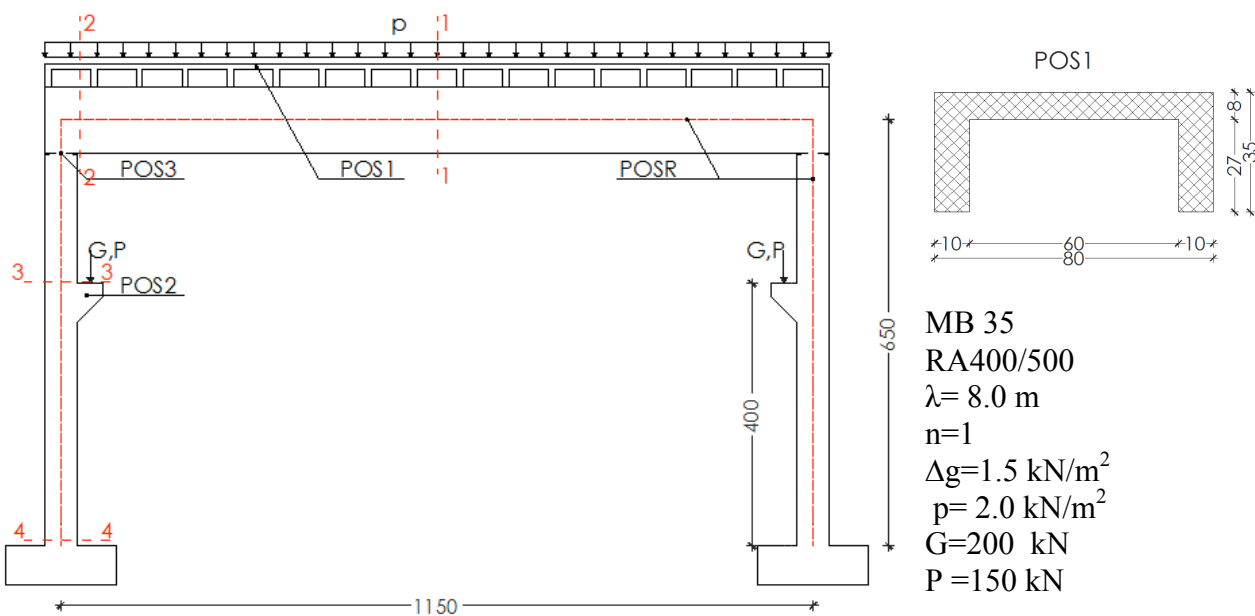


PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA

VJEŽBA 3.



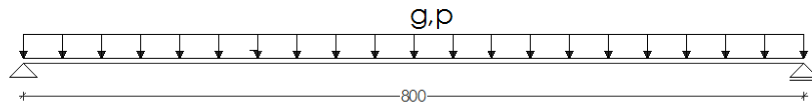
Zadatak1.

Za AB konstrukciju prikazanu na skici, na jedno polje, potrebno je uraditi sljedeće:

- 1) Izvršiti analizu opterećenja, sračunati statičke uticaje i dimenzionisati POS2;
- 2) Izvršiti analizu opterećenja, sračunati statičke uticaje i dimenzionisati POS R u naznačenim presjecima;
- 3) Izvršiti analizu opterećenja, sračunati statičke uticaje i dimenzionisati POS3;
- 4) Prikazati plan armature POS R u naznačenim poprečnim presjecima i u izgledu;
- 5) Provjeriti da li je potreban detaljan proračun stanja prslina u sredini rigle rama.

1) POS1 – Koruba

1. Statička šema



2. Analiza opterećenja

2.1 Stalno:

- sopstvena težina $A_b \cdot \gamma_b = 0.118 \cdot 25 = 2.95 \text{ kN/m'}$
- dodatno stalno $\Delta g = 1.5 \cdot 0.8 = 1.20 \text{ kN/m'}$
 $g = 4.15 \text{ kN/m'}$

2.2 Poveremeno:

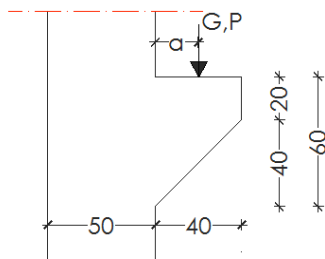
- povremeno $p = 2.0 \cdot 0.8 = 1.60 \text{ kN/m'}$
 $p = 1.60 \text{ kN/m'}$

3. Statički uticaji

Reakcije oslonaca

- $R_g = \frac{g \cdot l}{2} = \frac{4.15 \cdot 8}{2} = 16.6 \text{ kN}$
- $R_p = \frac{p \cdot l}{2} = \frac{1.6 \cdot 8}{2} = 6.4 \text{ kN}$

POS2 - Kratki element



Kratki element je kratki konzolni nosač, opterećen koncentrisanom silom, najčešće velikog inteziteta, kod koga krak spoljašnje koncentrisane sile u odnosu na uklještenje konzole, nije veći od statičke visine kratkog elementa tj. $a < h$.
O kratkom elementu više u članu 199.

Pretpostavka: $a_a = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = d - a_a = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$

$a < h$, $20 \text{ cm} < 55 \text{ cm}$

$$T_u = 1.6 \cdot G + 1.8 \cdot P = 1.6 \cdot 200 + 1.8 \cdot 150 = 590 \text{ kN}$$

$$M_u = T_u \cdot a = 590 \cdot 0.2 = 118 \text{ kNm}$$

$$M_g = 200 \cdot 0.2 = 40 \text{ kNm}, M_p = 150 \cdot 0.2 = 30 \text{ kNm}$$

$$h_{potr} = \frac{T_u}{b \cdot 0.85 \cdot 5 \tau_r} = \frac{590}{30 \cdot 0.85 \cdot 5 \cdot 0.12} = 38.5 \text{ cm}$$

Usvojeno $d = 60 \text{ cm}$

$$h = 60 - (2 + 0.5) - 0.8 - \frac{1.6}{2} \approx 56 \text{ cm}$$

$$k = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{b \cdot f_b}}} = \frac{56}{\sqrt{\frac{118}{0.3 \cdot 2.3}}} = 4.282 \Rightarrow \bar{\mu} = 5.677\%$$

$$A_a = \bar{\mu} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_b}{\sigma_v} = \frac{5.677}{100} \cdot 30 \cdot 56 \cdot \frac{2.3}{40} = 5.48 \text{ cm}^2$$

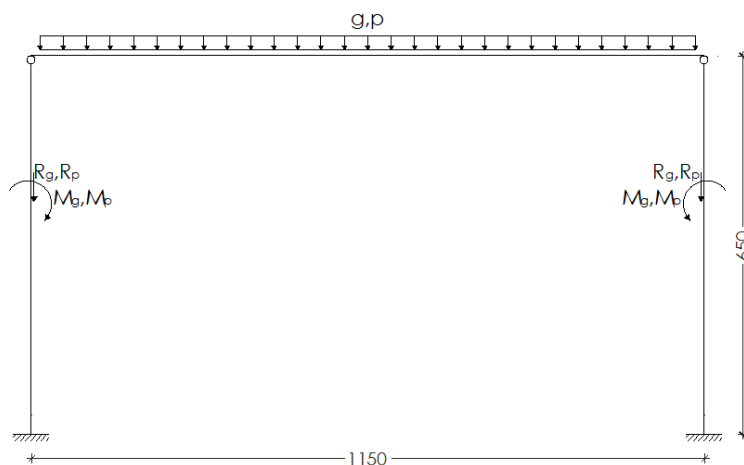
$$A_{ak} = \frac{T_u}{\sqrt{2} \sigma_v} = \frac{590}{\sqrt{2} \cdot 40} = 10.43 \text{ cm}^2$$

Usvojeno : podužna armatura 3R ϕ 16(6.0cm²)
 kosa armatura (ugao 45° prema horizontali) 6R ϕ 16(12.06cm²)

2)

POS R – AB Ram

1. Statička šema



Rigla: b/d=50/100cm
 Stub: b/d=50/30 cm

2. Analiza opterećenja

2.1 Stalno:

- sopstvena težina
- od POS1

$$A_b \cdot \gamma_b = 0.5 \cdot 1.0 \cdot 25 = 12.5 \text{ kN/m'}$$

$$R_g / 0.8 = 16.6 / 0.8 = 20.75 \text{ kN/m'}$$

$$g = 33.25 \text{ kN/m'}$$

- od POS2
- od POS2

$$R_g = 200 \text{ kN}$$

$$M_g = 40 \text{ kNm}$$

2.2 Povremeno

- od POS1

$$R_p / 0.8 = 6.4 / 0.8 = 8.0 \text{ kN/m'}$$

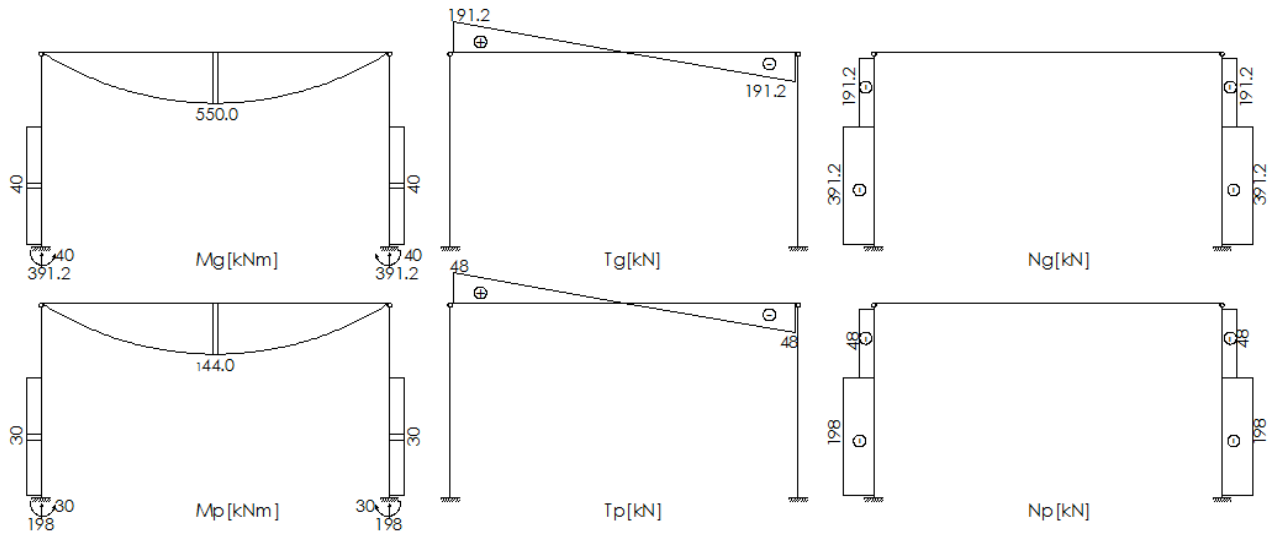
$$p = 8.0 \text{ kN/m'}$$

- od POS2
- od POS2

$$R_p = 150 \text{ kN}$$

$$M_p = 30 \text{ kNm}$$

3. Statički uticaji



4. Dimenzionisanje

1-1 (polje rigle rama)

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p = 1.6 \cdot 550 + 1.8 \cdot 144 = 1139.2 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \cdot N_g + 1.8 \cdot N_p = 0 \text{ kN}$$

$$h_{pret.} = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 100 = 90 \text{ cm}$$

$$k = \frac{h}{\sqrt{\frac{M_u}{b \cdot f_b}}} = \frac{90}{\sqrt{\frac{1139.2}{0.5 \cdot 2.3}}} = 2.859 \Rightarrow \bar{\mu} = 13.15\%$$

$$A_a = \bar{\mu} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_b}{\sigma_v} = \frac{13.15}{100} \cdot 50 \cdot 90 \cdot \frac{2.3}{40} = 34 \text{ cm}^2$$

usvojeno: 7R ϕ 25 (34.3 cm²)

2-2 (oslonac rigle rama)

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p = 0 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \cdot N_g + 1.8 \cdot N_p = 0 \text{ kN}$$

$$T_u = 1.6 \cdot T_g + 1.8 \cdot T_p = 1.6 \cdot 191.2 + 1.8 \cdot 48 = 392.3 \text{ kN}$$

$$\tau_n = \frac{T_u}{b \cdot z} = \frac{392.3}{50 \cdot 0.81 \cdot 100} = 0.097 \text{ kN/cm}^2 < \tau_r = 0.12 \text{ kN/cm}^2$$

usvojeno: min uzengije: ϕ 8/10 iznad oslonca, ϕ 8/20 u polju

3-3 (neposredno iznad kranske staze)

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p = 0 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \cdot N_g + 1.8 \cdot N_p = 1.6 \cdot 191.2 + 1.8 \cdot 48 = 392.3 \text{ kN}$$

$$a/d = 0.1; RA400/500; A_{a2}/A_{a1} = 1.0$$

$$\left. \begin{aligned} m_u &= \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_b} = 0 \\ n_u &= \frac{N_u}{b \cdot d \cdot f_b} = \frac{393.2}{30 \cdot 50 \cdot 2.3} = 0.114 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0$$

$$usvojena A_a = (0.8 \div 1)\% A_b = \frac{1}{100} \cdot b \cdot d = \frac{1}{100} \cdot 30 \cdot 50 = 15 \text{ cm}^2 \quad \text{usvojeno: } 8R\phi 16 (16 \text{ cm}^2)$$

$$\min A_a = 0.6\% A_b \text{ za iskorišćene napone pritiska}$$

$$\min A_a = 0.3\% A \text{ za neiskorišćene napone pritiska}$$

4-4 (na dnu stuba)

$$M_u = 1.6 \cdot M_g + 1.8 \cdot M_p = 1.6 \cdot 40 + 1.8 \cdot 30 = 118 \text{ kNm}$$

$$N_u = 1.6 \cdot N_g + 1.8 \cdot N_p = 1.6 \cdot 391.2 + 1.8 \cdot 198 = 982.3 \text{ kN}$$

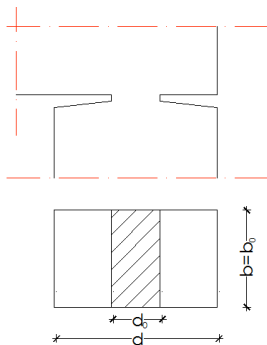
$$a/d = 0.1; RA400/500; A_{a2}/A_{a1} = 1.0$$

$$\left. \begin{aligned} m_u &= \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_b} = \frac{118 \cdot 100}{30 \cdot 50^2 \cdot 2.3} = 0.0684 \\ n_u &= \frac{N_u}{b \cdot d \cdot f_b} = \frac{982.3}{30 \cdot 50 \cdot 2.3} = 0.2847 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \bar{\mu}_1 = 0$$

$$\min A_a = 1\% A_b = \frac{1}{100} \cdot b \cdot d = \frac{1}{100} \cdot 30 \cdot 50 = 15 \text{ cm}^2 \quad \text{usvojeno: } 8R\phi 16 (16 \text{ cm}^2)$$

3)

POS 3 – AB Zglob



Zglob je dio AB elementa u kome je omogućeno njegovo obrtanje. Zglob može da bude izložen N i T sili. Oni mogu biti linijski i tačkasti. O zglobovima više u članu 198 strana 550 pravilnika i strana 611 primjer 6.9 Priručnika PBAB87.

Dimenzije zgloba usvajamo:

$$d_0 = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{4} \right) d \geq 15 \text{ cm}$$

$$t = \min \left\{ \begin{aligned} &d_0 / 5 \\ &b_0 / 5 \\ &2 \text{ cm} \end{aligned} \right\}$$

Statički uticaji:

$$N_u = 1.9 \cdot 391.2 + 2.1 \cdot 48 = 844.08 \text{ kN}$$

Naprezanja u tijelu klatna:

$$\sigma = \frac{N_u}{A} = \frac{844.08}{30 \cdot 50} = 0.56 \text{ kN/cm}^2 < f_b = 2.3 \text{ kN/cm}^2$$

U zoni kontakta:

$$f_0 = f_b \sqrt{\frac{A_{bi}}{A_{bo}}} = 2.3 \cdot \sqrt{\frac{30 \cdot 50}{15 \cdot 30}} = 1.825 \text{ kN/cm}^2 = 18.25 \text{ MPa} < 1.6 \cdot 35 = 56 \text{ MPa}$$

Dodirna površina 15·30 cm zadovoljava.

Vertikalna armatura zgloba:

$$\frac{T_u}{N_u} = \frac{0}{844.08} < 0.75 \Rightarrow \text{Fresin eov zglob}$$

usvaja se $A_{av} = 0.8 + 1\% A_0$ – površina zgloba

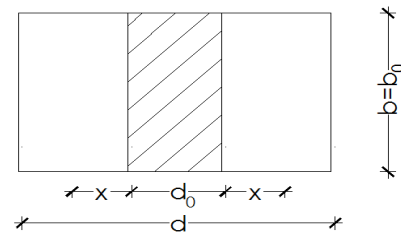
$$A_{av} = \frac{1}{100} \cdot 15 \cdot 30 = 4.5 \text{ cm}^2 \quad \text{usvojeno: } 10R\phi 8 \text{ (5 cm}^2\text{) i uzengije } R\phi 8/10$$

Opterećena površina u stubu:

$$A_{bs} = \left(\frac{1.6 \text{ MB}}{f_b} \right)^2 \cdot A_{b0} = \left(\frac{1.6 \cdot 35}{23} \right)^2 \cdot 15 \cdot 30 = 2667.67 \text{ cm}^2$$

$$(d_0 + 2 \cdot x) \cdot b_0 = 2667.67 \Rightarrow x = \left(\frac{2667.67}{30} - 15 \right) / 2 = 37 \text{ cm}$$

Optrećena površina u stubu je čitava površina stuba jer je $d_T = d_0 + 2 \cdot x = 89 \text{ cm} > d = 50 \text{ cm}$.

**Sila zatezanja u tijelu klatna:**

$$Z_{ku} = 0.3 N_u \left(1 - \frac{d_0}{d_1} \right) = 0.3 \cdot 844.08 \cdot \left(1 - \frac{15}{50} \right) = 177.25 \text{ kN}$$

Horizontalna armatura u klatnu:

$$A_{az} = \frac{Z_{ku}}{\sigma_v} = \frac{177.25}{40} = 4.43 \text{ cm}^2 \quad \text{usvojeno: } 4 \text{ redova } m=4 \text{ uzengija } \phi 6/10 (4 \cdot 4 \cdot 0.28 = 4.52 \text{ cm}^2)$$

Sila zatezanja u stubu:

$$d_T = 50\text{cm}$$

$$b_T = 30\text{cm}$$

$$Z_{su} = 0.3 \cdot N_u \cdot \left(1 - \frac{d_0}{d_T}\right) = 0.3 \cdot 844.08 \cdot \left(1 - \frac{15}{50}\right) = 177.25\text{kN}$$

$$Z_{su} = 0.3 N_u \left(1 - \frac{b_0}{b_T}\right) = 0\text{kN}$$

Horizontalna armatura u stubu:

$$A_{az} = \frac{Z_{ku}}{\sigma_v} = \frac{177.25}{40} = 4.43\text{cm}^2 \quad \text{usvojeno: zmijasti roštilj 4 reda } 4\phi 8 \quad (4 \cdot 4 \cdot 0.28 = 4.48\text{cm}^2)$$

5)

U proračunu AB elemenata prema GSP, veoma često u praksi, dovoljan je samo dokaz, da granična širina prslina $a_k(t)$ nije veća od granične vrijednosti a_u , a nije neophodno i sračunavanje same vrijednosti širine prslina. O GSU više u članovima 110-118 s pravilnika PBAB87.

Dokaz da granična širina prslina $a_k(t)$ nije veća od granične vrijednosti a_u , prema izrazu, glasi:

$$a_k(t) = 1.7 \cdot l_{ps} \cdot \left\{ \zeta \frac{[-\sigma_{al}''(t)]}{E_a} + \varepsilon_s(t, t_0) \right\} \leq a_u$$

Ukoliko se zanemari uticaj skupljanja betona i uticaj sadejstva zategnutog betona između prslina, odnosno za koeficijent ζ se usvoji maksimana vrijednost $\zeta = 1.0$, kao i ako se uvede pretpostavka da najveći napon zatezanja u donjoj armaturi $[-\sigma_{al}''(t)]$ za stanje II, u funkciji granice razvlačenja čelika σ_v , po apsolutnoj vrijednosti približno iznosi

$$[-\sigma_{al}''(t)]_{\max} \approx \frac{\sigma_v}{1.7},$$

dokaz se svodi na kriterijum:

$$l_{ps} \leq \frac{E_a}{\sigma_v} \cdot a_u$$

Modul elastičnosti čelika iznosi $E_a = 200\text{GPa}$.

Napon na granici razvlačenja rebraste armature iznosi $\sigma_v = 400\text{MPa}$.

Granična širina prsline (član 113 priloga, Tabela 18) $a_u = 0.2\text{mm}$.

Srednje rastojanje prsline l_{ps} može se izračunati prema izrazu

$$l_{ps} = 2 \cdot \left(a_0 + \frac{e_\phi}{10}\right) + k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi}{\mu_{1z,ef}} \quad \text{ili}$$

se može očitati sa dijagrama u Prilogu 3.2 Priručnika, strana 301.

Koeficijent armiranja $\mu_{1z,ef}$ predstavlja odnos površine donje zategnute armature A_{a1} i efektivne površine zategnutog betona $A_{bz,ef}$.

$$\mu_{1z,ef} = \frac{A_{a1}}{A_{bz,ef}}$$

$$A_{bz,ef} = b \cdot h_{bz,ef}$$

Visina efektivne površine zategnutog betona $h_{bz,ef}$ ne može biti veća od visine zategnute zone $h_{bz,ef} < d - x_r^I$, pri čemu je x_r^I rastojanje od gornje ivice do neutralne linije.

$$h_{bz,ef} = 4.55 + 4.25 + 7.5 \cdot \phi = 8.8 + 7.5 \cdot 2.5 = 27.55 \text{ cm} > d - x_r^I$$

$$A_{bz,ef} = b \cdot h_{bz,ef} = 50 \cdot 27.55 = 1377.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{a1} = 7R\phi 25 = 34.36 \text{ cm}^2$$

$$\mu_{1z,ef} = \frac{A_{a1}}{A_{bz,ef}} = \frac{34.36}{1377.5} \cdot 100 = 2.4943\%$$

$$\phi = 2.5 \text{ cm}$$

$$a_0 = 2.5 \text{ cm}$$

$$e_\phi = \frac{50 - 2 \cdot (2.5 + 0.8 + 2.5 / 2)}{4} = 10.225 \text{ cm}$$

$$k_1 = 0.4 \text{ za RA400/500, Tabela 112/2, strana 372}$$

$$k_2 = 0.125 \text{ za savijanje, Tabela 112/3, strana 372}$$

$$l_{ps} = 2 \cdot (a_0 + \frac{e_\phi}{10}) + k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi}{\mu_{1z,ef}} = 2 \cdot (2.5 + \frac{10.225}{10}) + 0.4 \cdot 0.125 \cdot \frac{2.5}{2.4943\%} = 12.05 \text{ cm}$$

Ili očitati sa dijagrama u Prilogu 3.2 Priručnika, strana 301

$$a_0 + 0.1e_\phi = 2.5 + 0.1 \cdot 10.225 = 3.5225 \text{ cm}$$

$$\frac{\phi}{\mu_{1z,ef}} = \frac{2.5}{2.4943} = 1 \text{ cm} / \%$$

savijanje

RA400/500

$$l_{ps} = 12.05 \text{ cm}$$

$$\text{Da li je } l_{ps} \leq \frac{E_a}{\sigma_v} \cdot a_u?$$

$$12.05 \text{ cm} \not\leq \frac{200000}{400} \cdot 0.02 = 10 \text{ cm}$$

Kriterijum nije ispunjen i detaljniji proračun stanja prslina je neophodan.

