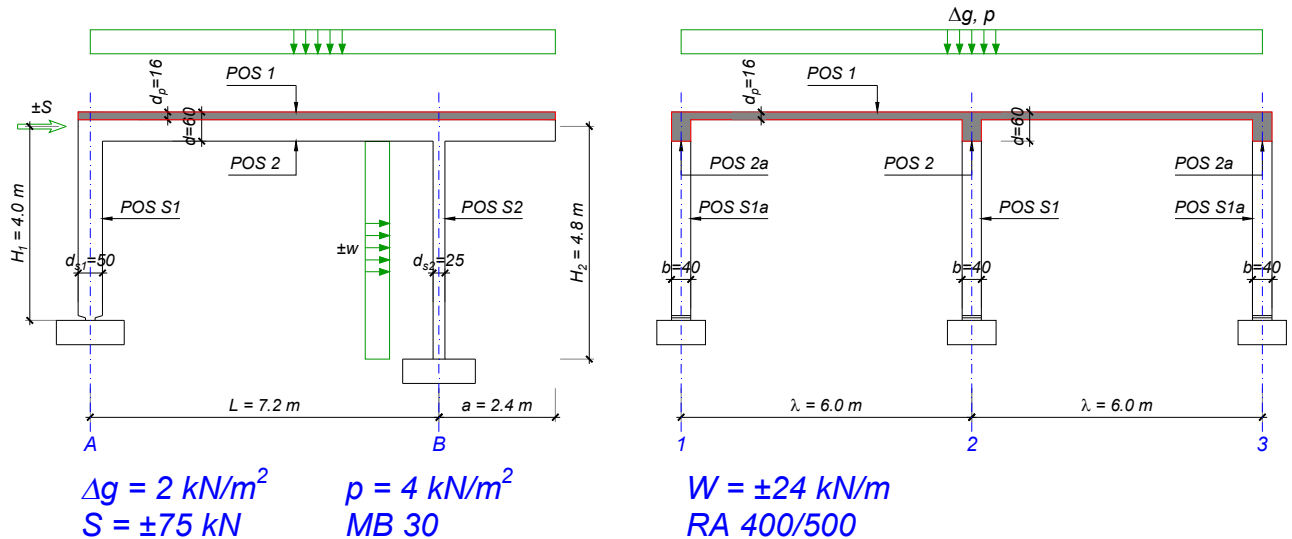


Za konstrukciju prikazanu na skici potrebno je:



1. Dimenzionisati ploču POS 1 ($d_p = 16$ cm) u karakterističnim presecima.
2. Izvršiti analizu opterećenja za srednji ram (POS 2, S1, S2) i nacrtati dijagrame presečnih sila za stalno, povremeno, opterećenje vetrom i seizmičko opterećenje. Seizmička sila S , koja deluje na jedan ram, određena je za stalno i povremeno opterećenje (G+P).
3. Dimenzionisati POS 2, POS S1 i POS S2 u karakterističnim presecima prema sračunatim merodavnim uticajima. Za dužinu izvijanja stuba POS S2 usvojiti $L_i = H_2$.

1 PRORAČUN PLOČE POS 1

1.1 ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

Ploča je sistema kontinualnog nosača preko dva polja raspona $\lambda=6.0$ m. Pored sopstvene težine, opterećena je dodatnim stalnim opterećenjem Δg i povremenim opterećenjem p .

stalno opterećenje

- sopstvena težina ploče	0.16×25	= 4.0 kN/m ²
- slojevi, izolacije	Δg	= 2.0 kN/m ²
ukupno stalno opterećenje	g	= 6.0 kN/m ²

povremeno opterećenje

ukupno, povremeno opterećenje	p	= 4.0 kN/m ²
-------------------------------	-----	-------------------------

$$A_g = 0.375 \times 6.0 \times 6.0 = 13.5 \text{ kN/m}$$

$$A_p = 0.375 \times 4.0 \times 6.0 = 9.0 \text{ kN/m}$$

$$B_g = 1.25 \times 6.0 \times 6.0 = 45.0 \text{ kN/m}$$

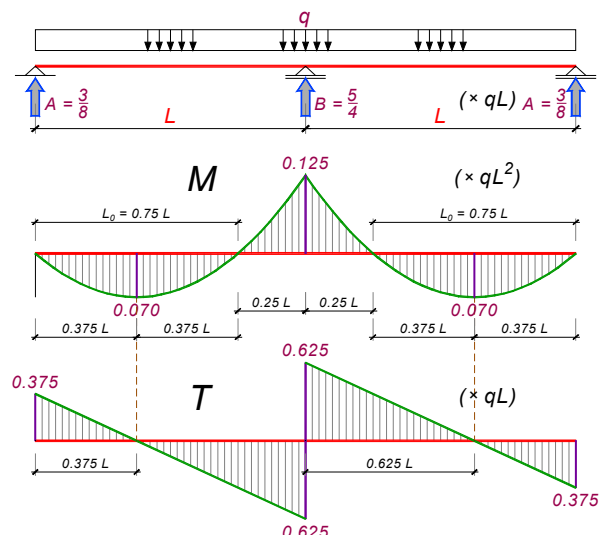
$$B_p = 1.25 \times 4.0 \times 6.0 = 30.0 \text{ kN/m}$$

$$M_{g,osl} = 0.125 \times 6.0 \times 6.0^2 = 27.0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{p,osl} = 0.125 \times 4.0 \times 6.0^2 = 18.0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{g,polje} = 0.07 \times 6.0 \times 6.0^2 = 15.2 \text{ kNm/m}$$

$$M_{p,polje} = 0.07 \times 4.0 \times 6.0^2 = 10.1 \text{ kNm/m}$$



1.2 DIMENZIONISANJE

$$MB\ 30 \quad \Rightarrow \quad f_B = 20.5\ MPa = 2.05\ kN/cm^2$$

$$RA\ 400/500 \quad \Rightarrow \quad \sigma_v = 400\ MPa = 40.0\ kN/cm^2$$

1.2.1 Gornja zona

$$M_u = 1.6 \times 27 + 1.8 \times 18 = 75.6\ kNm/m$$

$$\text{pretp. } a_1 = 3\ cm \quad \Rightarrow \quad b/d/h = 100/16/13\ cm$$

$$k = \frac{13}{\sqrt{\frac{75.6 \times 10^2}{100 \times 2.05}}} = 2.141 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3.5/7.813\text{‰} ; \quad \bar{\mu} = 25.044\%$$

$$A_a = 25.044 \times \frac{100 \times 13}{100} \times \frac{2.05}{40} = 16.69\ \frac{cm^2}{m}$$

$$\text{pretp. } \emptyset 16\ (a_a^{(1)} = 2.01\ cm^2/m) \quad \Rightarrow \quad e_a = \frac{100 \times a_a^{(1)}}{A_a} = \frac{100 \times 2.01}{16.69} = 12.1\ cm$$

$$\text{usvojeno: } \quad \emptyset 16/10\ (20.10\ cm^2/m)$$

$$A_{ap} = 0.2 \times 16.69 = 3.34\ cm^2/m$$

$$\text{pretp. } \emptyset 10\ (a_{ap}^{(1)} = 0.785\ cm^2/m) \quad \Rightarrow \quad e_{ap} = \frac{100 \times a_{ap}^{(1)}}{A_{ap}} = \frac{100 \times 0.785}{3.34} = 23.5\ cm$$

$$\text{usvojeno: } \quad \emptyset 10/20\ (3.93\ cm^2/m)$$

1.2.2 Donja zona

$$M_u = 1.6 \times 15.2 + 1.8 \times 10.1 = 42.5\ kNm/m$$

$$\text{pretp. } \emptyset 12 \quad \Rightarrow \quad a_1 = a_0 + \frac{\emptyset}{2} = 2.0 + \frac{1.2}{2} = 2.6\ cm \quad \Rightarrow \quad b/d/h = 100/16/13.4\ cm$$

$$k = \frac{13.4}{\sqrt{\frac{42.5}{2.05}}} = 2.942 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_b/\varepsilon_a = 2.176/10\text{‰} ; \quad \bar{\mu} = 12.396\%$$

$$A_a = 12.396 \times 13.4 \times \frac{2.05}{40} = 8.51\ \frac{cm^2}{m} > A_{a,min.} = 0.10 \times 16 = 1.6\ \frac{cm^2}{m}$$

$$\text{pretp. } \emptyset 12\ (a_a^{(1)} = 1.13\ cm^2/m) \quad \Rightarrow \quad e_a = \frac{100 \times a_a^{(1)}}{A_a} = \frac{100 \times 1.13}{8.51} = 13.3\ cm$$

$$\text{usvojeno: } \quad \emptyset 12/12.5\ (9.05\ cm^2/m)$$

$$A_{ap} = 0.2 \times 8.51 = 1.70\ cm^2/m > A_{ap,min.} = 0.085 \times 16 = 1.36\ cm^2/m$$

$$\text{pretp. } \emptyset 8\ (a_{ap}^{(1)} = 0.503\ cm^2/m) \quad \Rightarrow \quad e_{ap} = \frac{100 \times a_{ap}^{(1)}}{A_{ap}} = \frac{100 \times 0.503}{1.70} = 29.5\ cm$$

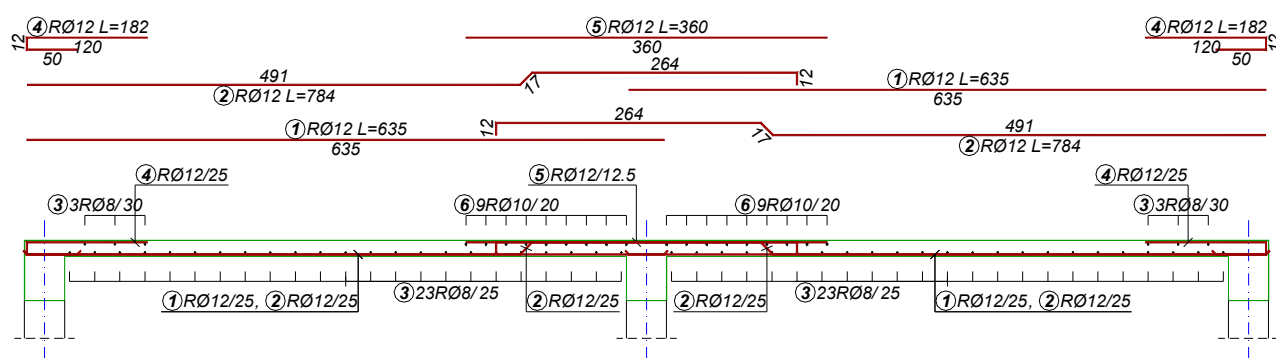
$$\text{usvojeno: } \quad \emptyset 8/25\ (2.01\ cm^2/m)$$

1.3 VARIJANTNO REŠENJE USVAJANJA ARMATURE

S obzirom na zastupljenost u literaturi, biće izložen postupak usvajanja drugačije oblikovane armature, korišćenjem povijenih profila iz donje u gornju zonu.

1.3.1 Donja zona

Usvojena armatura RØ12/12.5 u donjoj zoni će biti oblikovana iz dve grupe šipki, koje se naizmenično prepuštaju pravo (šipka broj 1) odnosno povijaju u gornju zonu kod srednjeg oslonca (šipka broj 2). Označeno rastojanje (RØ12/25) u poprečnom preseku na donjoj skici predstavlja osovinsko rastojanje istih pozicija armature. Njihovim naizmeničnim ređanjem u donjoj zoni, na mestu maksimalnih momenata savijanja, ostvareno je potrebno rastojanje profila od 12.5 cm.



Obezbeđivanje polovine armature iz polja u gornjoj zoni na krajnjim, slobodnim osloncima sa delimičnim elastičnim ukleštenjem, je ostvareno postavljanjem ukosnica (šipke broj 4), mada je moguće spojiti ukosnicu sa šipkom 1 ili 2 (recimo, šipkom 2 koja je već savijena).

1.3.2 Gornja zona

Nakon postavljanja šipki broj 1 i 2, u gornjoj zoni se nalazi RØ12/25 iz levog, odnosno RØ12/25 iz desnog polja. Kako se šipke 1 i 2 naizmenično ređaju (na mestu gde je u levom polju šipka 1, u desnom je šipka 2), u gornjoj zoni se nalazi ukupno RØ12/12.5 cm. Međutim, potrebna površina armature u oslonačkom preseku je veća ($A_a = 16.69 \text{ cm}^2/\text{m}$, tačka 1.2.1) pa je neophodno dodati još armature (u ovom slučaju, prave šipke označene brojem 5). Smisleno rastojanje ove, dodatne armature, je 12.5 cm, s tim da će u ovom slučaju šipke 5 biti postavljene neposredno uz šipke 2. Naime, ukoliko bi se šipke 5 postavile između povijenih šipki 2, osovinsko rastojanje armature u gornjoj zoni bilo bi 6.25 cm, što nije dobro rešenje sa aspekta ugrađivanja betona.

Rastojanje dodatne armature (šipke 5) je usvojeno, pa je potrebno usvojiti njihov prečnik. Ukupna površina šipki 2 povijenih iz gornje u gornju zonu je

$$A_{a,1} = \frac{100 \times 1.13}{25} + \frac{100 \times 1.13}{25} = 4.52 + 4.52 = 9.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

Nedostajuća površina armature u gornjoj zoni je:

$$\Delta A_{a,1} = 16.69 - 9.05 = 7.64 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$a_a^{(1)} = \frac{e_a}{100} \times \Delta A_{a,1} = \frac{12.5 \times 7.64}{100} = 0.96 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{usvojeno RØ12 (} a_a^{(1)} = 1.13 \text{ cm}^2 \text{)}$$

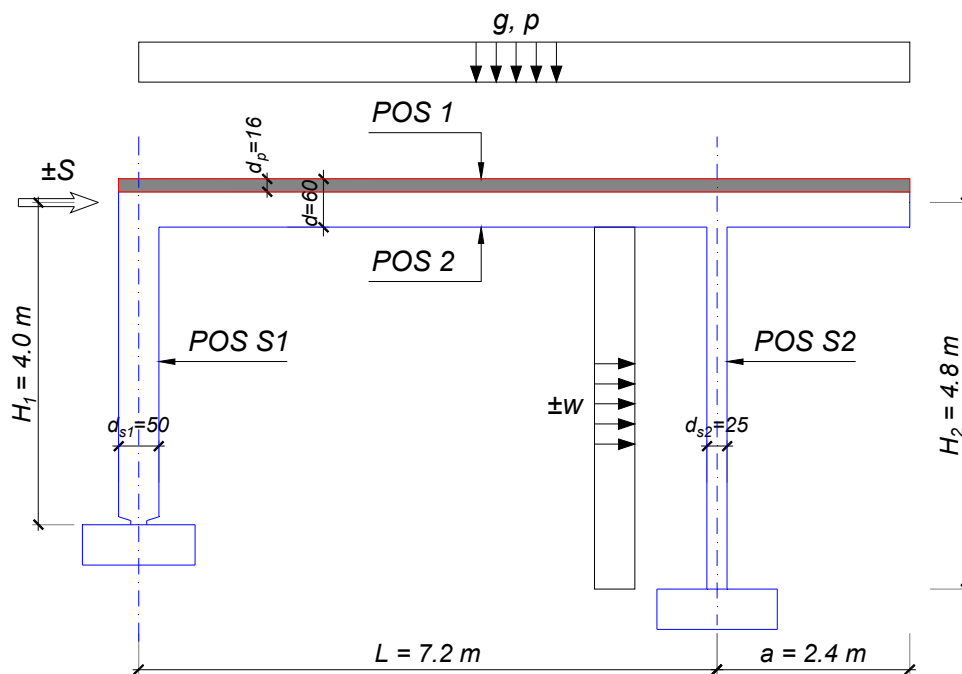
usvojeno: **Ø12/12.5** ($9.05 \text{ cm}^2/\text{m}$) – dodatne šipke 5

2 PRORAČUN SREDNJEG RAMA (POS 2, S1, S2)

2.1 STATIČKI SISTEM

Statički sistem nosača je ram sa tri zgloba. Na levom stubu POS S1 je na spoju sa temeljom izveden Freyssinet-ov zglob naglom redukcijom poprečnog preseka, dok je desni stub POS S2 znatno manje krutosti u odnosu na POS 2 i POS S1, pa je opravdano uprošćenje da su momenti savijanja koje može prihvatiti praktično zanemarljivi.

Razmatra se ram najviše opterećen vertikalnim opterećenjem (srednji ram, u šemi oslonaca za ploču označen reakcijom B). Pored sopstvene težine POS 2, ram je opterećen vertikalnim opterećenjem od ploče POS 1, kao i zadatim opterećenjem od vetra, odnosno seizmičkim opterećenjem. Sopstvena težina stubova je zanemarena u proračunu.



2.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

a. stalno opterećenje

- sopstvena težina POS 2	$0.40 \times 0.60 \times 25$	$= 6.0 \text{ kN/m}^1$
- stalno opterećenje od POS 1	B_g	$= 45.0 \text{ kN/m}^1$
ukupno stalno opterećenje	g	$= 51.0 \text{ kN/m}^1$

b. povremeno opterećenje

povremeno opt. od POS 1	$B_p = p$	$= 30.0 \text{ kN/m}^1$
-------------------------	-----------	-------------------------

c. opterećenje vetrom

$$\pm W = 15.0 \text{ kN/m}^1$$

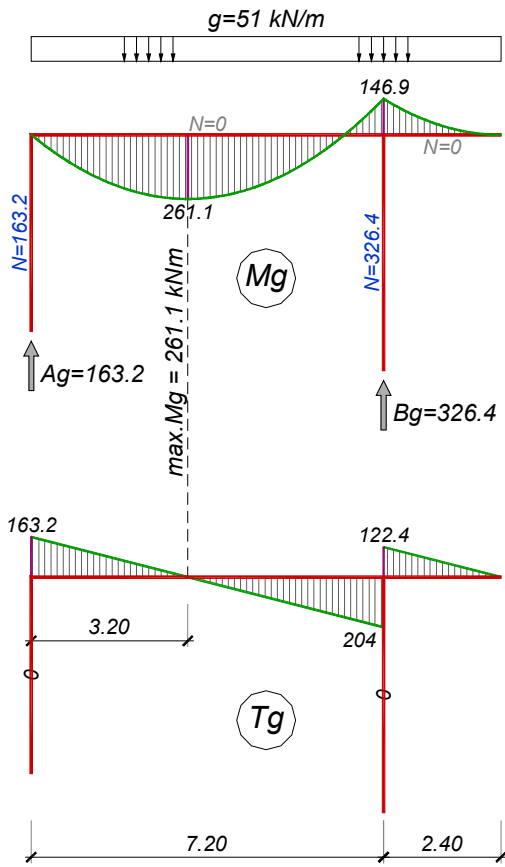
d. opterećenje usled zemljotresa

$$\pm S = 54.0 \text{ kN}$$

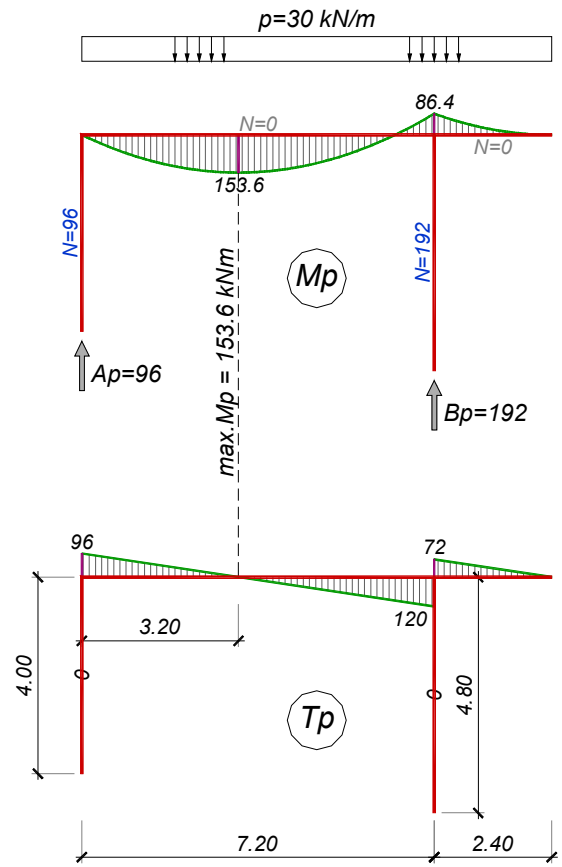
2.3 DIJAGRAMI PRESEČNIH SILA

Dijagrami presečnih sila za navedena četiri opterećenja dati su u nastavku. Opterećenja vetrom i seizmika su alternativna, a prikazani dijagrami odgovaraju smeru horizontalnih dejstava sleva nadesno.

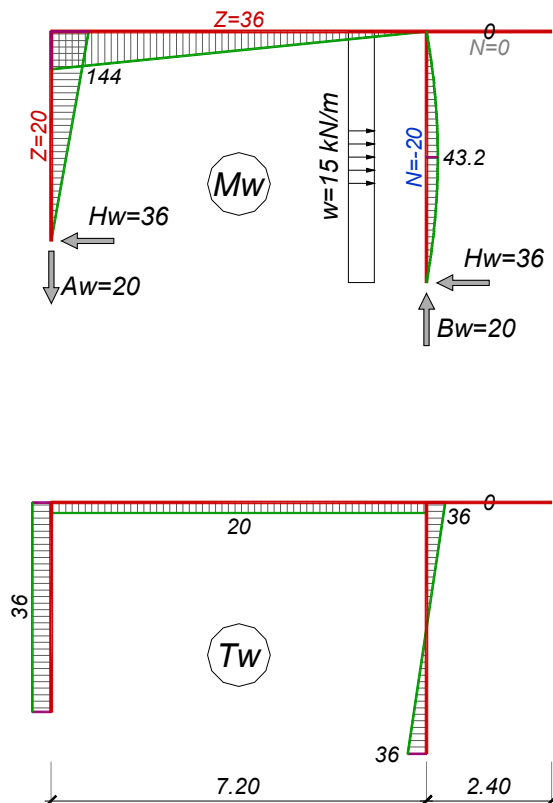
STALNO OPT.



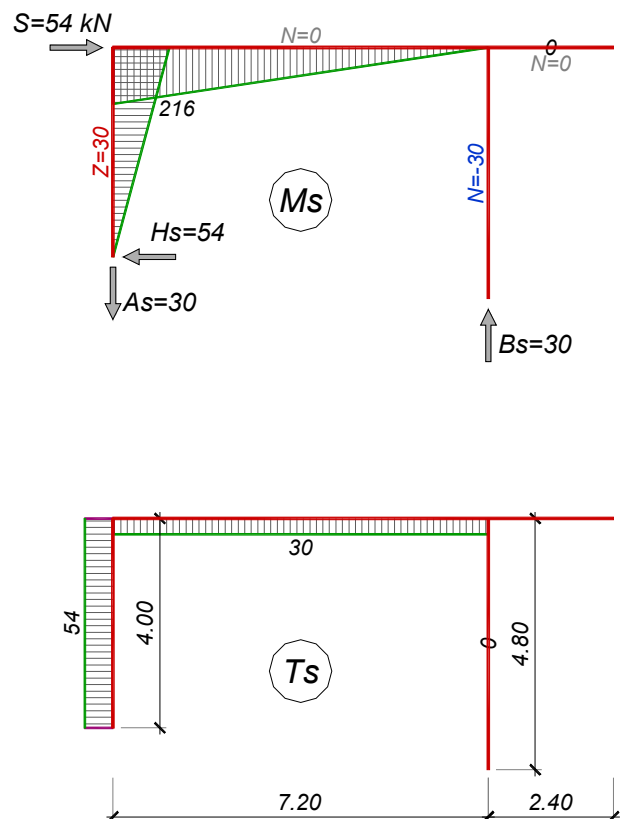
POVREMENO OPT.



VETAR (\pm)
VETAR SLEVA



SEIZMIKA (\pm)
SEIZMIKA SLEVA



2.4 DIMENZIONISANJE POS 2 PREMA MOMENTIMA SAVIJANJA

2.4.1 Presek u polju

Iz priloženih dijagrama za pojedinačne slučajeve opterećenja, jasno je da se maksimalni moment u polju javlja za slučaj delovanja:

- (1) vertikalnog stalnog, vertikalnog povremenog opterećenja i opterećenja od vetra sleva: $1.6 \times G + 1.8 \times (P + W_L)$, ili
- (2) vertikalnog stalnog, vertikalnog povremenog opterećenja i opterećenja od zemljotresa sleva $1.3 \times (G + P + S_L)$.

S obzirom da se maksimalne vrednosti momenata savijanja usled pojedinih opterećenja javljaju u različitim presecima, potrebno je odrediti vrednosti maksimalnih graničnih računskih momenata savijanja M_u za navedene dve kombinacije uticaja. To su preseki u kojima su odgovarajuće vrednosti transverzalnih sila jednake nuli.

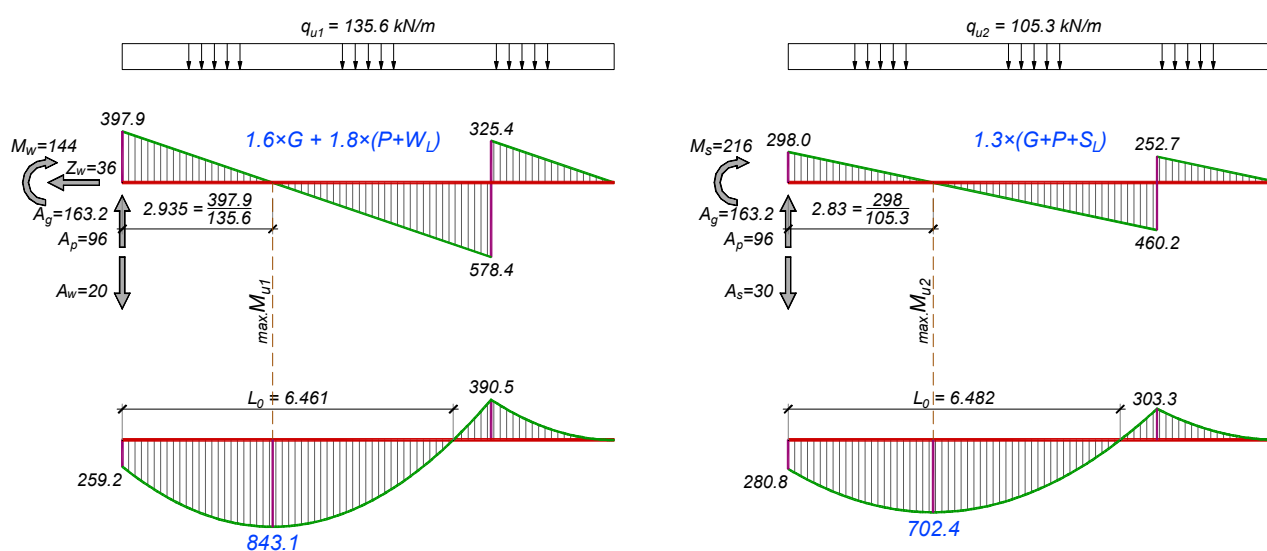
(1) kombinacija $1.6 \times G + 1.8 \times (P + W_L)$

$$T_{u1} = 1.6 \times 163.2 + 1.8 \times (96 - 20) = 397.9 \text{ kN}$$

$$q_{u1} = 1.6 \times 51 + 1.8 \times 30 = 135.6 \text{ kN/m} \Rightarrow x_{\max} = \frac{397.9}{135.6} = 2.935 \text{ m}$$

$$M_{u1}^{S1} = 1.8 \times 144 = 259.2 \text{ kNm}$$

$$M_{u1} = 259.2 + 397.9 \times 2.935 - \frac{135.6 \times 2.935^2}{2} = 843.1 \text{ kNm}$$



(2) kombinacija $1.3 \times (G + P + S_L)$

$$T_{u2} = 1.3 \times (163.2 + 96 - 30) = 298.0 \text{ kN}$$

$$q_{u2} = 1.3 \times (51 + 30) = 105.3 \text{ kN/m} \Rightarrow x_{\max} = \frac{298.0}{105.3} = 2.83 \text{ m}$$

$$M_{u2}^{S1} = 1.3 \times 216.0 = 280.8 \text{ kNm}$$

$$M_{u2} = 280.8 + 298.0 \times 2.83 - \frac{105.3 \times 2.83^2}{2} = 702.4 \text{ kNm} < M_{u1}$$

Merodavna je prva kombinacija uticaja. Takođe, može se uočiti da su vrednosti transversalnih sila u kombinaciji sa seizmičkim opterećenjem znatno manje od onih sa vetrom (znatno manji koeficijenti sigurnosti), pa neće biti razmatrane.

Pritisnuta je gornja ivica nosača, pa je oblik pritisnute zone preseka ili pravougaoni, širine B , ili, za slučaj da je neutralna linija u rebru, oblika T . Pretpostavlja se da je neutralna linija u ploči:

$$\text{usv. } L_0 \approx 6.4 \text{ m} \Rightarrow B = \min. \left\{ \begin{array}{l} 40 + 20 \times 16 = 360 \text{ cm} \\ 40 + 0.25 \times 640 = 200 \text{ cm} \end{array} \right\} = 200 \text{ cm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 7 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 7 = 53 \text{ cm}$$

$$\text{odg. } N_u = 1.8 \times Z_w = 1.8 \times (-36) = -64.8 \text{ kN (zatezanje)}$$

$$M_{au} = 843.1 - 64.8 \times \left(\frac{60}{2} - 7 \right) \times 10^{-2} = 828.1 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{53}{\sqrt{\frac{828.1 \times 10^2}{200 \times 2.05}}} = 3.729 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.529/10\text{‰} ; \bar{\mu} = 7.553\% ; s = 0.133$$

$$x = s \times h = 0.133 \times 53 = 7.03 \text{ cm} < 16 \text{ cm} = d_p$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa se potrebna površina zategnute armature određuje iz izraza:

$$A_{a,\text{potr.}} = 7.553 \times \frac{200 \times 53}{100} \times \frac{2.05}{40} + \frac{64.8}{40} = 42.65 \text{ cm}^2$$

$$\text{usvojeno: } \quad \mathbf{9 R\text{Ø}25} \quad (44.18 \text{ cm}^2)$$

$$a_1 = \frac{5 \times 4.5 + 4 \times 10}{9} = 6.94 \text{ cm} \Rightarrow h_{\text{stv.}} = 60 - 6.94 = 53.06 \text{ cm} \approx 53 \text{ cm} = h_{\text{pretp.}}$$

2.4.2 Presek nad stubom S2

Iz priloženih dijagrama za pojedinačne slučajeve opterećenja, jasno je da se maksimalni moment javlja za slučaj delovanja vertikalnog stalnog i povremenog opterećenja:

$$M_u^{S2} = 1.6 \times 146.9 + 1.8 \times 86.4 = 390.5 \text{ kNm}$$

Pritisnuta je donja ivica nosača, pa je oblik pritisnute zone preseka pravougaoni, širine $b=40 \text{ cm}$. Ista vrednost momenta savijanja se javlja u presecima levo i desno od stuba S2. S druge strane, opterećenje vetrom ne izaziva momente savijanja, a izaziva aksijalne sile na delu levo od stuba S2, pa se u proračun može uzeti sila bilo kog znaka u cilju dobijanja veće potrebne površine armature. Veća površina zategnute armature se dobija kada, uz isti moment savijanja, na presek deluje i sila zatezanja (vetar »sleva«):

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

$$\text{odg. } N_u = 1.8 \times Z_w = 1.8 \times (-36) = -64.8 \text{ kN (zatezanje)}$$

$$M_{au} = 390.5 - 64.8 \times \left(\frac{60}{2} - 5 \right) \times 10^{-2} = 374.3 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{55}{\sqrt{\frac{374.3 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 2.574 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 2.778/10\text{‰} ; \bar{\mu} = 16.524\%$$

$$A_{a, \text{potr.}} = 16.524 \times \frac{40 \times 55}{100} \times \frac{2.05}{40} + \frac{64.8}{40} = 20.25 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **5 RØ25** (24.54 cm²)

2.4.3 Presek nad stubom S1

Iz priloženih dijagrama za pojedinačne slučajeve opterećenja, jasno je da se maksimalni moment javlja za slučaj delovanja vetra ili seizmike i da je alternativni:

$$M_u^{S1} = \pm \max. \left\{ \begin{array}{l} 1.8 \times 144 = 259.2 \\ 1.3 \times 216 = 280.8 \end{array} \right\} = \pm 280.8 \text{ kNm}$$

Merodavan je uticaj seizmike, za koji se u gredi POS 2 ne javlja aksijalna sila. Za slučaj da je merodavno dejstvo vetra, javila bi se i odgovarajuća aksijalna sila:

- za slučaj dejstva vetra sleva sila zatezanja $Z_u = 1.8 \times 36 = 64.8 \text{ kN}$, pri čemu je zategnuta donja ivica grede, odnosno
- za slučaj dejstva vetra sdesna sila pritiska $N_u = 1.8 \times 36 = 64.8 \text{ kN}$, pri čemu je zategnuta gornja ivica grede.

Presek se dimenzioniše kao pravougaoni, širine **b=40 cm**:

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 5 = 55 \text{ cm}$$

$$k = \frac{55}{\sqrt{\frac{280.8 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 2.972 \Rightarrow \varepsilon_b / \varepsilon_a = 2.139 / 10\% ; \bar{\mu} = 12.129\%$$

$$A_{a, \text{potr.}} = 12.129 \times \frac{40 \times 55}{100} \times \frac{2.05}{40} = 13.68 \text{ cm}^2$$

U ovom slučaju zanemaren je doprinos pritisnute armature nosivosti preseka. Naime, kako su momenti savijanja koji zatežu gornju i donju ivicu preseka jednaki, lako je zaključiti da će ista površina armature biti usvojena u obe zone nosača. Jedini način da se udeo ove armature uzme u proračun je dimenzionisanje simetrično armiranog preseka grafički, pomoću dijagrama interakcije. Sledi:

$$M_u = 280.8 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_B} = \frac{280.8 \times 10^2}{40 \times 60^2 \times 2.05} = 0.095$$

$$N_u = 0 \Rightarrow n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = 0$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti se očitava: $\bar{\mu}_1 \approx 0.111$:

$$A_{a1} = \bar{\mu}_1 \times b \times d \times \frac{f_B}{\sigma_v} = 0.111 \times 40 \times 60 \times \frac{2.05}{40} = 13.63 \text{ cm}^2 ; A_{a2} = A_{a1}$$

usvojeno: **±3 RØ25** (±14.73 cm²)

Doprinos pritisnute armature nosivosti preseka je u ovom slučaju veoma mali (neutralna linija je visoko u preseku pa je dilatacija pritisnute armature, a samim tim i sila koju prihvata, mala). Međutim, porastom momenta savijanja raste i potrebna površina zategnute armature u preseku, a time i površina pritisnute armature čiju nosivost neopravdano zanemarujemo. Primera radi, za triput veći moment savijanja bi dobili potrebnu armaturu $A_{a1} = 49.40 \text{ cm}^2$ za jednostruko, odnosno $A_{a1} = 41.82 \text{ cm}^2$ za simetrično armiran presek.

2.5 DIMENZIONISANJE POS 2 PREMA GLAVNIM NAPONIMA ZATEZANJA

Usvojeno za sve delove nosača:

$$z \approx 0.9 \times h_{\min} = 0.9 \times 53 = 47.7 \text{ cm} = \text{const.}$$

2.5.1 Osiguranje na delu B^{levo}-A

Maksimalna transverzalna sila na ovom delu nosača se javlja za slučaj delovanja stalnog, povremenog i opterećenja vetrom sleva (smer dejstva koji odgovara nacrtanim dijagramima, tačka 2.3). Umesto vetra, može se uzeti u obzir dejstvo zemljotresa (takođe smer delovanja sleva), ali je lako pokazati, zbog bitno manjih koeficijenata sigurnosti, da ta kombinacija nije merodavna:

$$T_{u,\max}^{B,I} = 1.6 \times 204 + 1.8 \times (120 + 20) = 578.4 \text{ kN} > 1.3 \times (204 + 120 + 30) = 460.2 \text{ kN}$$

$$\tau_n^{B,I} = \frac{578.4}{40 \times 47.7} = 0.303 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$q_{u1} = 1.6 \times 51 + 1.8 \times 30 = 135.6 \text{ kN/m}$$

$$L_{0,T} = \frac{578.4}{135.6} = 4.265 \text{ m}$$

$$\lambda = 426.5 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.303}\right) = 271.8 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^{B,I} = \frac{3}{2} \times (0.303 - 0.11) = 0.290 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno: $m = 2$, $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$:

$$e_u = \frac{2 \times a_u^{(1)}}{40 \times 0.290} \times 40 \times (\cos 90^\circ + \sin 90^\circ \times \cot 45^\circ) = 6.90 \times a_u^{(1)}$$

$$\text{pretp. UR}\emptyset 10 \ (a_u^{(1)} = 0.785 \text{ cm}^2) \Rightarrow e_u = 6.90 \times 0.785 = 5.4 \text{ cm}$$

S obzirom na malo rastojanje uzengija, usvaja se kombinacija vertikalnih uzengija i koso povijenih profila. Rastojanje uzengija biće određeno iz minimalnog procenta armiranja:

$$e_u = \frac{m \cdot a_u^{(1)}}{b \cdot \mu_{uz,\min.}} = \frac{2 \times a_u^{(1)}}{40 \times 0.2 \times 10^{-2}} = 25 \times a_u^{(1)} = 25 \times 0.785 = 19.6 \text{ cm}$$

usvojeno: **UR** \emptyset **10/15** ($m=2$)

$$\tau_{u,u} = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 15} \times 40 \times (\cos 90^\circ + \sin 90^\circ \times \cot 45^\circ) = 0.105 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

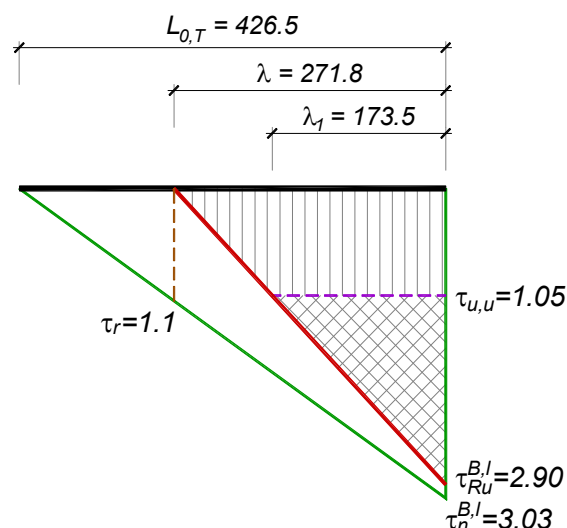
$$\lambda_1 = 271.8 \times \left(1 - \frac{0.105}{0.290}\right) = 173.5 \text{ cm}$$

$$H_{vu,k} = \frac{\tau_{Ru} - \tau_{u,u}}{2} \times \lambda_1 \times b = \frac{0.290 - 0.105}{2} \times 173.5 \times 40 = 642.1 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} \alpha_k = 45^\circ \\ \theta = 45^\circ \end{array} \right\} \Rightarrow A_{ak} = \frac{642.1}{40 \times (\cos 45^\circ + \sin 45^\circ \times \cot 45^\circ)} = 11.35 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **3 R** \emptyset **25** (14.73 cm^2)

$\Delta A_a = 0$ ("špic" momenata)



2.5.2 Osiguranje na delu A-B^{levo}

Maksimalna transverzalna sila na ovom delu nosača se javlja za slučaj delovanja stalnog, povremenog i opterećenja vetrom sdesna (smer suprotan od onog za koji su nacrtani dijagrami, tačka 2.3). Ponovo se lako dokazuje da seizmička kombinacija nije merodavna:

$$T_{u,\max}^A = 1.6 \times 163.2 + 1.8 \times (96 + 20) = 469.9 \text{ kN} > 1.3 \times (163.2 + 96 + 30) = 376.0 \text{ kN}$$

$$\tau_n^A = \frac{469.9}{40 \times 47.7} = 0.246 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_r$$

$$q_{u1} = 1.6 \times 51 + 1.8 \times 30 = 135.6 \text{ kN/m}$$

$$L_{0,T} = \frac{469.9}{135.6} = 3.465 \text{ m}$$

$$\lambda = 346.5 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.246}\right) = 191.8 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^A = \frac{3}{2} \times (0.246 - 0.11) = 0.204 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

usvojeno: $m = 2$, $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$:

$$e_u = \frac{2 \times a_u^{(1)}}{40 \times 0.204} \times 40 \times (\cos 90^\circ + \sin 90^\circ \times \cot 45^\circ) = 9.78 \times a_u^{(1)}$$

pretp. URØ10 ($a_u^{(1)} = 0.785 \text{ cm}^2$) $\Rightarrow e_u = 9.78 \times 0.785 = 7.7 \text{ cm}$

U ovom slučaju će problem malog rastojanja uzengija biti rešen povećanjem sečnosti, što širina preseka od 40 cm omogućava:

$$\text{URØ10 (m=4)} \Rightarrow e_u = 2 \times 7.7 = 15.4 \text{ cm}$$

usvojeno: **URØ10/15 (m=4)**

Nosivost dvosečnih uzengija URØ10/15 (što su ujedno i minimalne uzengije), sračunata je u tački 2.5.1 ($\tau_{u,u} = 1.05 \text{ MPa}$). Dužina na kojoj su potrebne četvorosečne uzengije (ili koso povijeni profili) je dužina λ_1 na kojoj je napon τ_{Ru} veći od napona koji prihvataju ovako usvojene uzengije:

$$\lambda_1 = \lambda \times \left(1 - \frac{\tau_{u,u}}{\tau_{Ru}}\right) = 191.8 \times \left(1 - \frac{0.105}{0.204}\right) = 93.5 \text{ cm}$$

Dodatnu zategnutu armaturu nije potrebno dodati u gornju zonu (»špic« momenta), već u donju zonu. U tom slučaju sila vetra deluje sleva i odgovarajuća transverzalna sila je:

$$T_u^A = 1.6 \times 163.2 + 1.8 \times (96 - 20) = 397.9 \text{ kN}$$

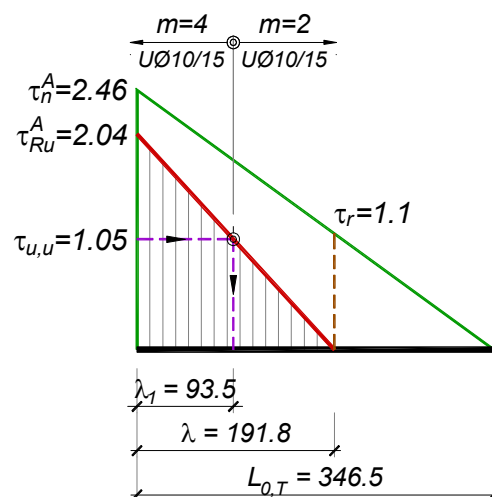
$$\Delta A_a = \frac{T_u}{2 \times \sigma_v} \times (\cot 45^\circ - \cot 90^\circ) = \frac{397.9}{2 \times 40} \times (1 - 0) = 4.97 \text{ cm}^2$$

Ovu površinu armature treba dodati sračunatoj armaturi za prihvatanje momenata savijanja u donjoj zoni (tačka 2.4.3):

$$A_a = 13.63 + 4.97 = 18.6 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **4 RØ25 (19.63 cm²)**

Potrebna količina armature se obezbeđuje vođenjem armature duž nosača prema liniji za-težućih sila (grafička konstrukcija detaljno objašnjena u predmetu Teorija betonskih konstrukcija).



2.5.3 Osiguranje na delu B^{desno}-C

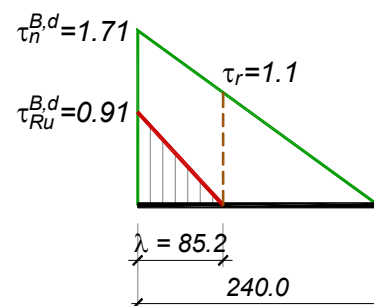
Kako na prepustu nema uticaja od vetra i seizmike, sledi:

$$T_{u,\max}^{B,d} = 1.6 \times 122.4 + 1.8 \times 72 = 325.4 \text{ kN}$$

$$\tau_n^{B,d} = \frac{325.4}{40 \times 47.7} = 0.171 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} > \tau_r$$

$$\lambda = 240 \times \left(1 - \frac{0.11}{0.171}\right) = 85.2 \text{ cm}$$

$$\tau_{Ru}^{B,d} = \frac{3}{2} \times (0.171 - 0.11) = 0.091 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$



usvojeno: $m = 2$, $\theta = 45^\circ$, $\alpha = 90^\circ$, URØ10:

$$e_u = \frac{2 \times 0.785}{40 \times 0.091} \times 40 \times (\cos 90^\circ + \sin 90^\circ \times \cot 45^\circ) = 17.3 \text{ cm}$$

usvojeno: **URØ10/15** ($m=2$)

$$\Delta A_a = 0 \text{ ("špic" momenata)}$$

2.6 DIMENZIONISANJE STUBA POS S1

Pošto vertikalno opterećenje izaziva samo sile pritiska u stubu, merodavna za dimenzionisanje može biti samo neka kombinacija koja uključuje jedno od horizontalnih dejstava. U oba slučaja (vetar ili seizmika) momenti savijanja su isti po apsolutnoj vrednosti a različitog znaka (merodavan je presek u vrhu stuba). Kako su varijacije vrednosti aksijalnih sila male (± 20 kN od vetra, ± 30 kN od seizmike), stub treba simetrično armirati, pa se dimenzionisanje sprovodi pomoću dijagrama interakcije. Ipak, biće sproveden proračun za oba smera delovanja vetra, da bi se prethodni zaključak numerički potvrdio.

Povećanje sile pritiska smanjuje potrebnu površinu zategnute armature u preseku. Izuzetak su preseki napregnuti znatnim aksijalnim silama, blizu granice malog ekscentriciteta. U slučaju postojanja bilo kakve dileme, potrebno je proveriti i kombinacije sa minimalnim i maksimalnim silama pritiska za svaku različitu vrednost momenta savijanja (ovde su to moment usled vetra, odnosno seizmike).

Ukoliko se razmatra dejstvo vetra, moguće je izostaviti povremeno opterećenje a stalno opterećenje tretirati kao povoljno (oba opterećenja daju samo sile pritiska, a ne i momente savijanja). Ukoliko se razmatra dejstvo zemljotresa, potrebno je uzeti u obzir i stalno i povremeno opterećenje, jer je u zadatku naglašeno da je seizmička sila sračunata iz stalnog i ukupnog povremenog opterećenja.

2.6.1 Dimenzionisanje prema uticajima od vetra

2.6.1.1 Kombinacije sa minimalnom normalnom silom

Za slučaj da vetar deluje sleva nadesno (dijagrami u tački 2.3), zategnuta je unutrašnja ivica stuba a aksijalna sila od vetra je zatezanje:

$$\vec{M}_{u1} = 1.8 \times \vec{M}_{wL} = 1.8 \times 144 = 259.2 \text{ kNm}$$

$$N_{u,\min} = 1.0 \times G + 1.8 \times Z_w = 1.0 \times 163.2 + 1.8 \times (-20) = 127.2 \text{ kN}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 5 \text{ cm} \Rightarrow h = 50 - 5 = 45 \text{ cm}$$

$$M_{au} = 259.2 + 127.2 \times \left(\frac{50}{2} - 5 \right) \times 10^{-2} = 284.6 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{284.6 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 2.415 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3.171/10\text{‰} ; \bar{\mu} = 19.013\%$$

$$A_{a,\text{potr.}} = 19.013 \times \frac{40 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{127.2}{40} = 14.36 \text{ cm}^2$$

Za slučaj da vetar deluje sdesna, zategnuta je spoljašnja ivica stuba a aksijalna sila od vetra je pritisak:

$$\bar{M}_{u1} = 1.8 \times \bar{M}_{wD} = 1.8 \times 144 = 259.2 \text{ kNm}$$

$$N_{u,\text{min}} = 1.0 \times G + 1.8 \times N_w = 1.0 \times 163.2 + 1.8 \times 20 = 199.2 \text{ kN}$$

$$M_{au} = 259.2 + 199.2 \times \left(\frac{50}{2} - 5 \right) \times 10^{-2} = 299.0 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{299.0 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 2.356 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3.348/10\text{‰} ; \bar{\mu} = 20.089\%$$

$$A_{a,\text{potr.}} = 20.089 \times \frac{40 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{199.2}{40} = 13.55 \text{ cm}^2$$

Očekivano, dobijene vrednosti potrebne površine armature se veoma malo razlikuju, pa se usvaja simetrično armiranje i presek dimenzioniše pomoću dijagrama interakcije:

$$M_u = 259.2 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_B} = \frac{259.2 \times 10^2}{40 \times 50^2 \times 2.05} = 0.126$$

$$N_{u,\text{min}} = 127.2 \text{ kN} \Rightarrow n_u = \frac{N_u}{b \times d \times f_B} = \frac{127.2}{40 \times 50 \times 2.05} = 0.031$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti se očitava vrednost mehaničkog koeficijenta armiranja $\bar{\mu}_1 \approx 0.137$, odnosno dilatacija zategnute armature $\varepsilon_{a1} = 10\text{‰}$ (vrednosti koeficijenta sigurnosti su dobro pretpostavljene). Sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = \bar{\mu}_1 \times b \times d \times \frac{f_B}{\sigma_v} = 0.137 \times 40 \times 50 \times \frac{2.05}{40} = 14.05 \text{ cm}^2$$

Potpuno očekivano, kako je objašnjeno i u fusnoti tačke 2.4.3, primenom dijagrama interakcije je dobijena manja potrebna površina armature u odnosu na proračun pomoću tablica, jer je uzet u obzir i doprinos pritisnute armature u preseku.

2.6.1.2 Kombinacije sa maksimalnom normalnom silom

Za slučaj da vetar deluje sleva nadesno (zategnuta unutrašnja ivica stuba):

$$\bar{M}_{u1} = 1.8 \times \bar{M}_{wL} = 1.8 \times 144 = 259.2 \text{ kNm}$$

$$N_{u,\text{max}} = 1.6 \times G + 1.8 \times (P + Z_w) = 1.6 \times 163.2 + 1.8 \times (96 - 20) = 397.9 \text{ kN}$$

$$M_{au} = 259.2 + 397.9 \times \left(\frac{50}{2} - 5 \right) \times 10^{-2} = 338.8 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{338.8 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 2.214 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3.5/8.735\text{‰} ; \bar{\mu} = 23.158\%$$

$$A_{a,\text{potr.}} = 23.158 \times \frac{40 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{397.9}{40} = 11.42 \text{ cm}^2 < 14.36 \text{ cm}^2$$

Za slučaj da vetar deluje sdesna (zategnuta spoljašnja ivica stuba):

$$\bar{M}_{u1} = 1.8 \times \bar{M}_{wD} = 1.8 \times 144 = 259.2 \text{ kNm}$$

$$N_{u,\text{max}} = 1.6 \times G + 1.8 \times (P + N_w) = 1.6 \times 163.2 + 1.8 \times (96 + 20) = 469.9 \text{ kN}$$

$$M_{au} = 259.2 + 469.9 \times \left(\frac{50}{2} - 5 \right) \times 10^{-2} = 353.2 \text{ kNm}$$

$$k = \frac{45}{\sqrt{\frac{353.2 \times 10^2}{40 \times 2.05}}} = 2.168 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3.5/8.157\text{‰} ; \bar{\mu} = 24.305\%$$

$$A_{a,\text{potr.}} = 24.305 \times \frac{40 \times 45}{100} \times \frac{2.05}{40} - \frac{469.9}{40} = 10.67 \text{ cm}^2 < 13.55 \text{ cm}^2$$

Očekivano, i ovde se dobijene vrednosti potrebne površine armature veoma malo razlikuju, pa se usvaja simetrično armiranje:

$$M_u = 259.2 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{259.2 \times 10^2}{40 \times 50^2 \times 2.05} = 0.126$$

$$N_{u,\text{max}} = 469.9 \text{ kN} \Rightarrow n_u = \frac{469.9}{40 \times 50 \times 2.05} = 0.115$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti se očitava vrednost mehaničkog koeficijenta armiranja $\bar{\mu}_1 \approx 0.096$, odnosno dilatacija zategnute armature $\varepsilon_{a1} = 10\text{‰}$ (vrednosti koeficijenta sigurnosti su dobro pretpostavljene). Sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.096 \times 40 \times 50 \times \frac{2.05}{40} = 9.89 \text{ cm}^2 < 14.05 \text{ cm}^2$$

Dakle, merodavna je kombinacija sa minimalnom silom pritiska ($\pm 14.05 \text{ cm}^2$ u odnosu na $\pm 9.89 \text{ cm}^2$ za kombinaciju sa maksimalnom silom pritiska). Primena dijagrama interakcije daje racionalnija rešenja za veće vrednosti momenata savijanja, ali i kod većih sila pritiska.

2.6.2 Dimenzionisanje prema uticajima od seizmike

S obzirom na pokazanu opravdanost simetričnog armiranja u ovom slučaju, a takođe imajući u vidu izuzetno malu razliku minimalne i maksimalne sile koje odgovaraju momentu savijanja usled seizmike, razmotriće se samo kombinacija sa minimalnom silom pritiska:

$$\bar{M}_{u2} = 1.3 \times \bar{M}_{sL} = 1.3 \times 216 = 280.8 \text{ kNm}$$

$$N_{u,\text{min}} = 1.3 \times (G + P + Z_s) = 1.3 \times (163.2 + 96 - 30) = 298 \text{ kN}$$

$$M_u = 280.8 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{280.8 \times 10^2}{40 \times 50^2 \times 2.05} = 0.137$$

$$N_{u,\text{min}} = 298 \text{ kN} \Rightarrow n_u = \frac{298}{40 \times 50 \times 2.05} = 0.073$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti se očitava vrednost mehaničkog koeficijenta armiranja $\bar{\mu}_1 \approx 0.130$. U ovom slučaju vrednosti koeficijenata sigurnosti ne zavise od dilatacije zategnute armature ε_{a1} . Sledi:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.130 \times 40 \times 50 \times \frac{2.05}{40} = 13.31 \text{ cm}^2 < 14.05 \text{ cm}^2$$

Merodavna je površina armature određena za uticaj vetra sa minimalnom silom pritiska.

usvojeno: **±3 RØ25** ($\pm 14.73 \text{ cm}^2$)

2.7 DIMENZIONISANJE STUBA POS S2

Za dimenzionisanje ovakvih elemenata, kod kojih je aksijalna sila dominantni, a moment savijanja »uzgredni« uticaj, dovoljno je ispitati kombinaciju pri kojoj se javlja maksimalna sila pritiska. S obzirom na manje vrednosti koeficijenata sigurnosti, seizmičke kombinacije ne mogu biti merodavne, pa sledi (dijagrami presečnih sila, tačka 2.3):

- stalno opterećenje: $G = 326.4 \text{ kN}$; $M_g = 0$
- povremeno opterećenje: $P = 192.0 \text{ kN}$; $M_p = 0$
- opterećenje vetrom: $W = \pm 20 \text{ kN}$; $M_w = \pm 43.2 \text{ kNm}$

2.7.1 Ekscentricitet po teoriji prvog reda

Uticaj izvijanja se može zanemariti ukoliko je ispunjen bar jedan od uslova:

$$\frac{e_1}{d} < 3.5 \quad \text{odnosno:} \quad \lambda \leq 25$$

Ekscentricitet po teoriji prvog reda e_1 određen je izrazom:

$$e_1 = \frac{\sum M}{\sum N} = \frac{43.2}{326.4 + 192 + 20} = 0.0802 \text{ m} = \mathbf{8.02 \text{ cm}} \Rightarrow \frac{e_1}{d} = \frac{8.02}{25} = 0.321 < 3.5$$

Kako je $e_1/d < 3.5$, po ovom kriterijumu je potrebno proračunom obuhvatiti i uticaj aksijalnih sila na deformaciju štapa. S druge strane, vitkost štapa je:

$$i_d = \sqrt{\frac{J_d}{A}} = \sqrt{\frac{b \times d^3}{12}} = \frac{d}{\sqrt{12}} = \frac{25}{\sqrt{12}} = 7.22 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_d = \frac{l_{i,d}}{i_d} = \frac{480}{7.22} = 66.5 > 25$$

Kako je vitkost $\lambda > 25$, izvijanje se mora uzeti u obzir.

2.7.2 Ekscentricitet usled netačnog izvođenja (imperfekcija)

Ekscentricitet usled imperfekcije se određuje kao:

$$e_0 = \frac{l_i}{300} \begin{cases} \geq 2 \text{ cm} \\ \leq 10 \text{ cm} \end{cases} ; l_{i,d} = 4.8 \text{ m} \Rightarrow e_0 = \frac{480}{300} = 1.6 \text{ cm} < 2 \text{ cm} = e_{0,min.}$$

usvojeno $e_0 = 2 \text{ cm}$

2.7.3 Ekscentricitet usled efekata tečenja betona

Efekat tečenja betona se mora uzeti u obzir jer nije ispunjen nijedan od dva uslova:

$$\frac{N_g}{N} = \frac{326.4}{538.4} = 0.61 > 0.2 \quad \text{odnosno:} \quad \lambda = 66.5 > 50$$

Potrebno je najpre sračunati Ojlerovu kritičnu silu izvijanja stuba N_E :

$$N_E = E_b \times J_i \times \frac{\pi^2}{l_i^2} \approx E_b \times J_b \times \frac{\pi^2}{l_i^2}$$

Kako je površina armature nepoznata, a i ne utiče bitno na vrednost momenta inercije preseka, dopušteno je i preporučivo Ojlerovu kritičnu silu izvijanja sračunati sa karakteristikama bruto betonskog preseka.

$$J_b = \frac{b \times d^3}{12} = \frac{40 \times 25^3}{12} = 52\,083 \text{ cm}^4 ; \quad E_b = 31.5 \text{ GPa} = 31.5 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$N_E = 31.5 \times 10^6 \times 52\,083 \times 10^{-8} \times \frac{\pi^2}{4.8^2} = 7028 \text{ kN}$$

$$\alpha_E = \frac{N_g}{N_E} = \frac{326.4}{7028} = 0.0464; \quad e_g = \frac{M_g}{N} = 0$$

Za element srednje debljine d_m :

$$b/d = 40/25 \text{ cm} \Rightarrow d_m = \frac{2 \times A}{O} = \frac{2 \times 25 \times 40}{2 \times (25 + 40)} = 15.4 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

i usvojenu starost betona u trenutku nanošenja opterećenja $t_0=28$ dana, za element »na polju« (relativna vlažnost sredine 70%), iz člana 59. PBAB 87 sledi konačna vrednost koeficijenta tečenja $\varphi_\infty = 2.6$. Ekscentricitet usled tečenja betona e_φ se sračunava kao:

$$e_\varphi = (e_0 + e_g) \times \left(e^{\frac{\alpha_E}{1-\alpha_E} \times \varphi_\infty} - 1 \right) = (2 + 0) \times \left(e^{\frac{0.0464}{1-0.0464} \times 2.6} - 1 \right) = 0.27 \text{ cm}$$

2.7.4 Dopunski ekscentricitet

Kako je $\lambda \leq 75$, (oblast umerene vitkosti), moguće je koristiti metod dopunske ekscentricnosti za uvođenje u proračun efekata teorije II reda. Zavisno od odnosa e_1/d , dopunski ekscentricitet e_d se određuje iz jednog od sledećih izraza:

$$0 \leq \frac{e_1}{d} < 0.3 : \quad e_d = d \times \frac{\lambda - 25}{100} \times \sqrt{0.1 + \frac{e_1}{d}}$$

$$0.3 \leq \frac{e_1}{d} < 2.5 : \quad e_d = d \times \frac{\lambda - 25}{160} \geq 0$$

$$2.5 \leq \frac{e_1}{d} < 3.5 : \quad e_d = d \times \frac{\lambda - 25}{160} \times \left(3.5 - \frac{e_1}{d} \right)$$

$$\frac{e_1}{d} = 0.321 \Rightarrow e_d = 25 \times \frac{66.5 - 25}{160} = 6.49 \text{ cm}$$

2.7.5 Ukupan računski ekcentricitet

$$e_2 = e_1 + e_0 + e_\varphi + e_d = 8.02 + 2.0 + 0.27 + 6.49 = 16.78 \text{ cm}$$

$$M_u = N_u \times e_2$$

Aksijalne sile usled stalnog, odnosno povremenog opterećenja su:

$$N_g = 326.4 \text{ kN} ; \quad N_{p,\max} = P+W = 192 + 20 = 212 \text{ kN}$$

Za pretpostavljeno $\varepsilon_{a1} \leq 0$, koeficijenti sigurnosti imaju maksimalne vrednosti, pa sledi:

$$N_u = 1.9 \times 326.4 + 2.1 \times 212 = 1065.4 \text{ kN} \Rightarrow n_u = \frac{1065.4}{40 \times 25 \times 2.05} = 0.52$$

$$M_u = 1065.4 \times 16.78 \times 10^{-2} = 178.8 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{178.8 \times 10^2}{40 \times 25^2 \times 2.05} = 0.349$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti i usvojeni odnos a/d , se očitava vrednost mehaničkog koeficijenta armiranja $\bar{\mu}_1 \approx 0.42$, odnosno dilatacija zategnute armature $\varepsilon_{a1} = 1.5\%$ (zatezanje) što znači da vrednosti koeficijenata sigurnosti treba korigovati. Sledi:

$$\gamma_{u,G} = 1.9 - \frac{(1.9 - 1.6)}{3.0 - 0.0} \times 1.5 = 1.75 \quad ; \quad \gamma_{u,P} = 2.1 - \frac{(2.1 - 1.8)}{3.0 - 0.0} \times 1.5 = 1.95$$

Sa korigovanim koeficijentima sigurnosti sledi:

$$N_u = 1.75 \times 326.4 + 1.95 \times 212 = 984.6 \text{ kN} \Rightarrow n_u = \frac{984.6}{40 \times 25 \times 2.05} = 0.48$$

$$M_u = 984.6 \times 16.78 \times 10^{-2} = 165.2 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{165.2 \times 10^2}{40 \times 25^2 \times 2.05} = 0.322$$

Sa dijagrama interakcije za ove vrednosti se očitava vrednost mehaničkog koeficijenta armiranja $\bar{\mu}_1 \approx 0.36$, odnosno dilatacija zategnute armature $\varepsilon_{a1} = 1.7\%$ (zatezanje):

$$\gamma_{u,G} = 1.9 - \frac{(1.9 - 1.6)}{3.0 - 0.0} \times 1.7 = 1.73 \quad ; \quad \gamma_{u,P} = 2.1 - \frac{(2.1 - 1.8)}{3.0 - 0.0} \times 1.7 = 1.93$$

$$N_u = 1.73 \times 326.4 + 1.93 \times 212 = 973.8 \text{ kN} \Rightarrow n_u = \frac{973.8}{40 \times 25 \times 2.05} = 0.475$$

$$M_u = 973.8 \times 16.78 \times 10^{-2} = 163.4 \text{ kNm} \Rightarrow m_u = \frac{163.4 \times 10^2}{40 \times 25^2 \times 2.05} = 0.319$$

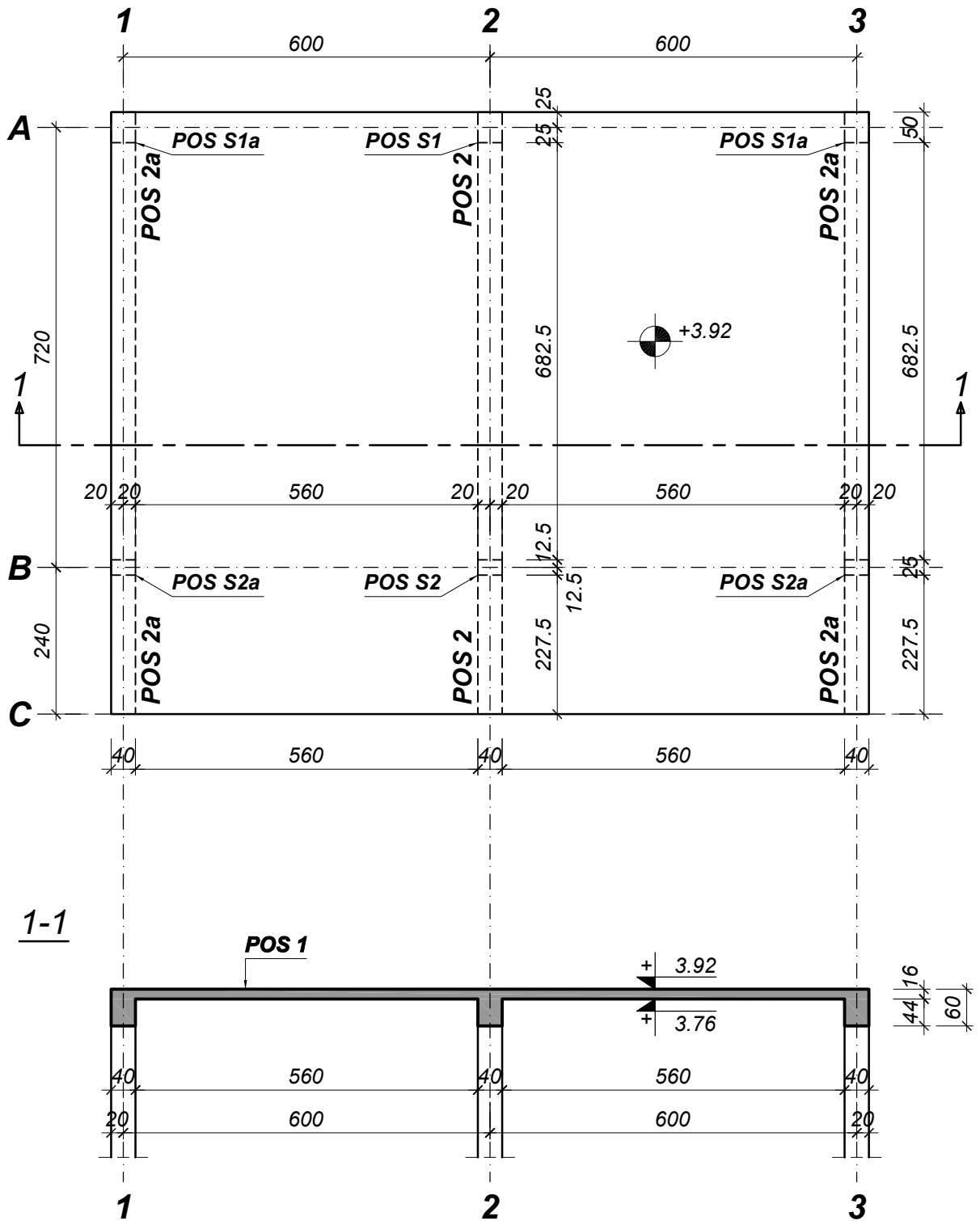
Sa dijagrama se interakcije za ove vrednosti se očitava vrednost mehaničkog koeficijenta armiranja $\bar{\mu}_1 \approx 0.35$, odnosno dilatacija zategnute armature $\varepsilon_{a1} = 1.69\%$ (zatezanje), što dovoljno tačno odgovara pretpostavljenoj vrednosti koeficijenata sigurnosti:

$$A_{a1} = A_{a2} = 0.35 \times 40 \times 25 \times \frac{2.05}{40} = 17.94 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **±4 RØ25** ($\pm 19.63 \text{ cm}^2$)

Dalje iteracije ne bi imale nikakvog praktičnog smisla, jer se korišćenjem dijagrama interakcije ne može tačnije proceniti dilatacija armature ε_{a1} ¹.

¹ Tačno rešenje, dobijeno analitički: $\varepsilon_b/\varepsilon_{a1} = 3.5/1.69\%$, $A_{a1} = A_{a2} = 17.95 \text{ cm}^2$



GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

ODSEK ZA KONSTRUKCIJE

KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE

PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE
BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1

PRIMER P4 - List br.1

PREDMETNI NASTAVNIK:

ASISTENT:

KANDIDAT:

DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ

M. STOJANOVIĆ

PLAN OPLATE POS 1

KVALITET MATERIJALA

RAZMERA CRTEŽA

FORMAT CRTEŽA

ŠKOLSKA 2015/2016.

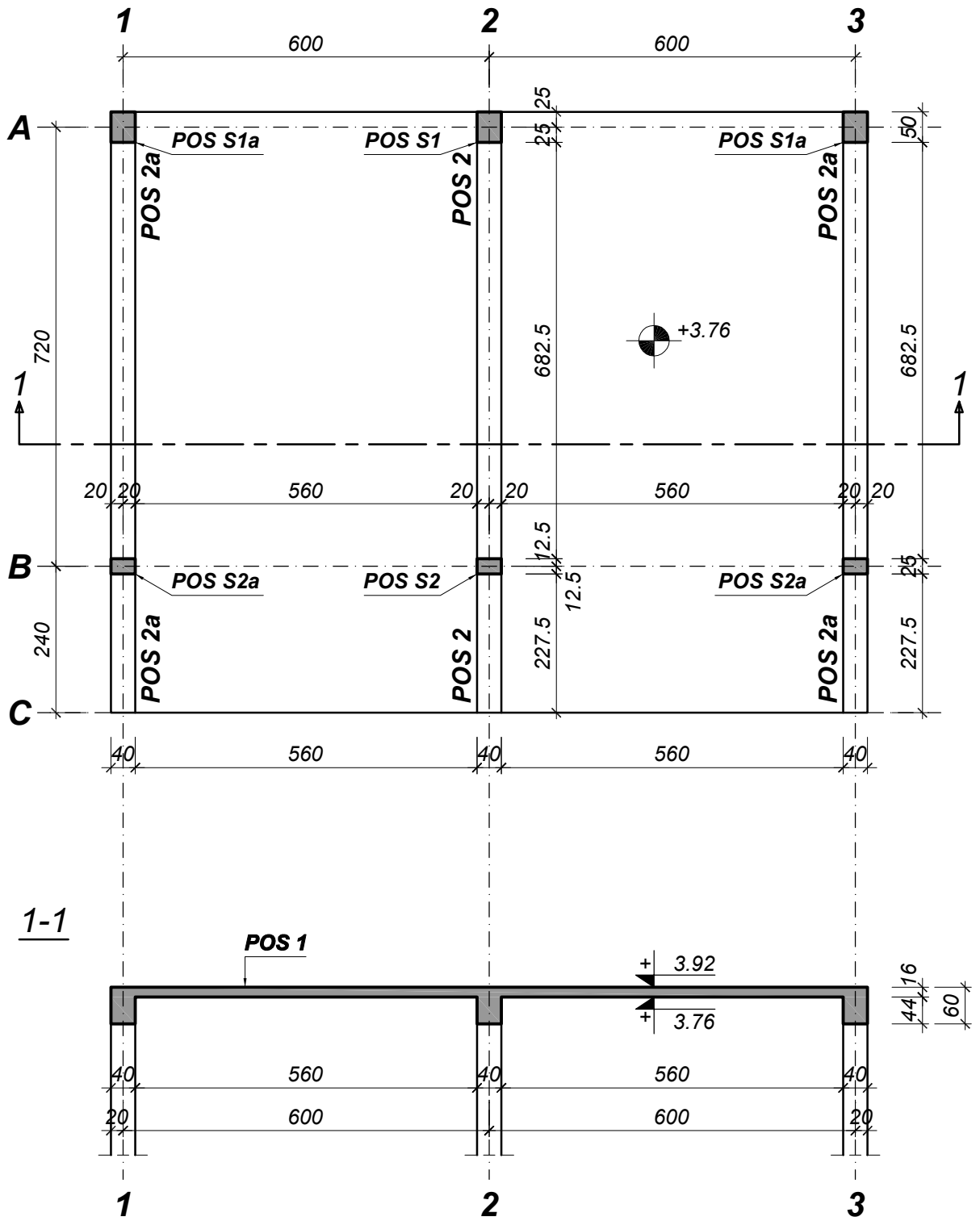
OVERA:

MB 30

R 1:100

210×297

01.03.2016.



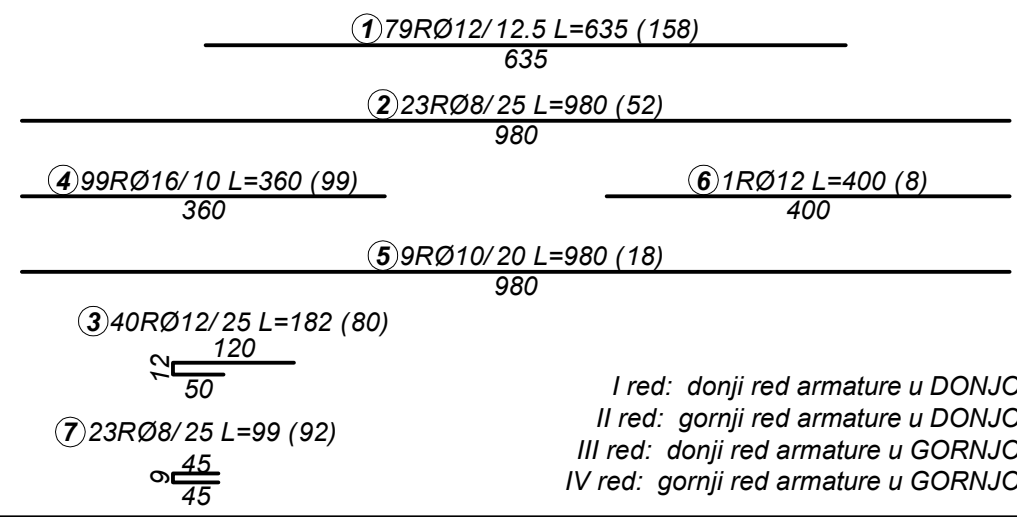
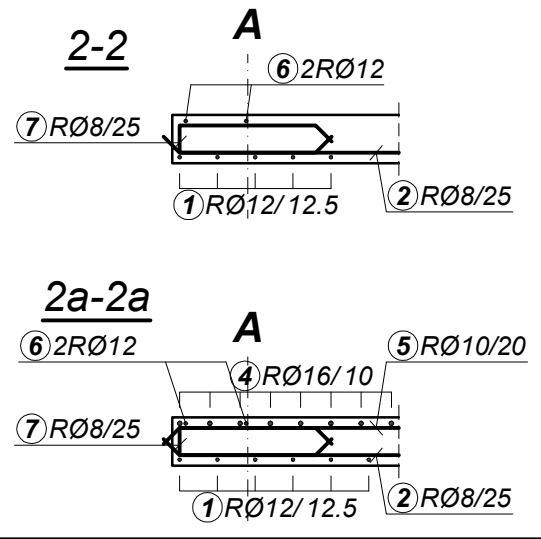
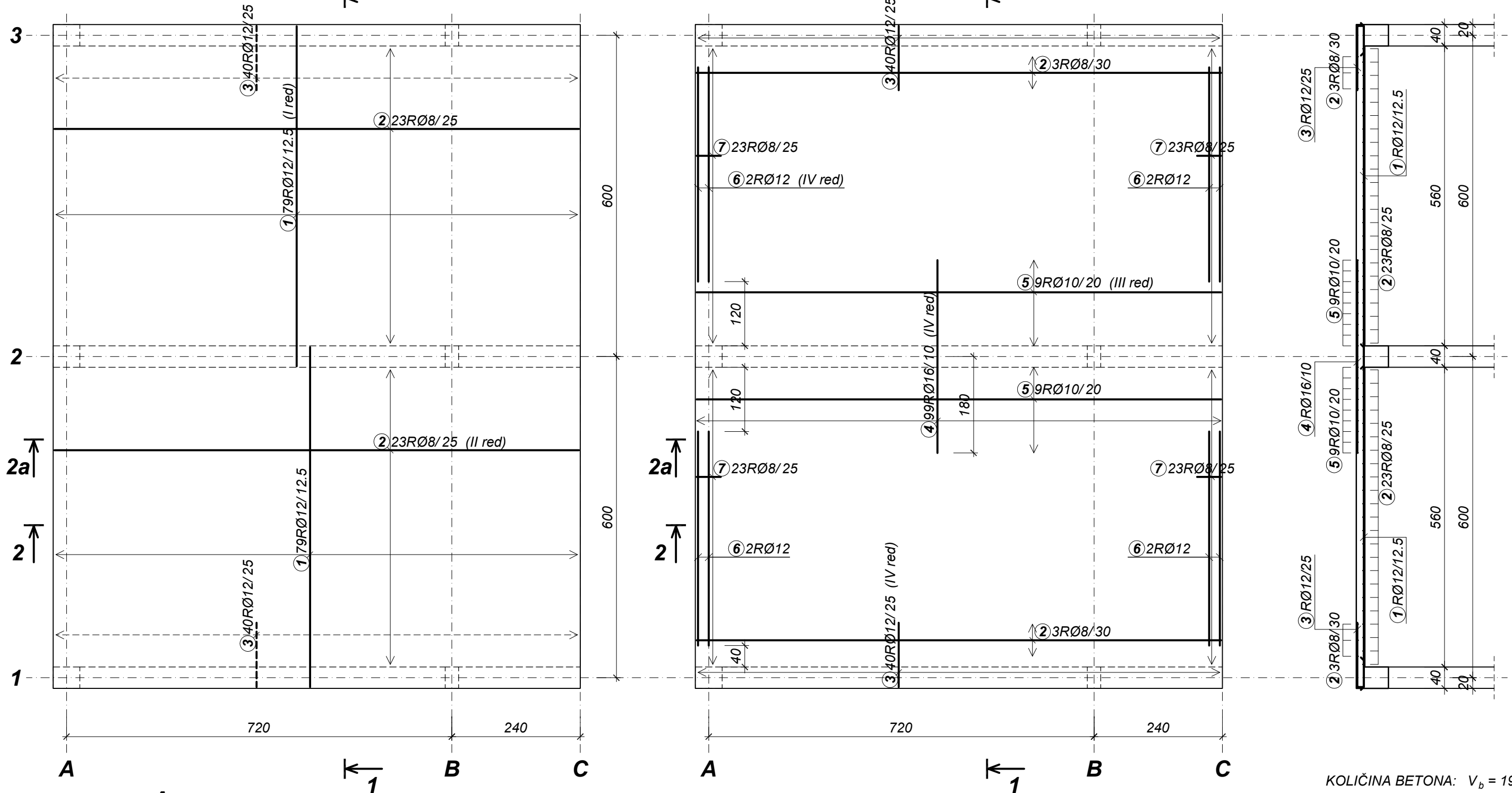
PLAN OPLATE POS 1

MB 30 R 1:100

DONJA ZONA

GORNJA ZONA



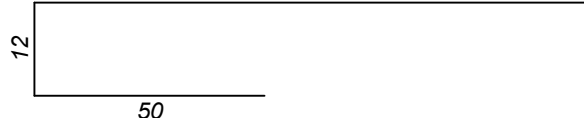



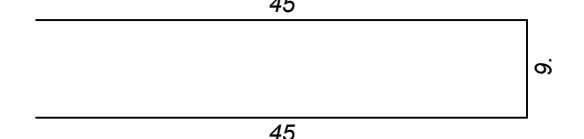
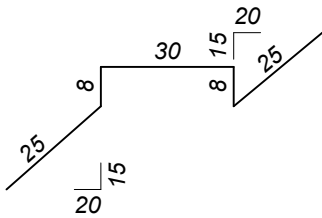
1-1



I red: donji red armature u DONJOJ zoni
 II red: gornji red armature u DONJOJ zoni
 III red: donji red armature u GORNJOJ zoni
 IV red: gornji red armature u GORNJOJ zoni

KOLIČINA BETONA: $V_b = 19.54 \text{ m}^3$
 KOLIČINA ARMATURE: $\frac{2176.38}{19.54} = 111.4 \text{ kg/m}^3$

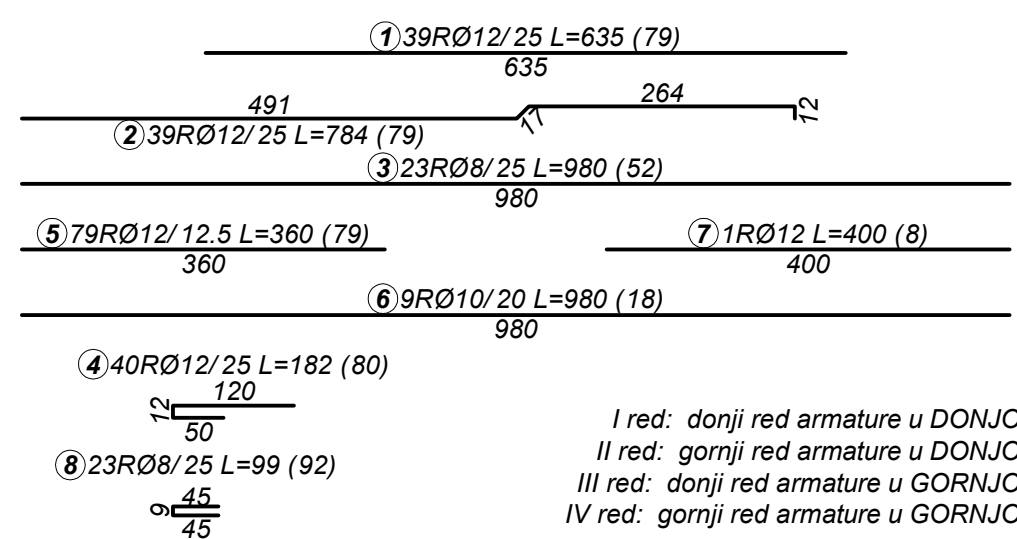
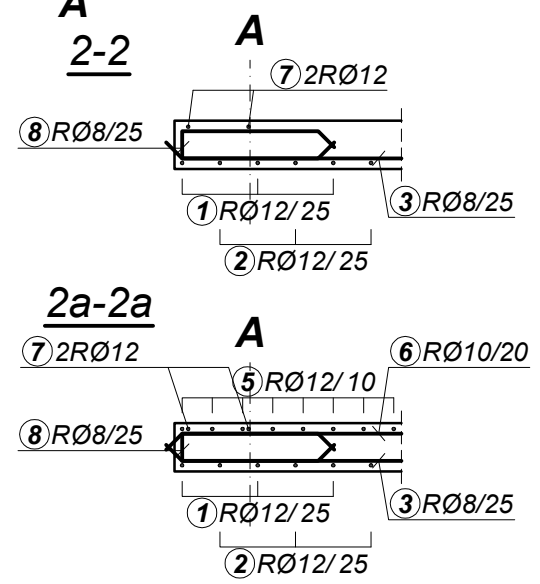
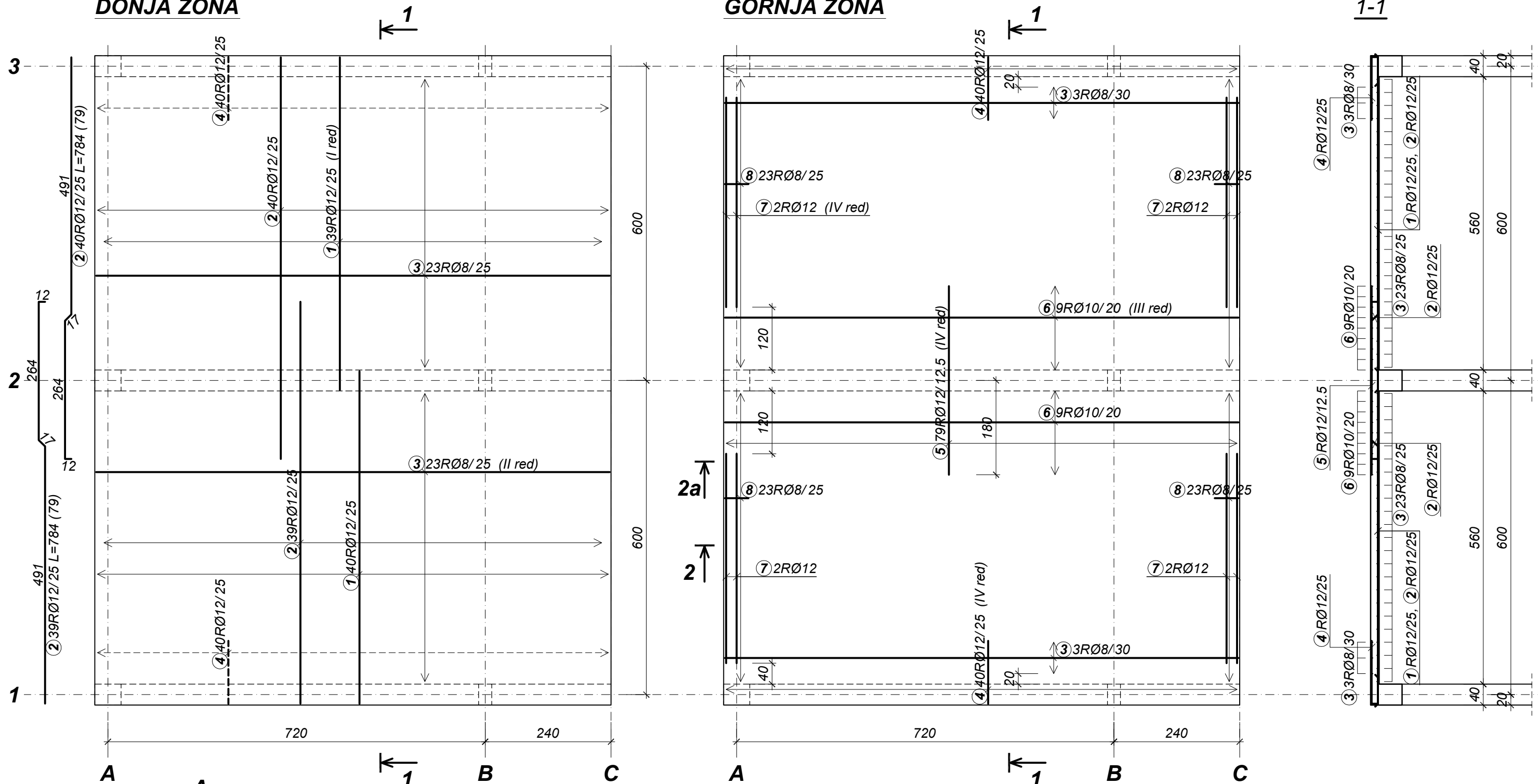
GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU		
ODSEK ZA KONSTRUKCIJE	KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE	
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1		PRIMER P4 - List br.2
PREDMETNI NASTAVNIK: DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ	ASISTENT: M. STOJANOVIĆ	KANDIDAT:
PLAN ARMATURE POS 1 (varijanta 1)		
KVALITET MATERIJALA MB 30 RA 400/500	RAZMERA CRTEŽA R 1:75 (25)	FORMAT CRTEŽA 420x297
ŠKOLSKA 2015/2016. 01.03.2016.	OVERA:	

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	ozn.	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
POS 1 – varijanta 1 (1 kom)						
1	635 	RA2	12	6.35	158	1003.30
2	980 	RA2	8	9.80	52	509.60
3	120 12 50 	RA2	12	1.82	80	145.60
4	360 	RA2	16	3.60	99	356.40
5	980 	RA2	10	9.80	18	176.40
6	400 	RA2	12	4.00	8	32.00
7	45 45 	RA2	8	0.99	92	91.08
8		RA2	12	0.96	192	184.32
Šipke - rekapitulacija						
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']		Težina [kg]		
RA2						
8	600.68	0.405		243.28		
10	176.40	0.633		111.66		
12	1365.22	0.911		1243.72		
16	356.40	1.621		577.72		
Ukupno						2176.38

DONJA ZONA

GORNJA ZONA

1-1

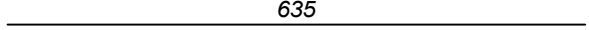
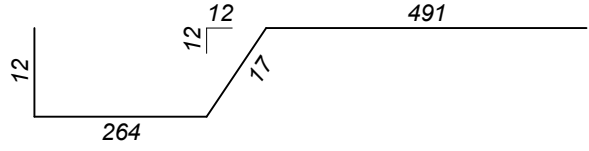
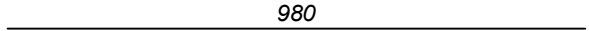
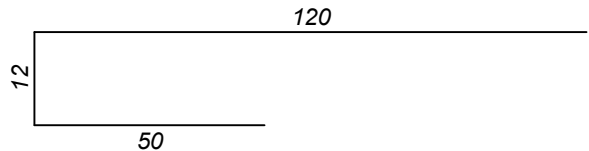

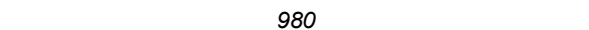

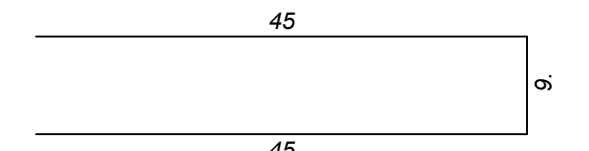
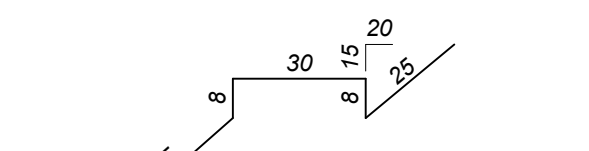


I red: donji red armature u DONJOJ zoni
 II red: gornji red armature u DONJOJ zoni
 III red: donji red armature u GORNJOJ zoni
 IV red: gornji red armature u GORNJOJ zoni

KOLIČINA BETONA: $V_b = 19.54 \text{ m}^3$

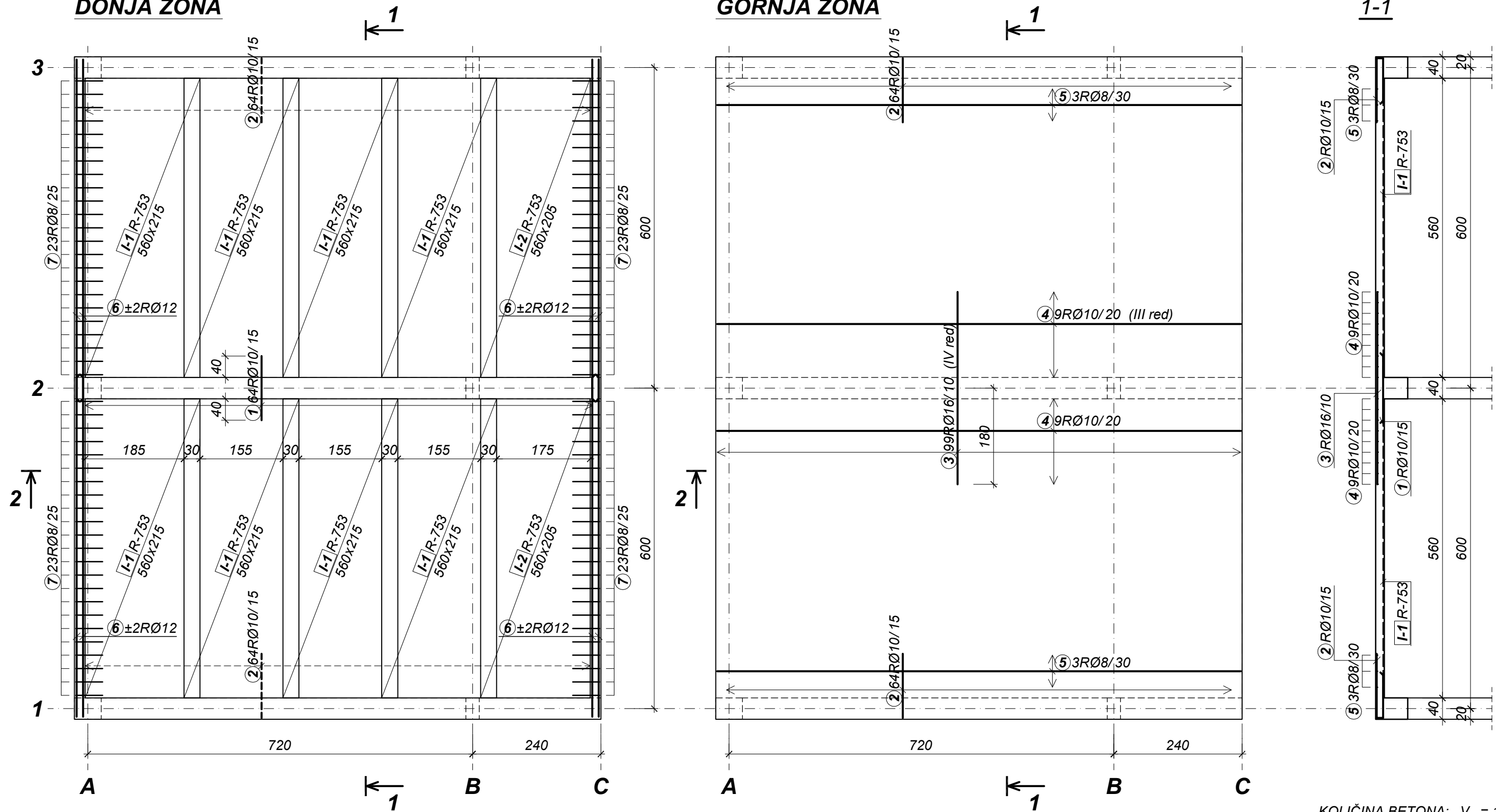
KOLIČINA ARMATURE: $\frac{1964.97}{19.54} = 100.6 \text{ kg/m}^3$

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU		
ODSEK ZA KONSTRUKCIJE	KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE	
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1		PRIMER P4 - List br.3
PREDMETNI NASTAVNIK: DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ	ASISTENT: M. STOJANOVIĆ	KANDIDAT:
PLAN ARMATURE POS 1 (varijanta 2)		
KVALITET MATERIJALA MB 30 RA 400/500	RAZMERA CRTEŽA R 1:75 (25)	FORMAT CRTEŽA 420x297
ŠKOLSKA 2015/2016. 01.03.2016.	OVERA:	

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	ozn.	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
POS 1 – varijanta 2 (1 kom)						
1		RA2	12	6.35	79	501.65
2		RA2	12	7.84	79	619.36
3		RA2	8	9.80	52	509.60
4		RA2	12	1.82	80	145.60
5		RA2	12	3.60	79	284.40
6		RA2	10	9.80	18	176.40
7		RA2	12	4.00	8	32.00
8		RA2	8	0.99	92	91.08
9		RA2	12	0.96	192	184.32
Šipke - rekapitulacija						
Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']		Težina [kg]		
RA2						
8	600.68	0.405		243.28		
10	176.40	0.633		111.66		
12	1767.33	0.911		1610.04		
Ukupno						1964.97

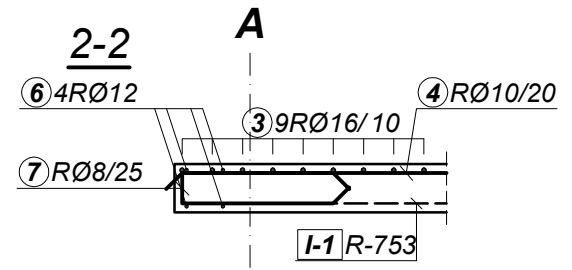
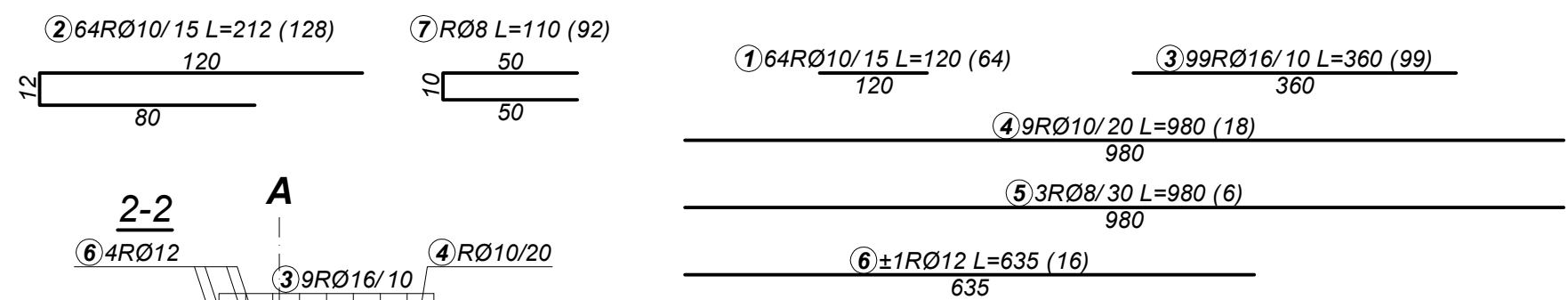
DONJA ZONA

GORNJA ZONA



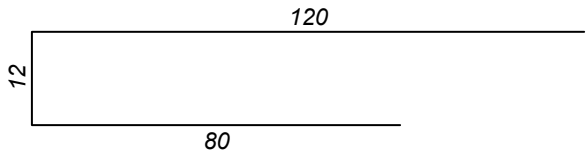
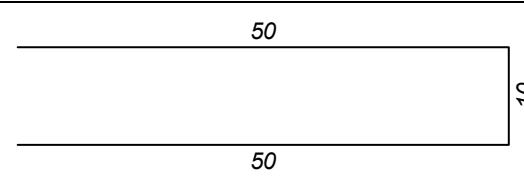
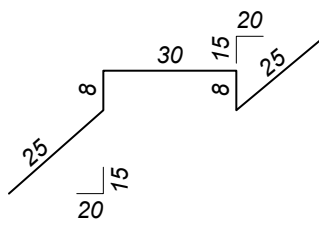
KOLIČINA BETONA: $V_b = 19.54 \text{ m}^3$

KOLIČINA ARMATURE: $\frac{2171.75}{19.54} = 111.1 \text{ kg/m}^3$



I red: donji red armature u DONJOJ zoni
 II red: gornji red armature u DONJOJ zoni
 III red: donji red armature u GORNJOJ zoni
 IV red: gornji red armature u GORNJOJ zoni

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU			
ODSEK ZA KONSTRUKCIJE		KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE	
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1		PRIMER P4 - List br.4	
PREDMETNI NASTAVNIK: DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ	ASISTENT: M. STOJANOVIĆ	KANDIDAT:	
PLAN ARMATURE POS 1 (varijanta 3)			
KVALITET MATERIJALA MB 30 RA 400/500 MA 500/560	RAZMERA CRTEŽA R 1:75 (25)	FORMAT CRTEŽA 420x297	ŠKOLSKA 2015/2016. OVERA: 07.03.2016.

Šipke - specifikacija						
ozn.	oblik i mere [cm]	ozn.	Ø	lg [m]	n [kom]	lgn [m]
POS 1 - varijanta 3 (1 kom)						
1	120	RA2	10	1.20	64	76.80
2		RA2	10	2.12	128	271.36
3	360	RA2	16	3.60	99	356.40
4	980	RA2	10	9.80	18	176.40
5	980	RA2	8	9.80	6	58.80
6	635	RA2	12	6.35	16	101.60
7		RA2	8	1.10	92	101.20
8		RA2	12	0.96	192	184.32

Šipke - rekapitulacija

Ø [mm]	lgn [m]	Jedinična težina [kg/m']	Težina [kg]
RA2			
8	160.00	0.405	64.80
10	524.56	0.633	332.05
12	285.92	0.911	260.47
16	356.40	1.621	577.72
Ukupno			1235.04

Mreže - specifikacija

Pozicija	Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Ukupna težina [kg]
I-1	R-753	215	560	8	7.853	756.40
I-2	R-753	205	560	2	7.853	180.30
Ukupno						936.71

Mreže - rekapitulacija

Oznaka mreže	B [cm]	L [cm]	n	Jedinična težina [kg/m ²]	Ukupna težina [kg]
R-753	215	600	10	7.853	1013.04
Ukupno					1013.04

Mreže - plan sečenja

R-753

