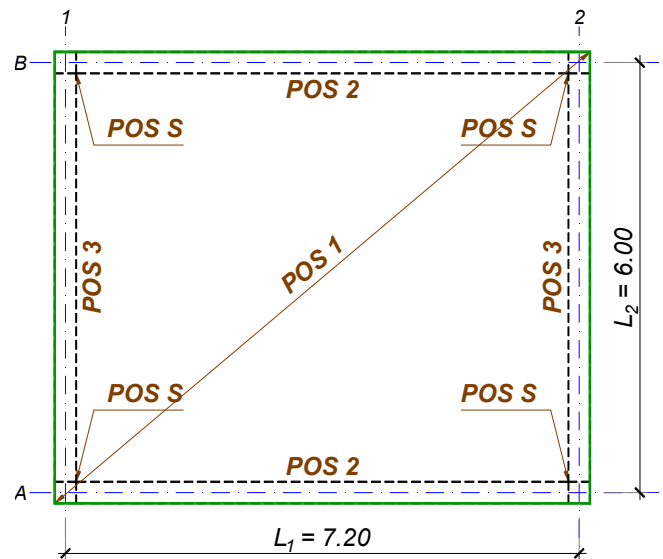


1 PRORAČUN PLOČE POS 1

Ploča dimenzija $6.0 \times 7.2\text{m}$ u osnovi oslonjena je na dva para paralelnih greda POS 2, POS 3, koje su oslonjene na stubove POS S u uglovima ploče. Pored sopstvene težine, ploča je opterećena stalnim opterećenjem $\Delta g = 2.0 \text{ kN/m}^2$ (pod, plafon) i povremenim opterećenjem $p = 4.0 \text{ kN/m}^2$. Potrebno je dimenzionisati ploču i grede, nacrtati planove oplate i armature i uraditi specifikaciju i rekapitulaciju. Kvalitet materijala: MB 30, RA 400/500.



1.1 USVAJANJE DEBLJINE PLOČE

Kako je ploča oslonjena na sve četiri ivice (na dva para paralelnih greda POS 2, POS 3), proračunava se kao krstasto armirana ukoliko je odnos dimenzija u osnovi $L_y/L_x \leq 2$:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} = \frac{7.20}{6.00} = 1.2 < 2 \Rightarrow \text{krstasto armirana ploča}$$

Obično je kriterijum za usvajanje debljine ploče ugib ploče. Smatra da je ugib u dopuštenim granicama ukoliko je debljina ploče odabrana u skladu sa članom 207 PBAB 87:

»Ako se stanje deformacija ne dokazuje posebno, najmanja debljina ploče koja se računa u jednom ili dva pravca treba da iznosi 1/35 manjeg raspona, odnosno odstojanja nultih tačaka dijagrama momenata kod kontinualnih ili uklještenih ploča. Ako odstojanje nultih tačaka nije određeno statičkim proračunom, može se uzeti da to odstojanje iznosi 4/5 raspona.«

$$d_{p,\min.} = \frac{L_{0,\min}}{35} = \frac{600}{35} = 17.1 \text{ cm} \Rightarrow \text{usvojeno } d_p = 18 \text{ cm}$$

1.2 ANALIZA OPTEREĆENJA

a. stalno opterećenje

| | | |
|------------------------------|--|----------------------|
| - sopstvena težina ploče | $d_p \times \gamma_b = 0.18 \times 25 =$ | 4.5 kN/m^2 |
| - dodatno stalno opterećenje | $\Delta g =$ | 2.0 kN/m^2 |
| ukupno, stalno opterećenje | $g =$ | 6.5 kN/m^2 |

b. povremeno opterećenje $p = 4.0 \text{ kN/m}^2$

1.3 PRORAČUN STATIČKIH UTICAJA

Proračun momenata savijanja i oslončkih reakcija kod krstasto armiranih ploča se vrši pomoću tablica. Potrebno je odabrati konturne uslove i odgovarajući odnos raspona ploče, a zatim pročitati odgovarajuće bezdimenzione koeficijente koji se množe sa rezultantom razmatranog opterećenja. U tablicama postoje dve vrste konturnih uslova:

- **potpuno uklještenje** - usvaja se na mestima srednjih oslonaca kontinualnih krstasto armiranih ploča ili spojevima sa konzolnim prepustima, odnosno na svim mestima gde postoji kontinuitet ploče;
- **slobodno oslonjena ivica** - usvaja se na krajnjim osloncima, s obzirom na uobičajeno male torziona krutosti armiranobetonskih greda

Naravno, postoje i tablice u kojima pojedine ivice ploče mogu biti potpuno slobodne, kao i tablice za proračun ploča opterećenih trougaonim opterećenjem, ali se u okviru ovog kursa time nećemo baviti.

Rezultante stalnog, odnosno povremenog opterećenja su:

$$G = g \times L_x \times L_y = 6.0 \times 6.0 \times 7.2 = 259.2 \text{ kN}$$

$$P = p \times L_x \times L_y = 4.0 \times 6.0 \times 7.2 = 172.8 \text{ kN}$$

Iz tablice, za slučaj ploče slobodno oslonjene na sve četiri ivice, sa sračunatim odnosom strana $L_y/L_x = 1.2$, sledi:

$$M_{x,G} = 0.049 \times 259.2 = 12.7 \text{ kNm/m}$$

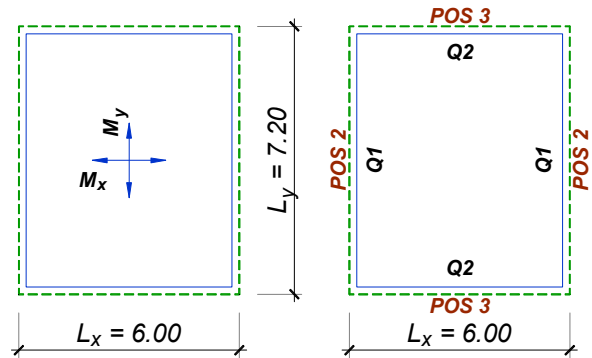
$$M_{x,P} = 0.049 \times 172.8 = 8.5 \text{ kNm/m}$$

$$M_{y,G} = 0.038 \times 259.2 = 9.8 \text{ kNm/m}$$

$$M_{y,P} = 0.038 \times 172.8 = 6.6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{x,u} = 1.6 \times 12.7 + 1.8 \times 8.5 = 35.6 \text{ kNm/m}$$

$$M_{y,u} = 1.6 \times 9.8 + 1.8 \times 6.6 = 27.6 \text{ kNm/m}$$



Rezultante reakcija oslonaca Q_1 i Q_2 (opterećenje za POS 2 i POS 3 respektivno) su:

$$Q_{1,G} = 0.272 \times 259.2 = 70.5 \text{ kN} \quad ; \quad Q_{1,P} = 0.272 \times 172.8 = 47.0 \text{ kN} \quad (\text{POS 2})$$

$$Q_{2,G} = 0.228 \times 259.2 = 59.1 \text{ kN} \quad ; \quad Q_{2,P} = 0.228 \times 172.8 = 39.4 \text{ kN} \quad (\text{POS 3})$$

1.4 DIMENZIONISANJE PREMA MOMENTIMA SAVIJANJA

1.4.1 Kraći pravac

$$\text{pretp. } a_{1x} = 3 \text{ cm} \Rightarrow h_x = 18 - 3 = 15 \text{ cm}$$

$$k = \frac{15}{\sqrt{\frac{35.6}{2.05}}} = 3.697 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.547/10\% \quad ; \quad \bar{\mu} = 7.688\%$$

$$A_{a,\text{potr.}} = 7.688 \times 15 \times \frac{2.05}{40} = 6.07 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \text{usv.: } \mathbf{R012/15} \quad (7.53 \text{ cm}^2/\text{m})$$

1.4.2 Duži pravac

$$a_{1,y} = a_0 + \varnothing_x + \frac{\varnothing_y}{2} = 2.0 + 1.2 + \frac{1.0}{2} = 3.7 \text{ cm} \Rightarrow h_y = 18 - 3.7 = 14.3 \text{ cm}$$

$$k = \frac{14.3}{\sqrt{\frac{27.6}{2.05}}} = 3.899 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.440/10\% \quad ; \quad \bar{\mu} = 6.891\%$$

$$A_{a,\text{potr.}} = 6.891 \times 14.3 \times \frac{2.05}{40} = 5.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \Rightarrow \text{usv.: } \mathbf{R010/15} \quad (5.24 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Pored zahteva koji se odnose na sve vrste ploča (članovi 204-213), dodatni zahtevi vezani za konstruisanje, proračun i armiranje krstasto armiranih ploča su sadržani u članovima 214-216 Pravilnika BAB 87.

2 PRORAČUN GREDE POS 2

Grede POS 2 su slobodno oslonjene, raspona 7.2 m, opterećene stalnim i povremenim opterećenjem sa ploče POS 1 i sopstvenom težinom.

Zadržavaju se dimenzije grede ($b/d = 25/60$ cm) usvojene u primeru P1.

2.1 ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

$$\begin{aligned}
 \text{sopstvena težina POS 2} \quad b \times d \times \gamma_b &= 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 \text{ kN/m} \\
 \text{od ploče POS 1} \quad Q_{1G}/L_y &= 70.5 / 7.2 = 9.79 \text{ kN/m} \\
 \text{ukupno, stalno opterećenje} \quad g &= 13.54 \text{ kN/m} \\
 \text{povremeno opterećenje} \quad Q_{1P}/L_y &= 47.0 / 7.2 = p = 6.53 \text{ kN/m} \\
 M_g &= 13.54 \times 7.2^2 / 8 = 87.8 \text{ kNm} \quad ; \quad M_p = 6.53 \times 7.2^2 / 8 = 42.3 \text{ kNm} \\
 T_g &= 13.54 \times 7.2 / 2 = 48.8 \text{ kN} \quad ; \quad T_p = 6.53 \times 7.2 / 2 = 23.5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2.2 DIMENZIONISANJE PREMA MOMENTIMA SAVIJANJA

$$M_u = 1.6 \times 87.8 + 1.8 \times 42.3 = 216.5 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 6 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 6 = 54 \text{ cm}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} b_1 + b + \frac{0.25}{3} \times l_0 \\ b_1 + b + 8 \times d_p \\ e / 2 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 25 + \frac{0.25}{3} \times 720 = 85 \\ 0 + 25 + 8 \times 18 = 169 \\ 600 / 2 = 300 \end{array} \right\} = 85 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da je neutralna linija u ploči, pa se presek dimenzioniše kao pravougaoni, širine $B = 85$ cm:

$$k = \frac{54}{\sqrt{\frac{216.5 \times 10^2}{85 \times 2.05}}} = 4.844 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1.095\% \ ; \ \bar{\mu} = 4.415\% \ ; \ s = 0.099$$

$$x = s \times h = 0.099 \times 54 = 5.3 \text{ cm} < d_p = 18 \text{ cm}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa sledi:

$$A_a = 4.415 \times \frac{85 \times 54}{100} \times \frac{2.05}{40} = 10.39 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **6 RØ16** (12.06 cm²)

2.3 KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

$$T_u = 1.6 \times 48.8 + 1.8 \times 23.5 = 120.3 \text{ kN}$$

$$z \approx 0.9 \times h = 0.9 \times 54 = 48.6 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{120.3}{25 \times 48.6} = 0.099 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Kako računski čvrstoća betona pri smicanju τ_r nije prekoračena, nisu potrebne računski potrebne uzengije niti dodatna podužna armatura.

usvojeno: **URØ8/30** (15)

3 PRORAČUN GREDE POS 3

Grede POS 3 su slobodno oslonjene, raspona 6.0 m, opterećene stalnim i povremenim opterećenjem sa ploče POS 1 i sopstvenom težinom.

Usvaja se da je poprečni presek greda isti kao za POS 2 ($b/d = 25/60$ cm).

3.1 ANALIZA OPTEREĆENJA I STATIČKI UTICAJI

$$\begin{aligned}
 \text{sopstvena težina POS 3} \quad b \times d \times \gamma_b &= 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 \text{ kN/m} \\
 \text{od ploče POS 1} \quad Q_{2G}/L_x &= 52.1 / 6.0 = 9.85 \text{ kN/m} \\
 \text{ukupno, stalno opterećenje} \quad g &= 13.60 \text{ kN/m} \\
 \text{povremeno opterećenje} \quad Q_{2P}/L_x = 39.4 / 6.0 = p &= 6.57 \text{ kN/m} \\
 M_g = 13.60 \times 6.0^2 / 8 = 61.2 \text{ kNm} &; \quad M_p = 6.57 \times 6.0^2 / 8 = 29.5 \text{ kNm} \\
 T_g = 13.60 \times 6.0 / 2 = 40.8 \text{ kN} &; \quad T_p = 6.57 \times 6.0 / 2 = 19.7 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3.2 DIMENZIONISANJE PREMA MOMENTIMA SAVIJANJA

$$M_u = 1.6 \times 61.2 + 1.8 \times 29.5 = 151.1 \text{ kNm}$$

$$\text{pretp. } a_1 = 6 \text{ cm} \Rightarrow h = 60 - 6 = 54 \text{ cm}$$

$$B = \min \left\{ \begin{array}{l} b_1 + b + \frac{0.25}{3} \times l_0 \\ b_1 + b + 8 \times d_p \\ e/2 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0 + 25 + \frac{0.25}{3} \times 600 = 75 \\ 0 + 25 + 8 \times 18 = 169 \\ 720/2 = 360 \end{array} \right\} = 75 \text{ cm}$$

Pretpostavlja se da je neutralna linija u ploči, pa se presek dimenzioniše kao pravougaoni, širine $B = 75$ cm:

$$k = \frac{54}{\sqrt{\frac{151.1 \times 10^2}{75 \times 2.05}}} = 5.447 \Rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 0.951\% ; \bar{\mu} = 3.476\% ; s = 0.087$$

$$x = s \times h = 0.087 \times 54 = 4.7 \text{ cm} < d_p = 18 \text{ cm}$$

Pretpostavka o položaju neutralne linije je dobra, pa sledi:

$$A_a = 3.476 \times \frac{75 \times 54}{100} \times \frac{2.05}{40} = 7.21 \text{ cm}^2$$

usvojeno: **4 RØ16** (8.04 cm²)

3.3 KONTROLA GLAVNIH NAPONA ZATEZANJA

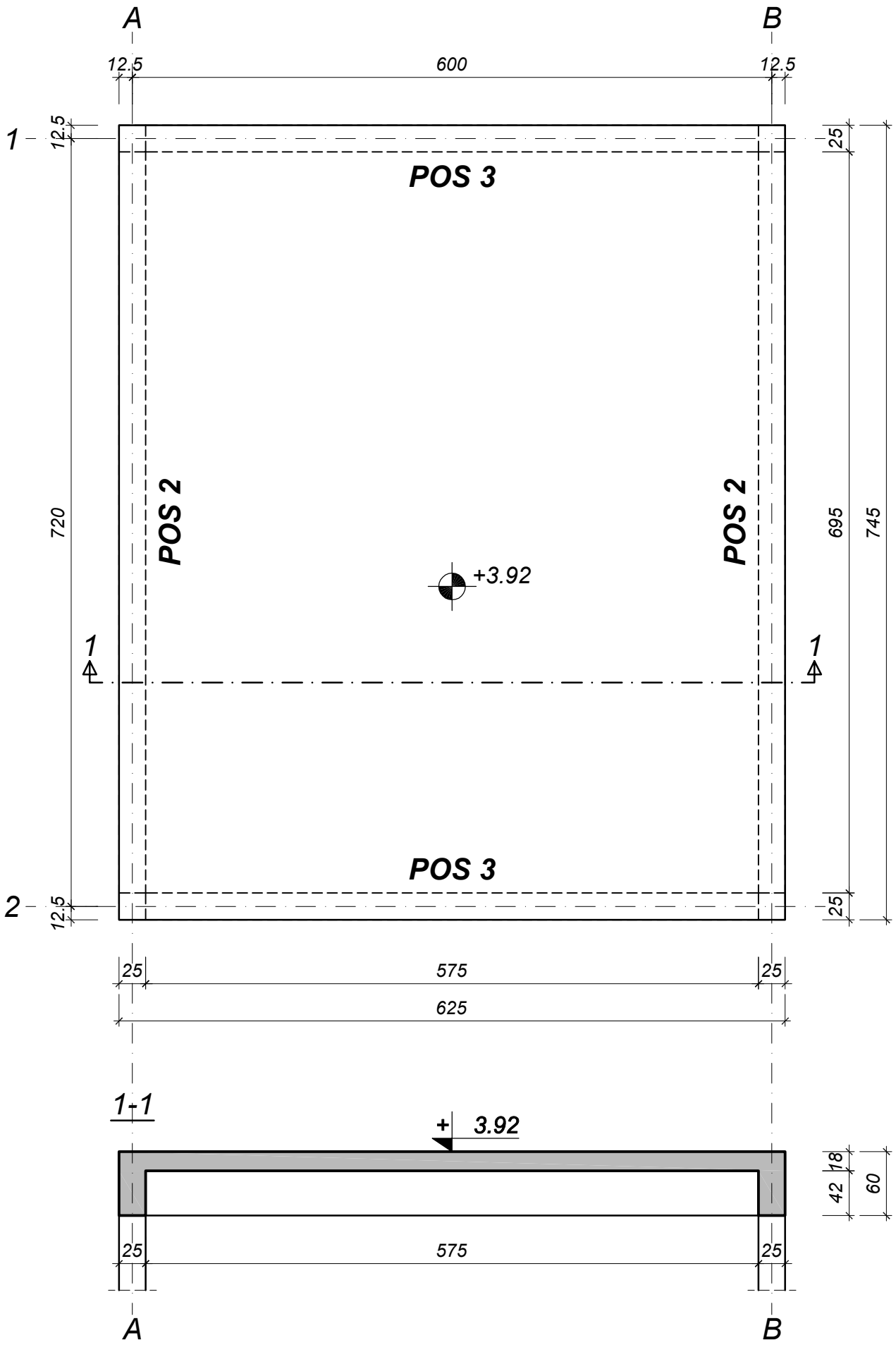
$$T_u = 1.6 \times 40.8 + 1.8 \times 19.7 = 100.7 \text{ kN}$$

$$z \approx 0.9 \times h = 0.9 \times 54 = 48.6 \text{ cm}$$

$$\tau_n = \frac{100.7}{25 \times 48.6} = 0.083 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < \tau_r = 0.11 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

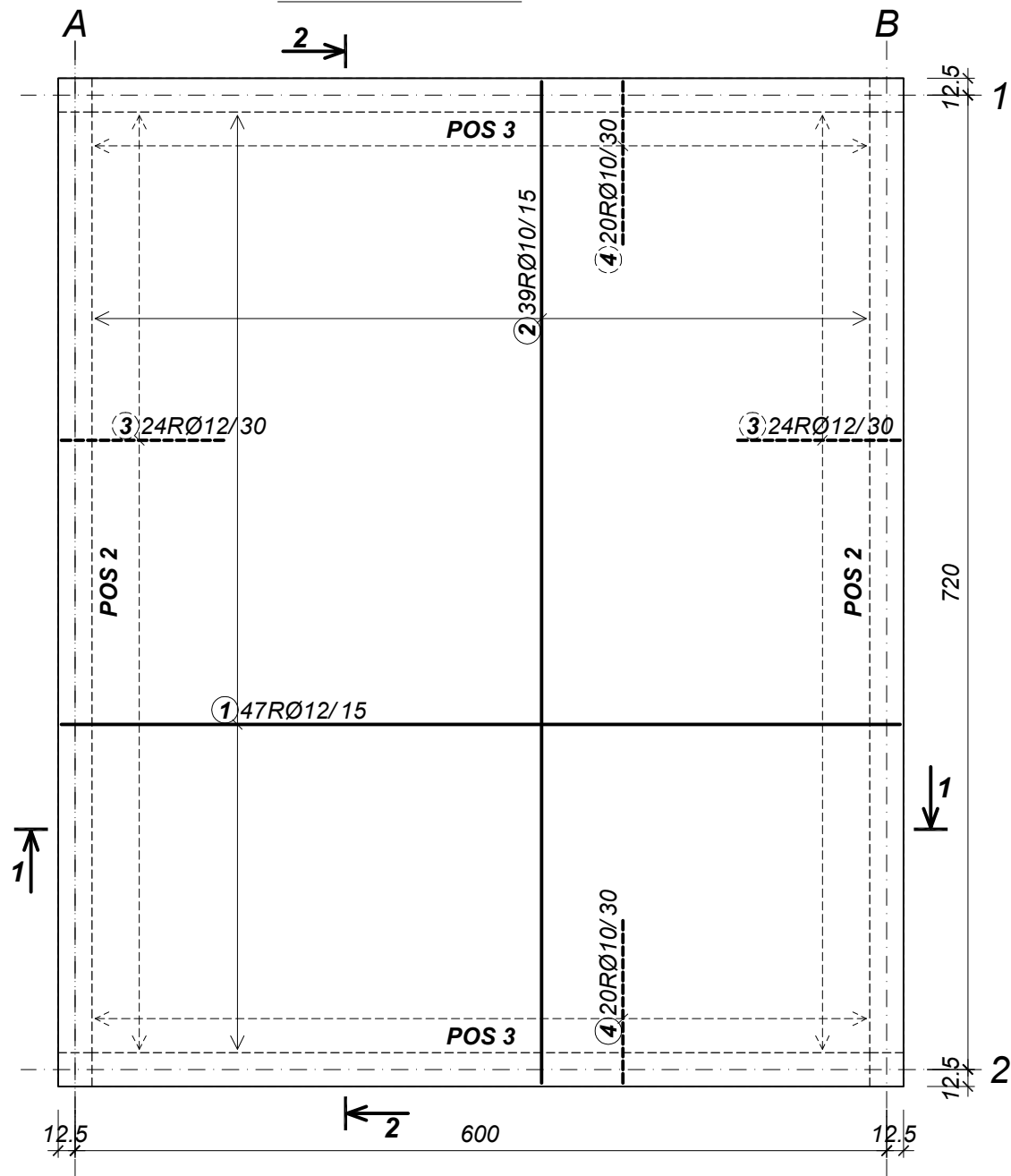
Kako računski čvrstoća betona pri smicanju τ_r nije prekoračena, nisu potrebne računski potrebne uzengije niti dodatna podužna armatura.

usvojeno: **URØ8/30** (15)

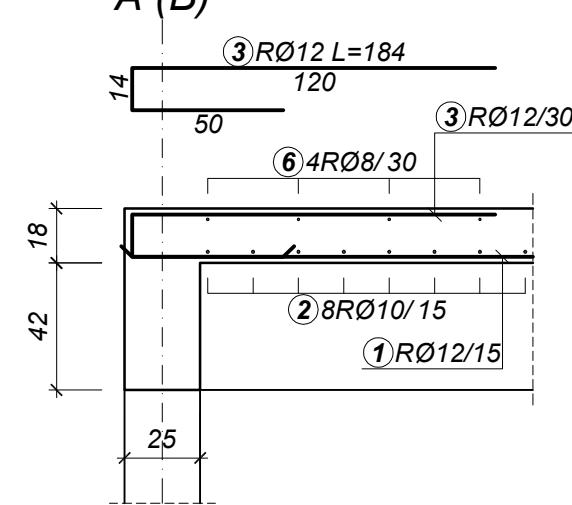


PLAN OPLATE POS 1
 MB 30 R 1:50
 Primer P9 - List br. 1

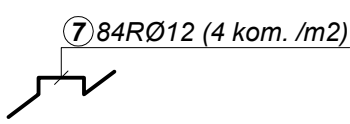
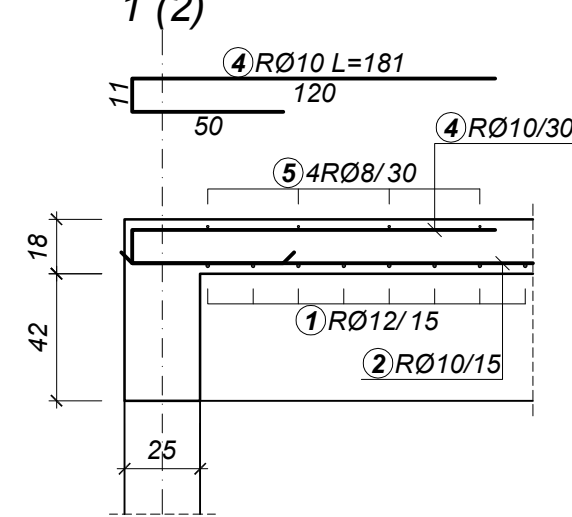
DONJA ZONA



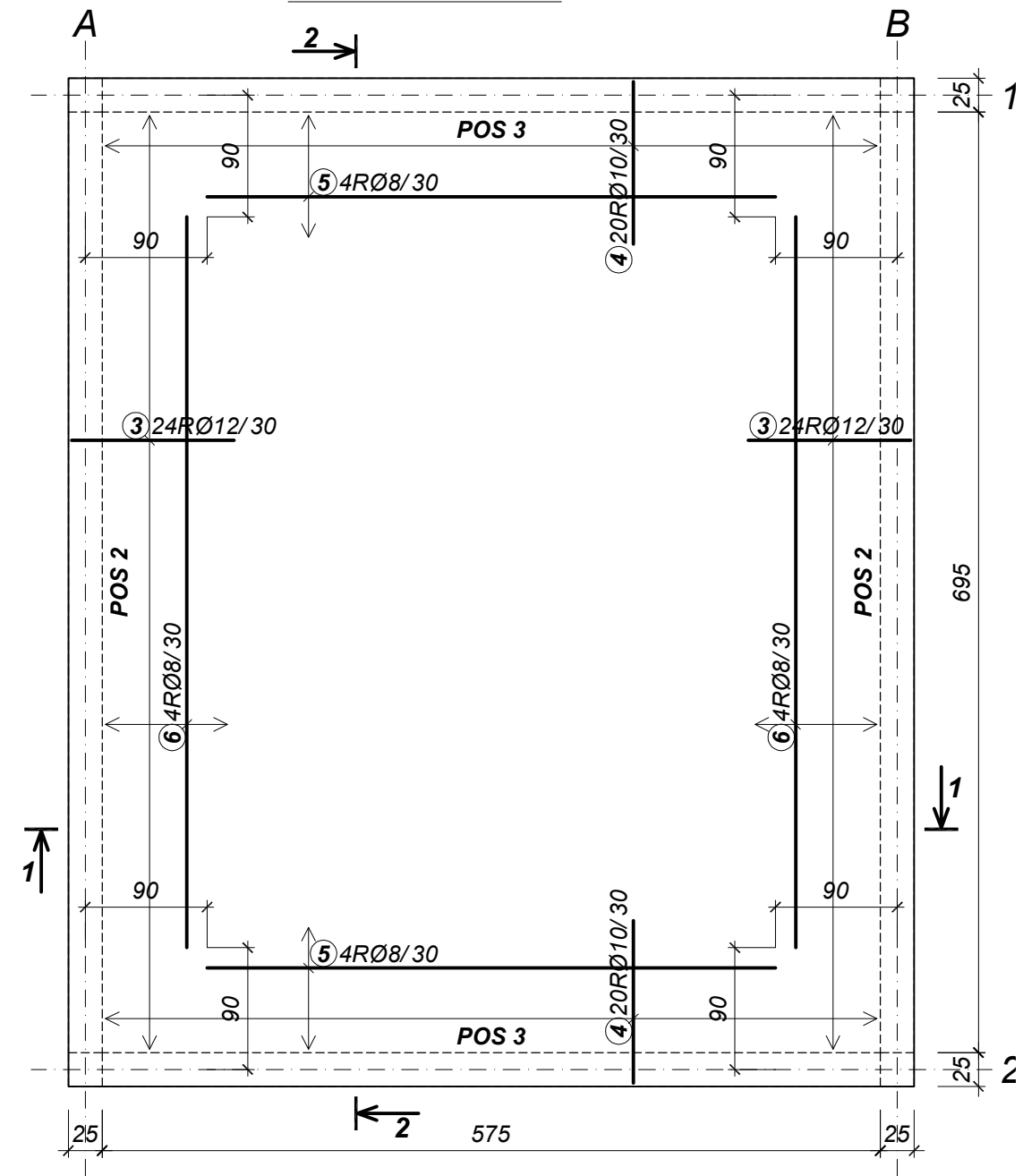
1-1



2-2



GORNJA ZONA



Šipke - specifikacija

| ozn. | oblik i mere [cm] | Č | Ø | lg [cm] | n [kom] | lgn [m] |
|-----------------------------|-------------------|-----|----|---------|---------|---------|
| POS 1 - varijanta 1 (1 kom) | | | | | | |
| 1 | 620 | RA2 | 12 | 620 | 47 | 291.40 |
| 2 | 740 | RA2 | 10 | 740 | 39 | 288.60 |
| 3 | 120 | RA2 | 12 | 184 | 48 | 88.32 |
| 4 | 120 | RA2 | 10 | 181 | 40 | 72.40 |
| 5 | 420 | RA2 | 8 | 420 | 8 | 33.60 |
| 6 | 540 | RA2 | 8 | 540 | 8 | 43.20 |

Šipke - specifikacija

| ozn. | oblik i mere [cm] | Č | Ø | lg [cm] | n [kom] | lgn [m] |
|------------------------|-------------------|--------------------------|-------------|---------|---------|---------|
| 7 | 30 | RA2 | 12 | 102 | 84 | 85.68 |
| Šipke - rekapitulacija | | | | | | |
| Ø [mm] | lgn [m] | Jedinična težina [kg/m'] | Težina [kg] | | | |
| RA2 | | | | | | |
| 8 | 76.80 | 0.405 | 31.10 | | | |
| 10 | 361.00 | 0.633 | 228.51 | | | |
| 12 | 465.40 | 0.911 | 423.98 | | | |
| Ukupno | | | 683.60 | | | |

KOLIČINA BETONA: $V_b = 8.38 \text{ m}^3$
 KOLIČINA ARMATURE: $\frac{683.60}{8.38} = 81.6 \text{ kg/m}^3$

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

ODSEK ZA KONSTRUKCIJE KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE

PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1

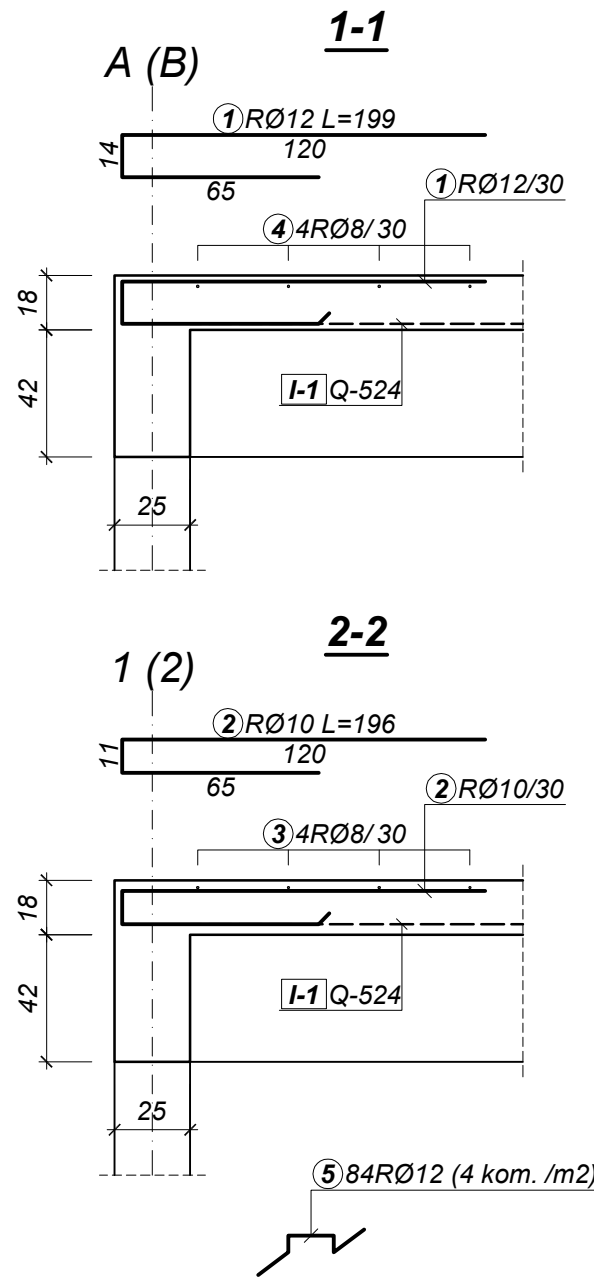
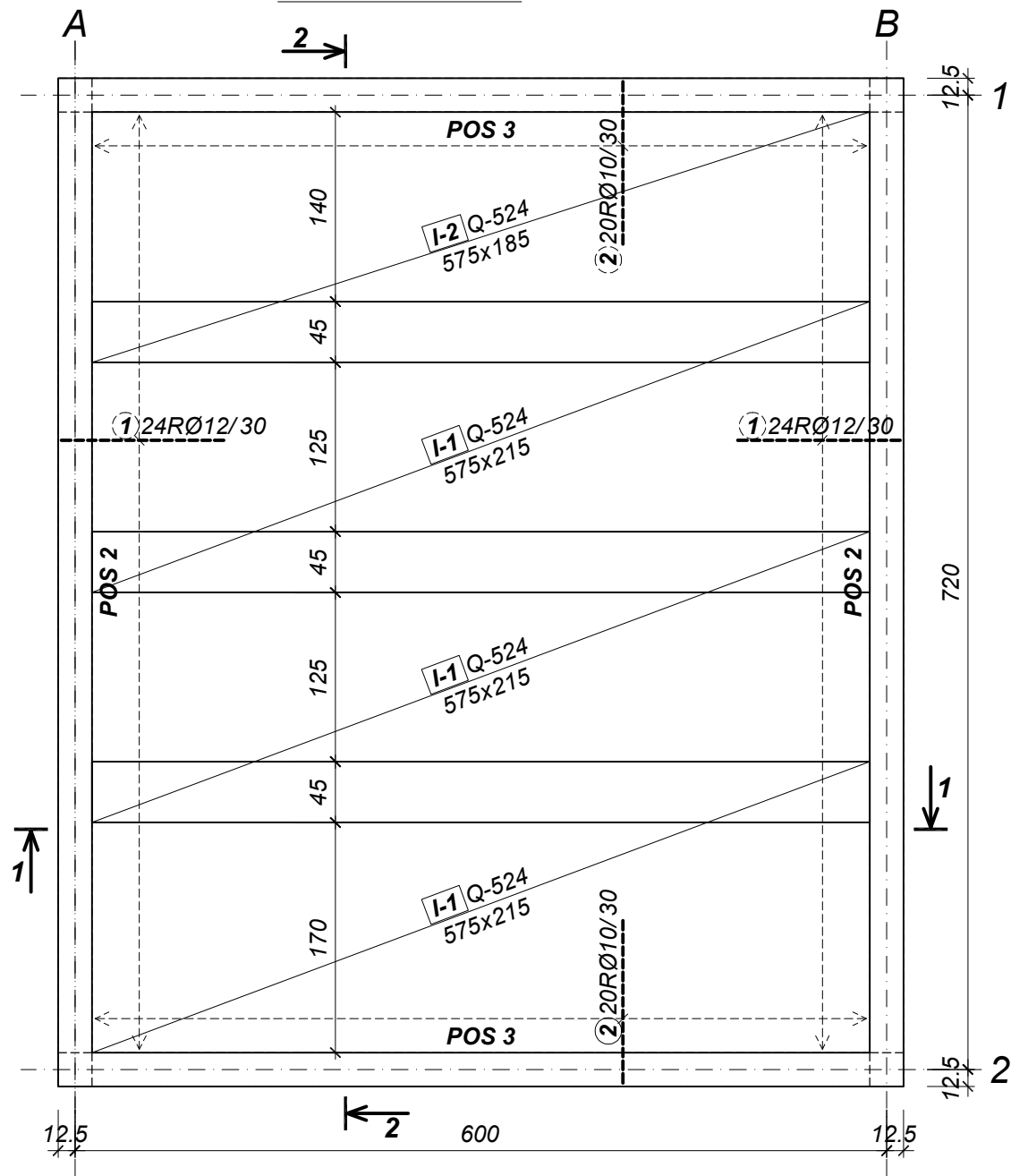
PRIMER P9 - List br.2

PREDMETNI NASTAVNIK: **DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ** ASISTENT: **M. STOJANOVIĆ** KANDIDAT:

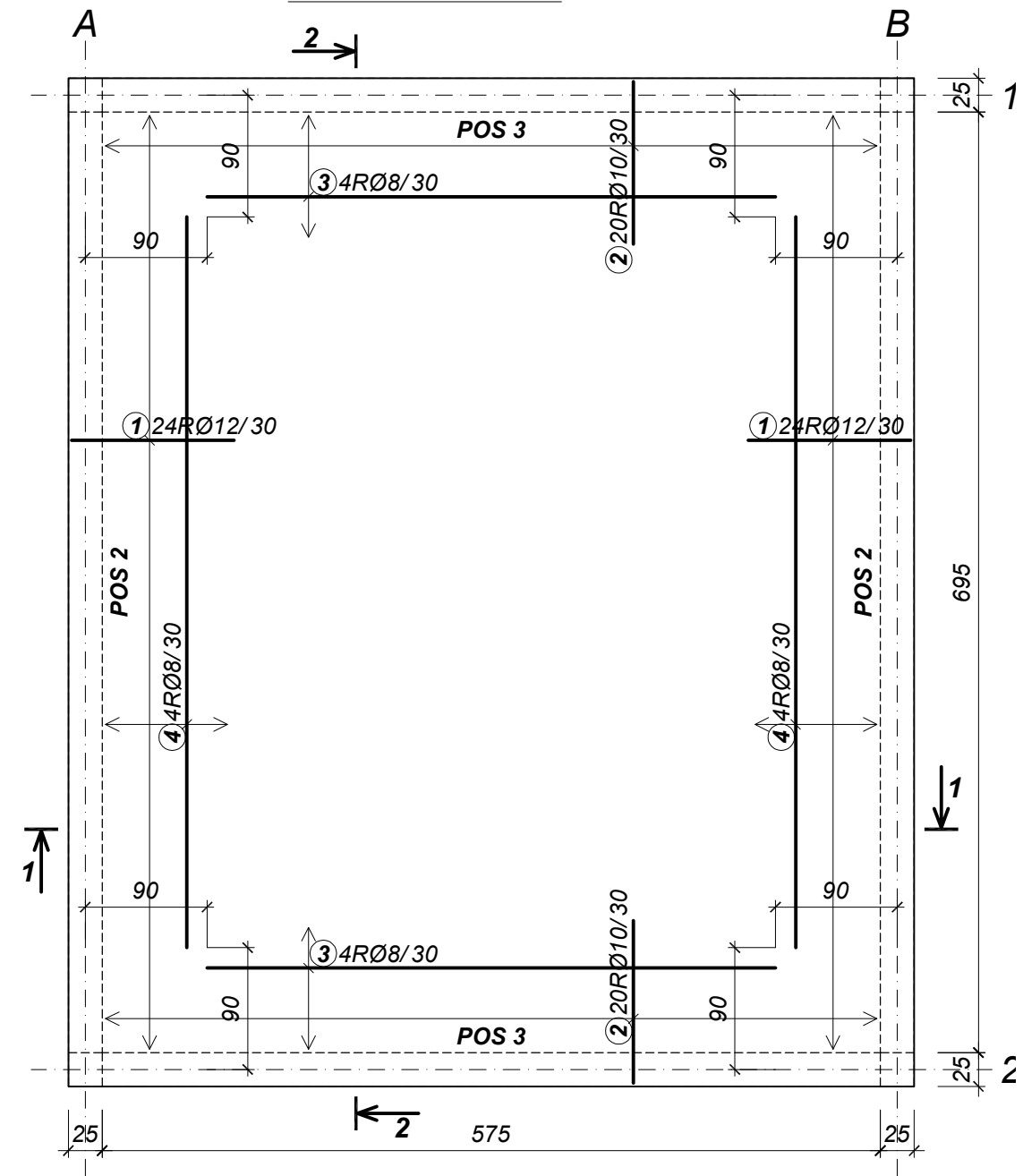
PLAN ARMATURE POS 1 (varijanta 1)

| | | | | |
|---|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------|
| KVALITET MATERIJALA MB 30 RA 400/500 | RAZMERA CRTEŽA R 1:50 (25) | FORMAT CRTEŽA 420x297 | ŠKOLSKA 2015/2016. 28.03.2016. | OVERA: |
|---|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------|

DONJA ZONA

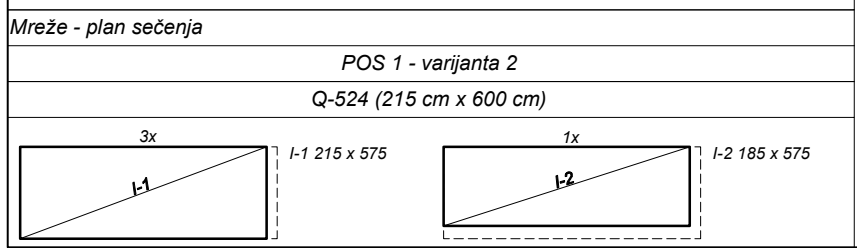


GORNJA ZONA



| Mreže - specifikacija | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------|--------|---|----------------------------------|--------------------|
| Pozicija | Oznaka mreže | B [cm] | L [cm] | n | Jed. težina [kg/m ²] | Ukupna težina [kg] |
| POS 1 - varijanta 2 (1 kom) | | | | | | |
| I-1 | Q-524 | 215 | 575 | 3 | 8.502 | 315.32 |
| I-2 | Q-524 | 185 | 575 | 1 | 8.502 | 90.44 |
| Ukupno | | | | | | 405.76 |

| Mreže - rekapitulacija | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|---|----------------------------------|--------------------|--------|
| Oznaka mreže | B [cm] | L [cm] | n | Jed. težina [kg/m ²] | Ukupna težina [kg] | |
| Q-524 | 215 | 600 | 4 | 8.502 | 438.70 | |
| Ukupno | | | | | | 438.70 |



| Šipke - specifikacija | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-----|----|---------|---------|---------------------|--|
| ozn. | oblik i mere [cm] | č | Ø | lg [cm] | n [kom] | lg _n [m] | |
| POS 1 - varijanta 2 (1 kom) | | | | | | | |
| 1 | | RA2 | 12 | 199 | 48 | 95.52 | |
| 2 | | RA2 | 10 | 196 | 40 | 78.40 | |
| 3 | | RA2 | 8 | 420 | 8 | 33.60 | |
| 4 | | RA2 | 8 | 540 | 8 | 43.20 | |
| 5 | | RA2 | 12 | 102 | 84 | 85.68 | |

| Šipke - rekapitulacija | | | |
|------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------|
| Ø [mm] | lg _n [m] | Jed. tež. [kg/m ³] | Težina [kg] |
| RA2 | | | |
| 8 | 76.80 | 0.405 | 31.10 |
| 10 | 361.00 | 0.633 | 49.63 |
| 12 | 465.40 | 0.911 | 165.07 |
| Ukupno | | | 245.80 |

KOLIČINA BETONA: $V_b = 8.38 \text{ m}^3$

KOLIČINA ARMATURE: $\frac{651.56}{8.38} = 77.8 \text{ kg/m}^3$

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

ODSEK ZA KONSTRUKCIJE KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE

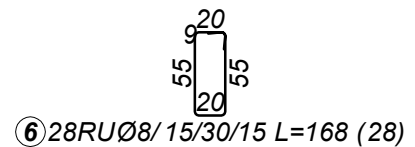
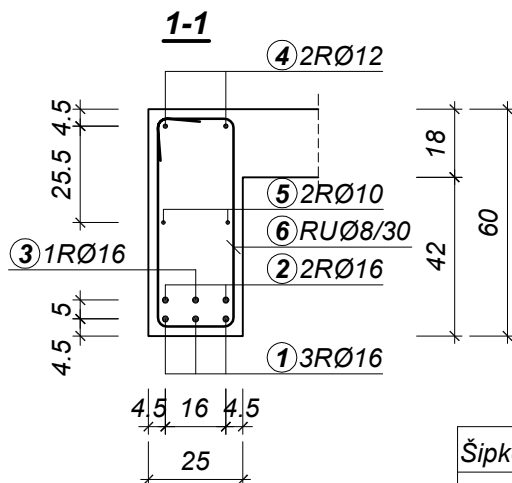
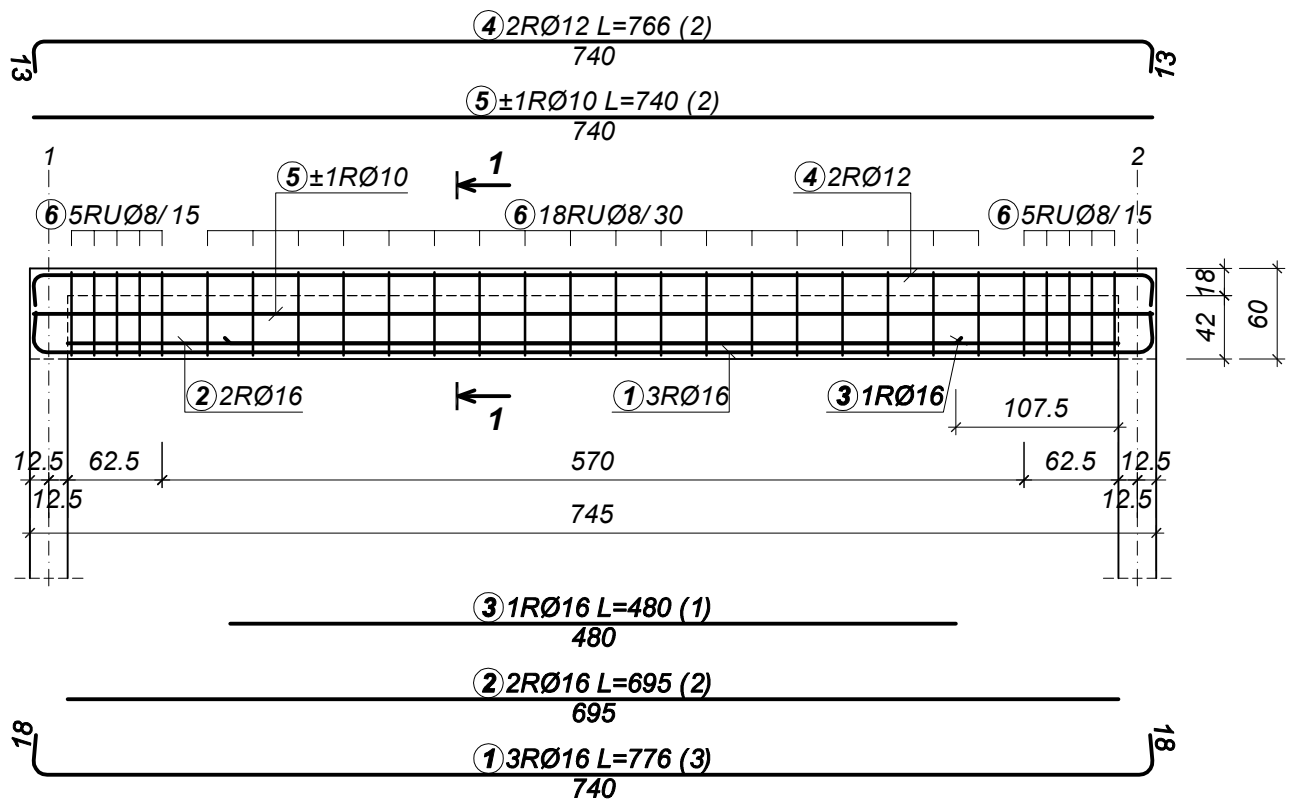
PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1

PRIMER P9 - List br.3

PREDMETNI NASTAVNIK: **DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ** ASISTENT: **M. STOJANOVIĆ** KANDIDAT:

PLAN ARMATURE POS 1 (varijanta 2)

| | | | | |
|---------------------|----------------|---------------|--------------------|--------|
| KVALITET MATERIJALA | RAZMERA CRTEŽA | FORMAT CRTEŽA | ŠKOLSKA 2015/2016. | OVERA: |
| MB 30 RA 400/500 | R 1:50 (25) | 420x297 | 29.03.2016. | |



KOLIČINA BETONA: $V_b = 1.12 \text{ m}^3$

KOLIČINA ARMATURE: $\frac{110.43}{1.12} = 98.6 \text{ kg/m}^3$

| Šipke - rekapitulacija | | | |
|------------------------|---------|---------------------------------------|-------------|
| Ø [mm] | lgn [m] | Jedinična težina [kg/m ³] | Težina [kg] |
| RA2 | | | |
| 8 | 47.04 | 0.405 | 19.05 |
| 10 | 14.80 | 0.633 | 9.37 |
| 12 | 15.32 | 0.911 | 13.96 |
| 16 | 41.98 | 1.621 | 68.05 |
| Ukupno | | | 110.43 |

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

ODSEK ZA KONSTRUKCIJE

KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE

PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE
BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1

PRIMER P9 - LIST br. 4

PREDMETNI NASTAVNIK:

ASISTENT:

KANDIDAT:

DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ

M. STOJANOVIĆ

PLAN ARMATURE POS 2

KVALITET MATERIJALA

RAZMERA CRTEŽA

FORMAT CRTEŽA

ŠKOLSKA 2015/2016.

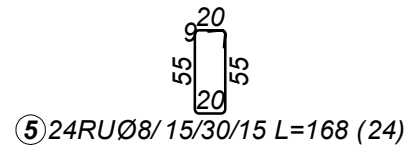
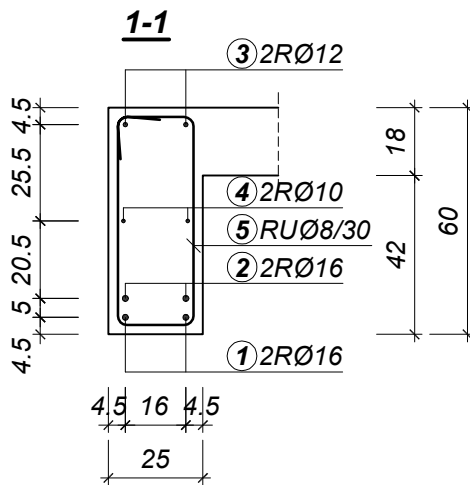
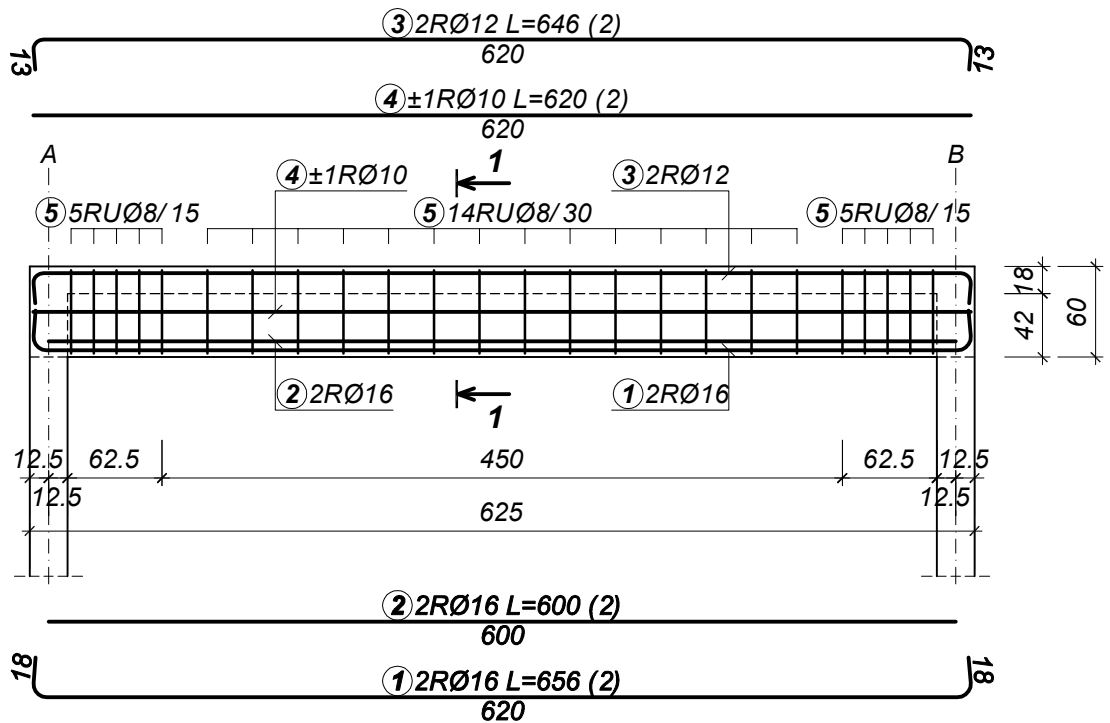
OVERA:

MB 30 RA 400/500

R 1:50/20

297×210

29.03.2016.



KOLIČINA BETONA: $V_b = 0.94 \text{ m}^3$

KOLIČINA ARMATURE: $\frac{76.67}{0.94} = 81.8 \text{ kg/m}^3$

| Šipke - rekapitulacija | | | |
|------------------------|---------|---------------------------------------|-------------|
| Ø [mm] | lgn [m] | Jedinična težina [kg/m ³] | Težina [kg] |
| RA2 | | | |
| 8 | 40.32 | 0.405 | 16.33 |
| 10 | 12.40 | 0.633 | 7.85 |
| 12 | 12.92 | 0.911 | 11.77 |
| 16 | 25.12 | 1.621 | 40.72 |
| Ukupno | | | 76.67 |

GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

ODSEK ZA KONSTRUKCIJE

KATEDRE ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE

PROJEKTOVANJE I GRAĐENJE
BETONSKIH KONSTRUKCIJA 1

PRIMER P9 - LIST br. 5

PREDMETNI NASTAVNIK:

ASISTENT:

KANDIDAT:

DOC.DR B. MILOSAVLJEVIĆ

M. STOJANOVIĆ

PLAN ARMATURE POS 3

KVALITET MATERIJALA

RAZMERA CRTEŽA

FORMAT CRTEŽA

ŠKOLSKA 2015/2016.

OVERA:

MB 30 RA 400/500

R 1:50/20

297×210

29.03.2016.