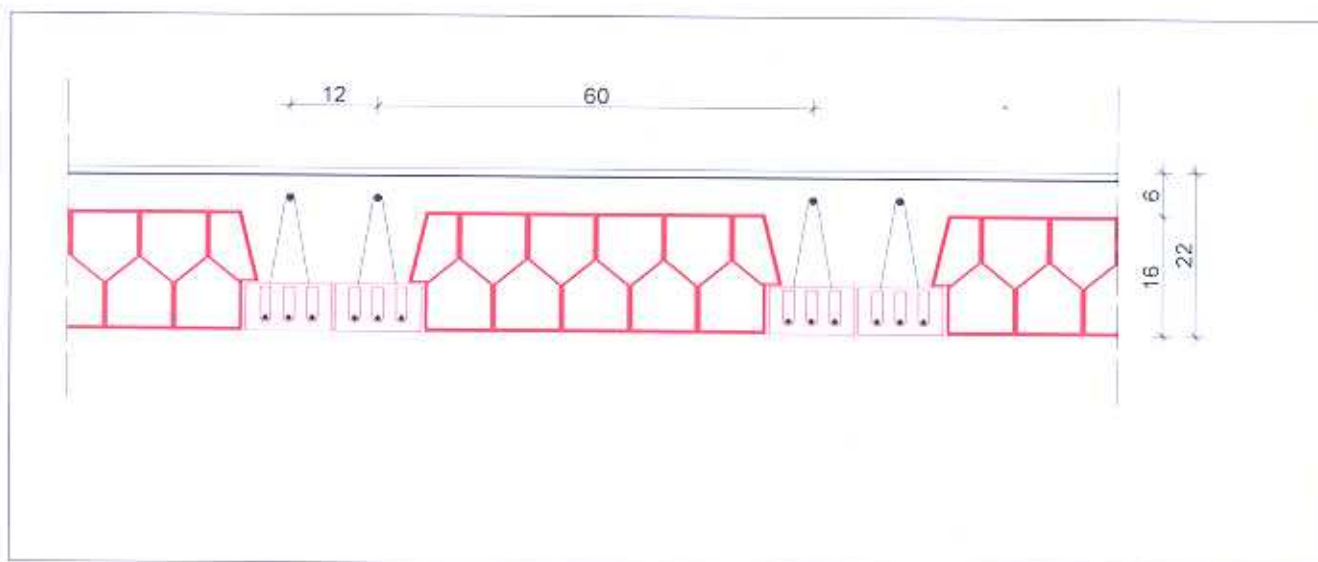
**INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE d.d.**  
CIVIL ENGINEERING INSTITUTE OF CROATIA  
ZAVOD ZA BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE  
CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES DEPARTMENT  
ODJEL ZA KONSTRUKCIJE  
STRUCTURAL DIVISION  
CROATIA, 10 000 ZAGREB, J. RAKUŠE 1, Fax +385 1 / 61 25 100

GRAĐEVINA:	Stropni sustav
NARUČITELJ:	Wienerberger Ilovac, d.d., 47000 Karlovac Donje Pokupje 2
BROJ NARUDŽBE: RADNI NALOG:	21008807
<b>Statički proračun stropnog sustava Wienerberger Ilovac, d.d., Karlovac Stropna konstrukcija s udvojenim prednapetim opečnim gredicama</b>	
IZVRŠITELJ:	ODJEL ZA KONSTRUKCIJE ZAVOD ZA BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE INSTITUT GRAĐEVINARSTVA HRVATSKE
BROJ IZVJEŠTAJA:	21-2646/06
BROJ UNUTARNJE EVIDENCIJE:	2111-371/06
OBRADILI:	Prof. dr. DRAŽEN ANIČIĆ, dipl. ing. građ.
VODITELJ ODJELA:	IGOR DŽAJIĆ, dipl. ing. građ. 
DIREKTOR ZAVODA ZA BETONSKE I ZIDANE KONSTRUKCIJE:	mr. sc. DAMIR TKALČIĆ, dipl. ing. građ.  
DATUM:	1. rujna 2006.



## Statički proračun stropne konstrukcije s udvojenim prednapetim opečnim gredicama

### Poprečni presjek stropa



### 1 Podaci o materijalima

#### 1.1 Stropna gredica tip POG

Opečna prednapeta predgotovljena gredica iz proizvodnje Wienerberger Kocszeg, Madarska  
Poprečni presjek gredice  $b/h = 120/65$  mm  
Armatura  $\varnothing 2,5$  mm; čelik 1800/2000 ( $\text{N/mm}^2$ )  
Broj žica u gredici je promjenjiv, ovisno o tipu gredice i odgovara oznaci gredice:  
POG6, POG7, POG8, POG9, POG10, POG12, POG13, POG14, POG16, POG17, POG19  
Vlastita težina gredice  $g_1 = 16 \text{ kg/m}^1$

#### 1.2 Element ispune POROTHERM EZ 60/16

Izmjere: širina 5150 mm    duljina 250 mm    visina 160 mm  
Vlastita težina  $g_2 = 15,0 \text{ kg/kom}$   
Karakteristična tlačna čvrstoća u vertikalnom smjeru  $f_{bk,v} = 10 \text{ N/mm}^2$

#### 1.3 Beton gredice

$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$  (C40/50)  
 $f_{ctk,0,05} = 2,5 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{Rd} = 0,41 \text{ N/mm}^2$   
 $\gamma_c = 2400 \text{ kg/m}^3$





#### 1.4 Beton izveden na gradilištu (tlačna ploča i rebra između elemenata ispune)

$$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2 \text{ (C20/25)}$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_c = 2500 \text{ kg/m}^3$$

#### 1.5 Čelik za prednapinjanje

Promjer žice: 2,5 mm

$$f_{p0,1k} / f_{pk} = 1765/1960 \text{ (N/mm}^2\text{) ili 1800/2000}$$

$$\text{Proračunska vrijednost granice popuštanja } f_{pk,d} = 0,85 f_{p0,1k} = 0,85 \cdot 1765 = 1500 \text{ N/mm}^2$$

#### 1.6 Čelik za armiranje (spone)

Promjer: 4,2 mm

$$f_{yk}/f_k = 500/550 \text{ (N/mm}^2\text{) ili bolji}$$

#### 1.7 Parcijalni koeficijenti sigurnosti za materijale

Beton  $\gamma_c = 1,5$

Čelik za prednapinjanje  $\gamma_s = 1,15$

Čelika za armiranje  $\gamma_s = 1,15$

## 2 Podaci o djelovanjima

### 2.1 Vlastita težina stropa

Na 1 m<sup>2</sup> stropa pripada:

$$\text{gredice } 2,16 \cdot (100/72) = 44,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{elementi ispune } 4 \cdot 15 \cdot (100/72) = 83,3 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{rebro } 0,22 \cdot 0,095 \cdot 2500 \cdot (100/72) = 72,6 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{tlačna ploča } 0,06 \cdot 2500 = 150,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ukupno } g_3 = 350,0 \text{ kg/m}^2$$

$$g_3 = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

### 2.2 Dodatno stalno opterećenje

$$\text{plafonska žbuka } 2,18 = 36 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{podni estrih } 4,16 = 64 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{podovi } 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{laki pregradni zidovi od gipsanih ploča } 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ukupno } g_4 = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$g_4 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

### 2.3 Uporabno opterećenje

$$Q_{\min} = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\max} = 5,0 \text{ kN/m}^2$$



## 2.4 Parcijalni koeficijent sigurnosti za djelovanja

Stalno djelovanje  $\gamma_G = 1,35$

Promjenjivo djelovanje  $\gamma_Q = 1,50$

## 3 Geometrijske značajke stropa

### 3.1 Oblik stropa

Vidi crtež.

Visina gotove stropne konstrukcija  $h = 16 + 6 = 22$  cm

Razmak između osi gredica  $b = 60 + 12 = 72$  cm

### 3.2 Moment tromosti

Bruto ploština poprečnog presjeka  $A_0 = 220 \cdot 1000 = 220000$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Ploština betonskog presjeka  $A_1 = 220.95 \cdot (100/72) + 60 \cdot 1000 = 29028 + 60000 = 89028$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Ploština betonskog presjeka s gredicama  $A_2 = A_1 + 240.65 \cdot (100/72) = 89028 + 21667 = 110695$  mm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Položaj težišta presjeka  $A_2$  od donjeg ruba

$y = (29028 \cdot 160 + 60000 \cdot 190 + 21667 \cdot 32,5) / 110695 = 151$  mm

Moment tromosti neraspucalog presjeka  $A_2$ :

$I_2 = (100/72) \cdot 240.65^3 / 12 + (100/72) \cdot 220.95^3 / 12 + 1000 \cdot 60^3 / 12 + (100/72) \cdot 240.65 \cdot (151 - 32,5)^2 + (100/72) \cdot 220.95 \cdot (151 - 112,5)^2 + 1000 \cdot 60 \cdot (190 - 151)^2$

$I_2 = 7,63 \cdot 10^6 + 21,8 \cdot 10^6 + 18,0 \cdot 10^6 + 304 \cdot 10^6 + 43,0 \cdot 10^6 + 91,3 \cdot 10^6 = 485,7 \cdot 10^6$  mm<sup>4</sup>

### 3.3 Modul elastičnosti

$E_{cm} = 29000$  N/mm<sup>2</sup> za C20/25

### 3.4 Krutost na savijanje za kratkotrajno opterećenje

$E_{cm} I_2 = 29000 \cdot 485,7 \cdot 10^6 = 14,09 \cdot 10^{12}$  Nmm<sup>2</sup>/1 m širine stropa

### 3.5 Krutost na savijanje za dugotrajno opterećenje

Prema HRN ENV 1992-1-1

- za RH=50% - relativna vlažnost zraka - suho uvjeti okoliša

- za  $u = 1000$  mm opseg presjeka - samo donja ploha

$2A_c/u = 2 \cdot A_0/u = 2 \cdot 220000/1000 = 440 \approx 600$

- za  $t_0 = 28$  dana (starost pri opterećivanju)

iznosi konačna vrijednost koeficijenta pužanja  $\Phi = 2,0$

$E_{cm\infty} = E_{cm} / \Phi = 14500$  N/mm<sup>2</sup>

$E_{cm\infty} I_2 = 7,05 \cdot 10^{12}$  Nmm<sup>2</sup>/1 m širine stropa



### 3.6 Ploštine vlačne armature

Ploština vlačne armature na 1 m širine stropa

$$A_p = 2 \cdot A \cdot (100/72) = 2,777 A \text{ (mm}^2/\text{m)}$$

A - ploština čelika za prednapinjanje u jednoj gredici

$$\text{Za } \phi 2,5 \text{ mm } A_1 = 4,906 \text{ mm}^2$$

POG	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
A (mm <sup>2</sup> )	29,44	34,34	39,25	44,15	49,06	58,87	63,78	68,68	78,50	83,40	93,21
A <sub>p</sub> (mm <sup>2</sup> /m)	81,75	95,36	109,00	122,60	136,24	163,48	177,12	190,72	218,00	231,60	258,86

### 4 Duljine - svijetli otvori - rasponi

Proizvodne duljine (cm)	250 275
L	300 325 350 375 400 425 450 475 500 525 550 575 600 625 650 675
Svijetli otvori (cm)	225 250 275
L <sub>0</sub> = L - 2.12,5	300 325 350 375 400 425 450 475 500 525 550 575 600 625 650
Proračunski rasponi (cm)	233 258 283 308
L <sub>r</sub> = L <sub>0</sub> + (1/3).12,5 . 2 = L - 17	333 358 383 408 433 458 483 508 533 558 583 608 633 658

### 5 Proračun unutarnjih sila

Pretpostavka proračuna: slobodno oslonjeni nosač. Zanimaruje se upetost koja bi se mogla ostvariti spriječenom deformacijom stropa na ležajevima zbog kontinuiteta ili vertikalnog opterećenja zidom iznad ležaja.

#### Momenti savijanja

$$M_{sd} = (\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q) \cdot L_r^2 / 8 = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q) \cdot L_r^2 / 8 \text{ (kNm)}$$

## Poprečne sile

$$V_{sd} = (\gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q) \cdot L_r / 2 = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q) \cdot L_r / 2 \text{ (kN)}$$

## 6 Proračun nosivosti

### 6.1 Nosivost (otpornost) pri djelovanju momenta savijanja

Proračun se provodi kao za armiranobetonski presjek uz ograničenje deformacija za  $\epsilon_b = 0,0035$  (beton) i  $\epsilon_s = 0,0050$  (čelik).

Nosivost tlačnog betona

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$x = 60 \text{ mm}$$

$$f_{cd} = 0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 20 / 1,5 = 11,33 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{cd} = b \cdot x \cdot f_{cd} = 1000 \cdot 0,85 \cdot 60 \cdot 11,33 = 578 \text{ kN} > F_{sd,POG19} = 337 \text{ kN}$$

Nosivost čelika za prednapinjanje

$$f_{pk,d} = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{pd} = f_{pk,d} / \gamma_s = 1500 / 1,15 = 1300 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{sd} = A_p \cdot f_{pd}$$

Krak unutarnjih sila za  $x=60 \text{ mm}$ ,  $a=22 \text{ mm}$

$$z = 220 - 60/2 - 22 = 168 \text{ mm} = 0,168 \text{ m}$$

Otpornost presjeka

$$M_{Rd} = F_{sd} \cdot z \text{ (za 1 m širine stropa)}$$

**Tablica 3 - Otpornost presjeka za djelovanje momenta savijanja**

	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
$A_p$ (mm <sup>2</sup> /m)	81,75	95,36	109,00	122,60	136,24	163,48	177,12	190,72	218,00	231,60	258,86
$F_{sd}$ (kN)	106	124	142	159	177	213	230	248	283	301	337
$M_{Rd}$ (kNm)	17,81	20,83	23,86	26,71	29,74	35,78	38,64	41,66	47,54	50,57	56,61

Funkcijska zavisnost momenta nosivosti, proračunskog raspona i uporabnog opterećenja dobiva se iz formule

$$M_{Rd} = M_{sd} = (1,35 G + 1,50 Q) L_r^2 / 8 \text{ ili nakon preuređenja:}$$

$$Q = 5,33 M_{Rd} / L_r^2 - 0,90 G$$

a kako je  $G = 3,5 + 2,0 = 5,5 \text{ kN/m}^2$  dobiva se

$$Q = 5,33 M_{Rd} / L_r^2 - 4,95$$



**Tablica 4 - Nosivost za uporabno opterećenja za djelovanje momenta savijanja**

	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
$M_{Rd}$ (kNm)	17,81	20,83	23,86	26,71	29,74	35,78	38,64	41,66	47,54	50,57	56,61
$X=5,33 \cdot M_{Rd}$	94,93	111	127	142	159	191	206	222	253	270	301
Za $L_r$ (m)	Q (kN/m <sup>2</sup> ) *										
2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,08	5,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,33	3,61	5,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,58	2,46	3,71	4,96	-	-	-	-	-	-	-	-
3,83	1,52	2,62	3,71	4,73	-	-	-	-	-	-	-
4,08	-	1,72	2,68	3,58	4,60	-	-	-	-	-	-
4,33	-	-	1,82	2,62	3,53	5,24	-	-	-	-	-
4,58	-	-	-	1,82	2,63	4,16	4,87	-	-	-	-
4,83	-	-	-	-	1,87	3,24	3,88	4,57	-	-	-
5,08	-	-	-	-	-	2,45	3,03	3,65	4,85	-	-
5,33	-	-	-	-	-	1,77	2,30	2,86	3,96	4,55	5,65
5,58	-	-	-	-	-	-	1,67	2,18	3,18	3,72	4,72
5,83	-	-	-	-	-	-	-	1,58	2,49	2,99	3,91
6,08	-	-	-	-	-	-	-	-	1,89	2,35	3,19
6,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,79	2,56
6,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00

\* Vidi proračun nosivosti na poprečnu silu i progib. Mjerodavna je najmanja vrijednost.

## 6.2 Nosivost (otpornost) pri djelovanju poprečne sile

Za proračunsku vrijednost poprečne sile uzeta je reakcija na ležaju. Zanemaren je povoljan utjecaj izravnog prijenosa poprečne sile u ležaj kojim se smanjuje proračunska poprečna što daje povećanu sigurnost na djelovanje poprečne sile.

### 6.2.1 Nosivost betonskog presjeka bez spona

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} \cdot k \cdot (1,2 + 40\rho_w) b_w \cdot d$$

$$d = 198 \text{ mm} \quad \text{statička visina}$$

$$b_w = 240 - 35 = 205 \text{ mm} \quad \text{širina rebra na najužem mjestu}$$

$$\text{Za jedno rebro: } b_{wt} \cdot d = 40590 \text{ mm}^2$$

$$\text{Na 1 m širine stropa: } b_w \cdot d = (100/72) \cdot 40590 = 56375 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \text{ N/mm}^2 \quad \text{proračunska vrijednost posmične otpornosti}$$

$$k = 1,6 - d = 1,6 - (0,220 - 0,022) = 1,402$$

$$\rho_w = A_p / (b_w \cdot d) = 17,74 \cdot 10^{-6} A_p$$

$$\min V_{Rd1} = 0,25 \cdot 1,402 \cdot (1,26 \text{ do } 1,38) \cdot 56375 = 24,90 \text{ do } 27,27 \text{ kN}$$



Za POG6	$\rho_w = 1,45 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,26$	$V_{Rd1} = 24,90$ kN
Za POG7	$\rho_w = 1,69 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,27$	$V_{Rd1} = 25,10$ kN
Za POG8	$\rho_w = 1,93 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,28$	$V_{Rd1} = 25,30$ kN
Za POG9	$\rho_w = 2,17 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,29$	$V_{Rd1} = 25,49$ kN
Za POG10	$\rho_w = 2,42 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,30$	$V_{Rd1} = 25,69$ kN
Za POG12	$\rho_w = 2,90 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,32$	$V_{Rd1} = 26,09$ kN
Za POG13	$\rho_w = 3,14 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,33$	$V_{Rd1} = 26,28$ kN
Za POG14	$\rho_w = 3,38 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,34$	$V_{Rd1} = 26,48$ kN
Za POG16	$\rho_w = 3,87 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,35$	$V_{Rd1} = 26,68$ kN
Za POG17	$\rho_w = 4,11 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,36$	$V_{Rd1} = 26,88$ kN
Za POG 19	$\rho_w = 4,59 \cdot 10^{-3}$	$(1,2 + 40\rho_w) = 1,38$	$V_{Rd1} = 27,27$ kN

$$V_{Rd1} = V_{Sd} = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q) \cdot L_r / 2 \text{ (kN)}$$

ili nakon uredenja uz  $G = 3,5 + 2,0 = 5,5 \text{ kN/m}^1$

$$Q_l = 1,33 V_{Rd1} / L_r - 4,95 \text{ (kN/m}^1 = \text{kN/m}^2)$$

**Tablica 5 - Nosivost za uporabno opterećenje za djelovanje poprečne sile za gredicu bez spona**

	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
$V_{Rd1}$ (kN)	24,90	25,10	25,30	25,49	25,69	26,09	26,28	26,48	26,68	26,88	27,27
$1,33 \cdot V_{Rd1}$	33,11	33,38	33,65	33,90	34,17	34,70	34,95	35,22	35,48	35,75	36,27
Za $L_r$ (m)	$Q \text{ (kN/m}^2) *$										
2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,08	5,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,33	4,99	5,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,58	4,30	4,37	4,45	-	-	-	-	-	-	-	-
3,83	3,69	3,77	3,84	3,90	-	-	-	-	-	-	-
4,08	-	3,23	3,30	3,35	3,43	-	-	-	-	-	-
4,33	-	-	2,82	2,88	2,94	3,06	-	-	-	-	-
4,58	-	-	-	2,45	2,51	2,63	2,68	-	-	-	-
4,83	-	-	-	-	2,12	2,23	2,29	2,34	-	-	2,56
5,08	-	-	-	-	1,78	1,88	1,93	1,98	2,03	2,09	2,19
5,33	-	-	-	-	-	1,56	1,61	1,66	1,71	1,76	1,85
5,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,46	1,55
5,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Vidi proračun nosivosti na poprečnu silu i progib. Mjerodavna je najmanja vrijednost.

## 6.2.2 Nosivost presjeka sa sponama

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

$$V_{cd} = V_{Rd1}$$

$$V_{wd} = [A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} (1 + \text{ctg } \alpha) \cdot \sin \alpha] / s_w$$

gdje je:

$$A_{sw} = 2.13,85 = 27,70 \text{ mm}^2 \quad \text{ploština presjeka jedne dvorezne spone}$$

$s_w$  razmak spona (pretpostavljeno: 250 mm)

$$z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 198 = 178 \text{ mm} \quad \text{krak unutarnjih sila}$$

$$f_{ywd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2 \quad \text{proračunska granica popuštanja čelika spona}$$

$\alpha$  kut nagiba spona.

$$V_{wd} = [27,70 \cdot 178 \cdot 435 (1 + 1) \cdot 0,707] / 250 = 12,13 \text{ kN/gredica}$$

Za 1 m širine stropa

$$V_{wd} = (100/72) \cdot 2 \cdot 12,13 = 33,70 \text{ kN/m širine}$$

$$Q_3 = 1,33 V_{Rd3} / L_r = 4,95 \text{ (kN/m}^1 = \text{kN/m}^2)$$

**Tablica 6 - Nosivost za uporabno opterećenja za djelovanje poprečne sile za gredicu sa sponama**

	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
$V_{Rd1}$ (kN)	24,90	25,10	25,30	25,49	25,69	26,09	26,28	26,48	26,68	26,88	27,27
$V_{wd}$ (kN)	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70	33,70
$V_{Rd3}$ (kN)	58,60	58,80	59,00	59,19	59,39	59,79	59,98	60,18	60,38	60,58	60,97
$1,33 \cdot V_{Rd3}$	77,94	78,20	78,47	78,72	78,99	79,52	79,77	80,04	80,31	80,57	81,09
Za $L_r$ (m)	$Q$ (kN/m <sup>2</sup> ) *										
2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,83	15,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,08	-	14,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,33	-	-	13,17	-	-	-	-	-	-	-	-
4,58	-	-	12,18	-	-	-	-	-	-	-	-
4,83	-	-	11,30	-	-	-	-	-	-	-	-
5,08	-	-	10,50	10,55	10,60	-	-	-	-	-	-
5,33	-	-	9,77	9,82	9,87	9,97	10,02	10,07	10,12	10,17	10,26
5,58	-	-	-	-	-	9,30	9,35	9,39	9,44	9,49	9,58
5,83	-	-	-	-	-	-	-	8,78	8,83	8,87	8,96
6,08	-	-	-	-	-	-	-	-	8,26	8,30	8,39
6,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,78	7,86
6,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,29	7,37

\* Vidi proračun nosivosti na poprečnu silu i progib. Mjerodavna je najmanja vrijednost.



### 6.2.1 Nosivost tlačnih štapova

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} \cdot b_w \cdot z$$

$$v = 0,7 - f_{ck}/200 = 0,7 - 20/200 = 0,6$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot 0,6 \cdot (20/1,5) \cdot 205 \cdot (100/72) \cdot 168 = 191 \text{ kN/m širine} \gg V_{Rd3} - \text{nije mjerodavno}$$

### 6.3 Rekapitulacija nosivosti stropa

Tablica 7 - Rekapitulacija nosivosti stropova

Tip:	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
Proračunski raspon $L_r$ (m)	Mjerodavna nosivost stropa za uporabno opterećenje Q i proračunski raspon $L_r$										
	Q (kN/m <sup>2</sup> )										
2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,08	5,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,33	3,61	5,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,58	2,46	3,71	4,96	-	-	-	-	-	-	-	-
3,83	1,52	2,62	3,71	4,73	-	-	-	-	-	-	-
4,08	-	1,72	2,68	3,58	4,60	-	-	-	-	-	-
4,33	-	-	1,82	2,62	3,53	5,24	-	-	-	-	-
4,58	-	-	-	1,82	2,63	4,16	4,87	-	-	-	-
4,83	-	-	-	-	1,87	3,24	3,88	4,57	-	-	-
5,08	-	-	-	-	-	2,45	3,03	3,65	4,85	-	-
5,33	-	-	-	-	-	1,77	2,30	2,86	3,96	4,55	5,65
5,58	-	-	-	-	-	-	1,67	2,18	3,18	3,72	4,72
5,83	-	-	-	-	-	-	-	1,58	2,49	2,99	3,91
6,08	-	-	-	-	-	-	-	-	1,89	2,35	3,19
6,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,79	2,56
6,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00

### 6.4 Proračun progiba za kratkotrajno djelovanje

Grafična vrijednost progiba za kratkotrajno djelovanje usvaja se

$$f_{lim} = \ell/500$$

Proračunsko opterećenje za grafično stanje uporabljivosti za nazovistalnu kombinaciju iznosi

$$q_u = G + \psi_2 Q$$

$$G = 5,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_2 = 0,3$$





Prema t. 3.4 krutost na savijanje za dugotrajno opterećenje iznosi

$$E_{cmx} I_2 = 14,09 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2 / 1 \text{ m širine stropa} = 14090 \text{ kNm}^2$$

Kratkotrajni progib za najveći raspon  $L_r = 6,58 \text{ m}$  i najveće opterećenje iznosi  $G + 0,30 \cdot Q = 5,5 + 0,3 \cdot 5,0 = 7,00 \text{ kN/m}^2$  iznosi

$$f = \frac{5 q_u \ell^4}{384 E_{cm} I_2} = \frac{5 \cdot 7,00 \cdot 6,58^4}{384 \cdot 14080} = 0,012 \text{ m} = 12 \text{ mm} = \ell_r / 548$$

Postavljeni uvjet je zadovoljen za sve manje raspone i sva manja opterećenja.

#### 6.4 Proračun progiba za dugotrajno djelovanje

Osnovni omjer raspona i statičke visine za armiranobetonske elemente treba iznositi

$$\ell / d = 25 \text{ ili } \ell = 25 \cdot (220 - 22) = 4950 \text{ mm.}$$

Stropna konstrukcija za raspone  $\ell > 4950 \text{ mm}$  ne zadovoljava ovaj uvjet. Ipak, s obzirom da se radi o malo naprežanom presjeku i kako je i za najjače armirane gredice (POG19) postotak armiranja

$$\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 258,86 / (1000 \cdot 220) = 0,00118 < 0,005$$

ne treba očekivati prekomjerno raspucavanje pa se progib može proračunati kao za neraspucali presjek.

Granična vrijednost progiba za dugotrajno djelovanje iznosi  $f_{lim} = \ell / 250$

Proračunsko opterećenje za granično stanje uporabljivosti za nazovistalnu kombinaciju iznosi

$$q_u = G + \psi_2 Q \\ G = 5,5 \text{ kN/m}^2 \\ \psi_2 = 0,3$$

Prema t. 3.5 krutost na savijanje za dugotrajno opterećenje iznosi  $E_{cmx} I_2 = 7,05 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2 / 1 \text{ m širine stropa} = 7050 \text{ kNm}^2$

Treba zadovoljiti uvjet:

$$f \leq \frac{\ell}{250} = \frac{5 q_u \ell^4}{384 E_{cmx} I_2} = \frac{5 (5,5 + 0,3 Q) \ell^4}{384 \cdot 7050}$$



Nakon uređenja formule dobiva se:

$$Q = \frac{7219}{l^3} - 18,33 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Za  $L_r = l_{\max} = 6,33 \text{ m}$

Za  $L_r = l_{\max} = 6,58 \text{ m}$

Za  $L_r = l_{\max} = 6,83 \text{ m}$

$Q = 10,13 \text{ kN/m}^2 > Q_{\max} = 5,0 \text{ kN/m}^2$

$Q = 7,01 \text{ kN/m}^2$

$Q = 4,33 \text{ kN/m}^2$

Granična vrijednost progiba zadovoljena je prema tome za sve manje raspone od ovdje navedenih i za sva uporabna opterećenja manja od proračunane vrijednosti  $Q$ .

## 7 Opterećenje pregradnim zidom u smjeru raspona

Pretpostavke:

- os zida nalazi se u osi udvojenih gredica
- zid je izveden od zidnih elemenata Porotherm 10P+E - debljina zida je 10 cm
- težina pojedinog zidnog elementa je  $G=9,6 \text{ kg}$
- izmjere zidnog elementa su  $10 \times 50 \times 23,8 \text{ cm}$ ,  $8 \text{ kom/m}^2$
- zid je ožbukani
- zid se nalazi u stambenoj zgradi
- visina prostorije je 275 cm umanjena za debljinu slojeva poda
- djelomično djelovanje rasteretnog luka u obzir se uzima smanjenjem momenta savijanja prouzročenog djelovanjem pregradnog zida.

Opterećenje:

zidni elementi $8 \cdot 2,75 \cdot 9,6$	211 $\text{kg/m}^1$	
mort u hor. sljubnicama $11,0,10,0,012,1800$	24	
mort u vert. sljubnicama $11,2,0,10,0,238,0,01,1800$	9	
žbuka $0,04,2,75,1800$	198	
Ukupno $Z =$	442 $\text{kg/m}^1$	4,42 $\text{kN/m}^1$

Pripadajući dio vlastite težine stropa:

$$G = (5,3 + 2,0) \cdot 0,5 = 2,75 \text{ kN/m}^1$$

$$Q = 2 \cdot 0,5 = 1,0 \text{ kN/m}^1$$

$$M_{Sd} = 1,35 G L_r^2/8 + 1,50 Q L_r^2/8 + 1,35 Z L_r^2/9$$

$$M_{Sd} = (1,35 \cdot 2,75/8 + 1,50 \cdot 1,0/8 + 1,35 \cdot 4,42/9) L_r^2$$

$$M_{Sd} = M_{Rd} = (0,46 + 0,19 + 0,66) L_r^2 = 1,31 L_r^2$$



**Tablica 8 - Odabir stropnih gredica opterećenih pregradnim zidom debljine 10 cm**

	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
$M_{Rd}$ (kNm)	17,81	20,83	23,86	26,71	29,74	35,78	38,64	41,66	47,54	50,57	56,61
Za $L_r$ (m)	$M_{Sd} = 1,31 L_r^2$ (kNm)										
3,08	12,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,33	14,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,58	16,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,83		19,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,08			21,88	-	-	-	-	-	-	-	-
4,33				24,56	-	-	-	-	-	-	-
4,58					27,48	-	-	-	-	-	-
4,83						30,56	-	-	-	-	-
5,08						33,81	-	-	-	-	-
5,33							37,82	-	-	-	-
5,58								40,79	-	-	-
5,83									44,53	-	-
6,08										48,43	-
6,33											52,49
6,58											56,72

Crno je označeno nedopušteno područje. Dopušteno područje ograničeno je crveno označenim vrijednostima  $M_{Sd}$  i obuhvaća sve parove vrijednosti  $L_r - M_{Sd}$  iznad njih.

## 8 Rekapitulacija za tehničku dokumentaciju proizvođača

Za stambene zgrade i stropove opterećene vlastitom težinom, dodatnim stalnim opterećenjem od  $G=2,0 \text{ kN/m}^2$  (vidi t. 2.4) i uporabnim opterećenjem  $Q = 2,0 \text{ kN/m}^2$  u tablici 9 navedeni su odgovarajući parovi tipa gredica i proračunskog raspona.

**Tablica 9 - Najveći proračunski rasponi za stambene zgrade**

Tip gredice	POG6	POG7	POG8	POG9	POG10	POG12	POG13	POG14	POG16	POG17	POG19
	Najveći proračunski rasponi za uporabno opterećenje *										
Proračunski raspon $L_r$ (m)	3,58	3,83	4,08	4,33	4,58	5,08	5,33	5,58	5,83	6,08	6,58

\* Nisu uključeni pregradni zidovi u smjeru raspona stropa osim laganih zidova od gipsanih ploča. Za opterećenje pregradnim zidovima debljine 10 cm vidi tablicu 8.

Proizvodna duljina gredice iznosi  $L = L_r + 0,17$  (m)

Svijetli otvor iznosi  $L_0 = L_r - 0,08$  m