

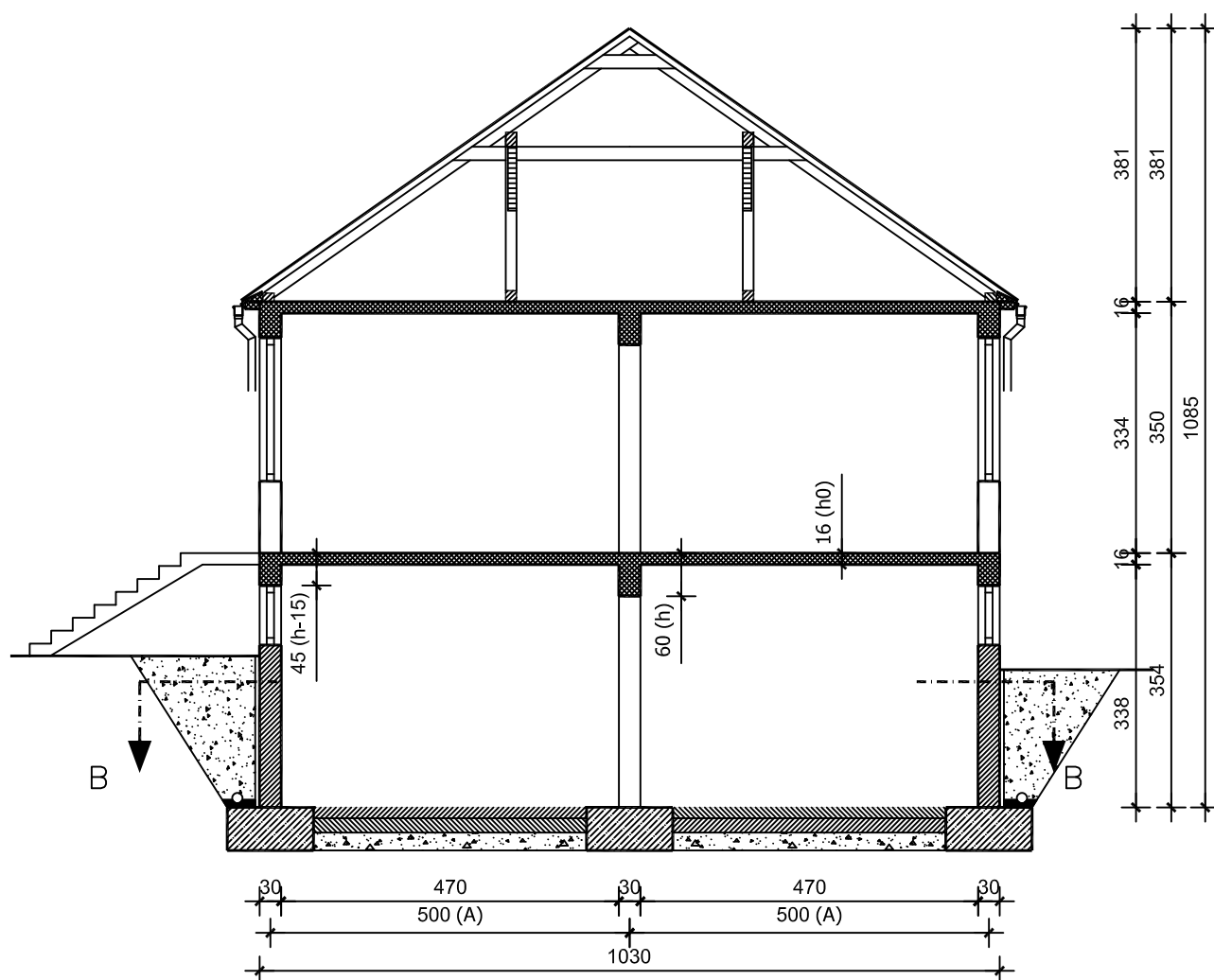
BETONSKE KONSTRUKCIJE

Program

Zagreb, 2022.

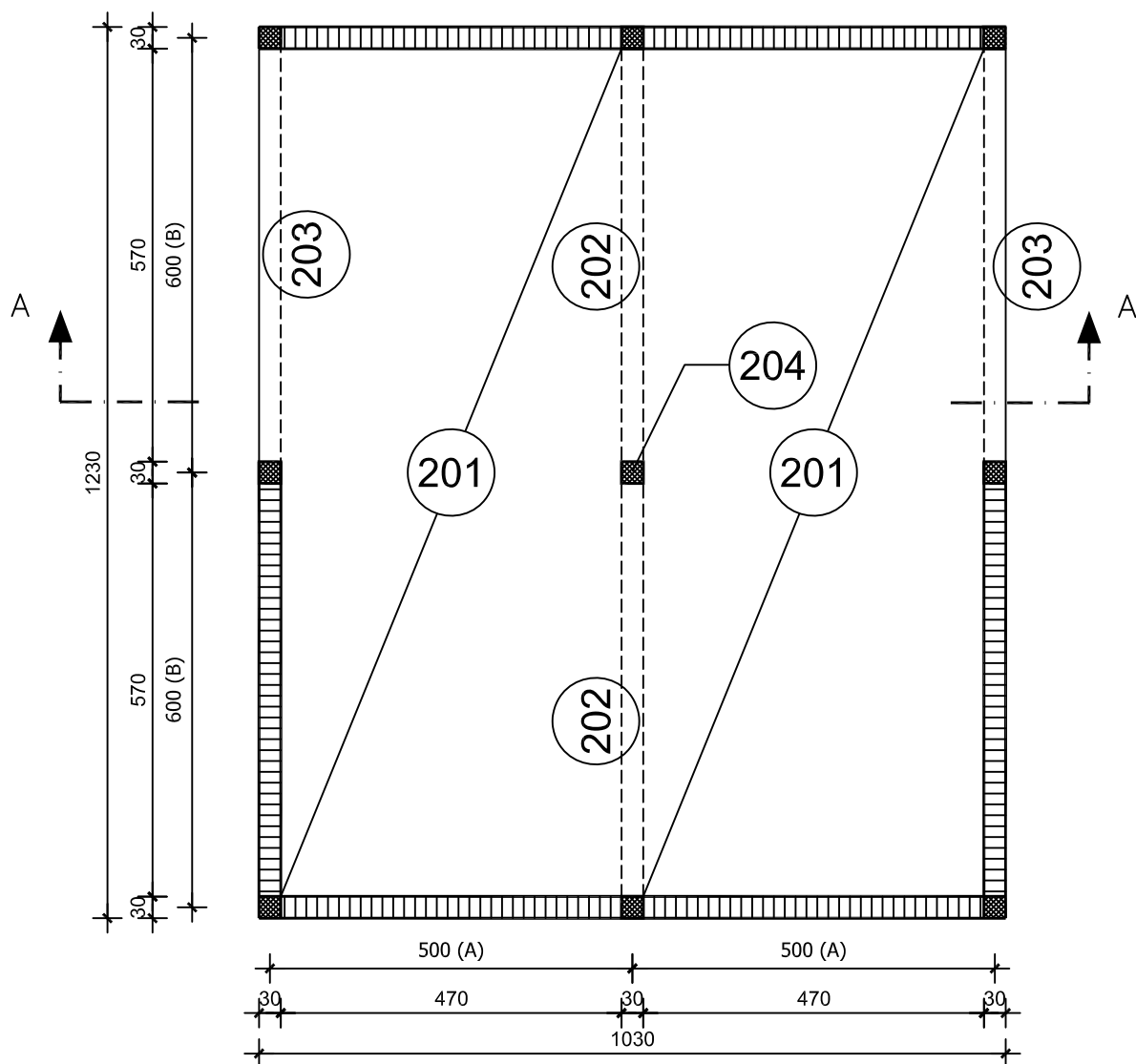
Ime i prezime

PRESJEK A-A MJ. 1:100



BETONSKE KONSTRUKCIJE			
Sadržaj:	PORESJEK A-A		
Mjerilo:	1:100	Datum:	01.01.2017.
Izradio:	IME I PREZIME		

TLOCRT PODRUMA
PLAN POZICIJA PLOČE IZNAD PODRUMA
MJ. 1:100



BETONSKE KONSTRUKCIJE			
Sadržaj:	PLOČA PRIZEMLJA PLAN POZICIJA		
Mjerilo:	1:100	Datum:	01.01.2017.
Izradio:	IME I PREZIME		

SADRŽAJ

1.	Tehnički opis	2
2.	Proračun ploče POZ 201-201	3
2.1.	Analiza opterećenja ploče POZ 201-201	3
2.2.	Statički proračun ploče POZ 201-201	4
2.3.	Dimenzioniranje ploče	6
2.3.1	Proračun uzdužne armature u polju POZ 201:	7
2.3.2	Proračun uzdužne armature na ležaju POZ 201-201:	8
2.4.	Plan armature ploče POZ 201-201:	9
3.	Proračun grede POZ 202-202	10
3.1.	Analiza opterećenja grede POZ 202-202	10
3.2.	Statički proračun grede POZ 202-202	11
3.3.	Dimenzioniranje grede	13
3.3.1	Proračun uzdužne armature u polju POZ 202:	14
3.3.2	Proračun uzdužne armature na ležaju POZ 202-202:	15
3.3.3	Proračun poprečne armature POZ 202-202	16
4.	Proračun grede POZ 203	24
4.1.	Analiza opterećenja grede POZ 203	24
4.2.	Statički proračun grede POZ 203	25
4.3.	Dimenzioniranje grede	26
4.3.1	Proračun uzdužne armature u polju POZ 203:	26
4.3.2	Proračun poprečne armature POZ 203	27

1. Tehnički opis

Napravljen je statički proračun i dimenzioniranje zgrade pravokutnih tlocrtnih dimenzija 10.3x12.3 m. Zgrada je namijenjena za stambene i uredske prostorije. Po visini građevina se sastoji od 2 etaže (podrum, i prizemlje) i neprohodnog potkrovlja. Razmaci etaža iznose 3.5m. Ukupna površina svake etaže iznosi bruto $A=126.7 \text{ m}^2$.

Krovna konstrukcija se sastoji od drvenog krovišta (stolica). Pokrov je utoreni crijep.

Vanjski zidovi podruma su AB debljine $h=30 \text{ cm}$.

Strop iznad podruma i prizemlja su pune armiranobetonske ploče nosive u jednom smjeru oslonjene na zidove i grede, debljine $h=16 \text{ cm}$.

Statički proračun i dimenzioniranje elemenata sklopa proveden je za djelovanja sljedećih opterećenja:

- vlastita težina g_1
- dodatno stalno opterećenje g_2
- uporabno opterećenje q
- snijeg
- potres

Svi elementi dimenzionirani su prema propisima HRN EN 1992.

Odabran je razred betona svih armiranobetonskih elemenata (ploče, grede, stupovi, zidovi i temelji) C25/30, armatura je B500B.

U Zagrebu, 01.01.2022.

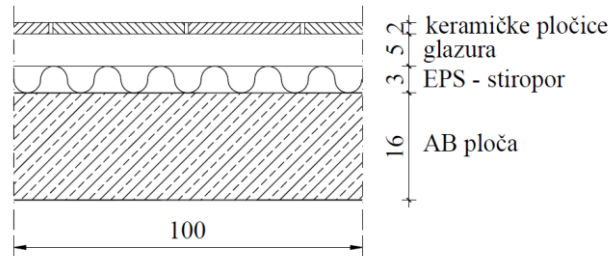
Ime i prezime

(potpis)

2. Proračun ploče POZ 201-201

2.1. Analiza opterećenja ploče POZ 201-201

Poprečni presjek:



Vlastita težina AB ploče: g_1

- strop $h=16.0$ cm 25.0 4.00 kN/m²

Dodatno stalno: g_2

- pregradni zidovi 1.00 kN/m²
- keramičke pločice $h=2.0$ cm 24.0 0.48 kN/m²
- cementna glazura $h=5.0$ cm 24.0 1.20 kN/m²
- pvc folija $h=1.0$ cm
- ekspandirani polistiren EPS $h=3.0$ cm
- Ukupno $g_2=$ 2.68 kN/m²

Ukupno stalno opterećenje $g=g_1+g_2=4.00+2.68=6.68$ kN/m²

$g=6.68$ kN/m²

Uporabno opterećenje: **$q = 3.0$ kN/m²**

Računsko opterećenje:

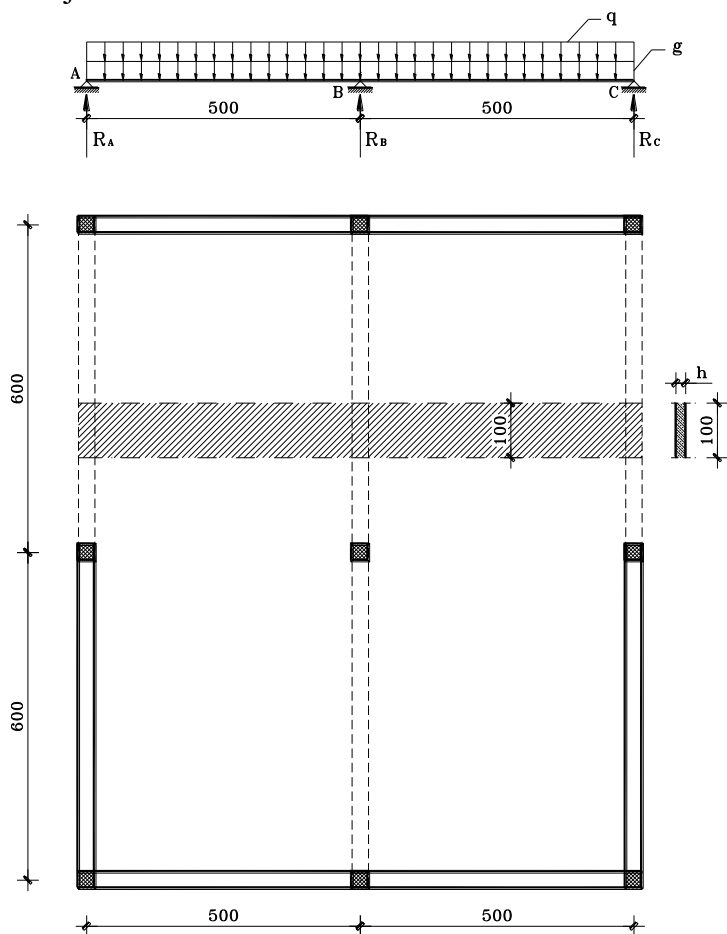
$$q_{Ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35 \cdot 6.68 + 1.5 \cdot 3.0 = 13.52 \text{ kN/m}^2$$

Gradiva:

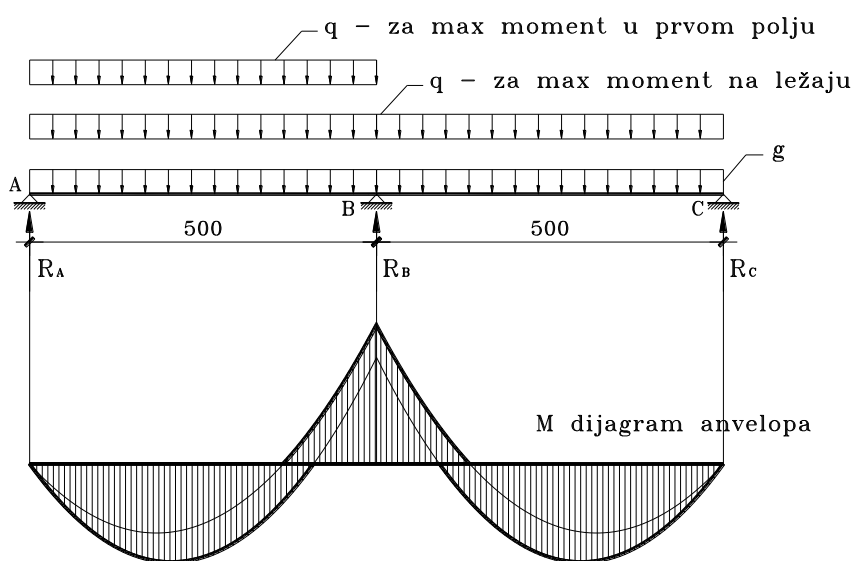
Beton: C25/30
 Armatura: B 500 B

2.2. Statički proračun ploče POZ 201-201

Ploču nosivu u jednom smjeru računamo kao traku širine 1m.

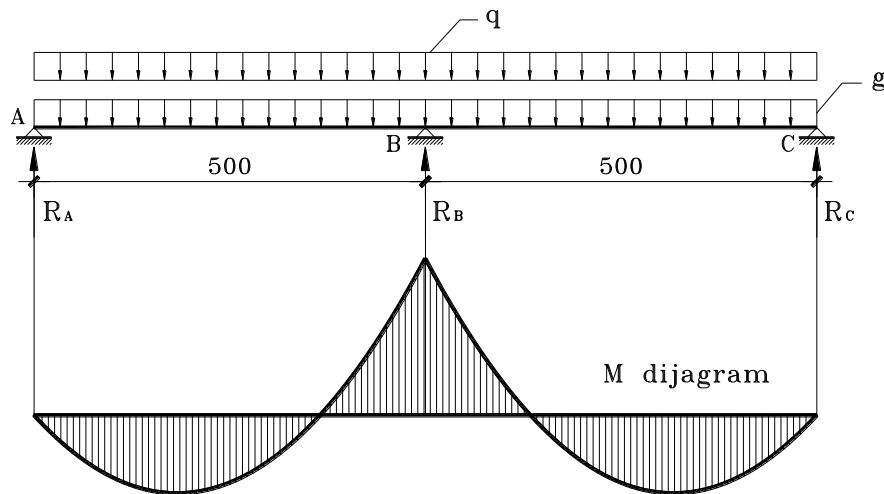


Uporabno opterećenje se postavlja u različite položaje kako bi odredili anvelope dijagrama unutarnjih i vanjskih sila.



Maksimalni moment na ležaju POZ 201-201

Statička shema:



$$M_G^{201-201} = -0.125 \cdot g \cdot L^2 = -0.125 \cdot 6.68 \cdot 5.0^2 = -20.88 \text{ kNm / m'}$$

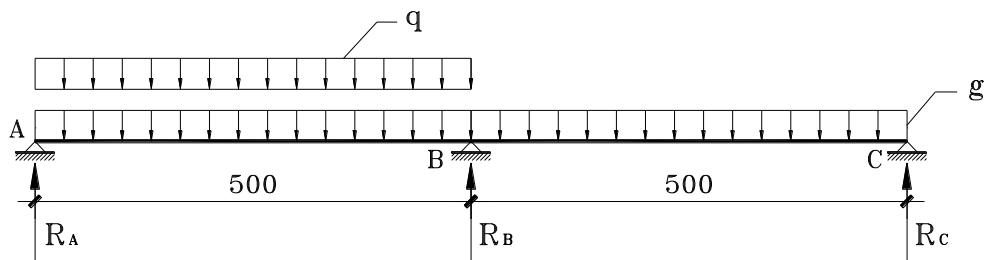
$$M_Q^{201-201} = -0.125 \cdot q \cdot L^2 = -0.125 \cdot 3.0 \cdot 5.0^2 = -9.38 \text{ kNm / m'}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed}^{201-201} = 1.35 \cdot M_G^{201-201} + 1.5 \cdot M_Q^{201-201} = 1.35 \cdot (-20.88) + 1.5 \cdot (-9.38) = -42.26 \text{ kNm / m'}$$

Maksimalni moment savijanja u polju POZ 201

Statička shema:



$$M_G^{201} = 0.07 \cdot g \cdot L^2 = 0.07 \cdot 6.68 \cdot 5.0^2 = 11.69 \text{ kNm / m'}$$

$$M_Q^{201} = 0.096 \cdot q \cdot L^2 = 0.096 \cdot 3.0 \cdot 5.0^2 = 7.20 \text{ kNm / m'}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed}^{201} = 1.35 \cdot M_G^{201} + 1.5 \cdot M_Q^{201} = 1.35 \cdot 11.69 + 1.5 \cdot 7.20 = 26.58 \text{ kNm / m'}$$

Poprečne sile i reakcije:

Ležaj A reakcija je jednaka poprečnoj sili

$$R_G^A = V_G = 0.375 \cdot g \cdot L = 0.375 \cdot 6.68 \cdot 5.0 = 12.53 \text{ kN / m'}$$

$$R_Q^A = V_Q = 0.438 \cdot q \cdot L = 0.438 \cdot 3.0 \cdot 5.0 = 6.57 \text{ kN / m'}$$

$$R_{Ed}^A = V_{Ed} = 1.35 \cdot V_G + 1.5 \cdot V_Q = 1.35 \cdot 12.53 + 1.5 \cdot 6.57 = 26.77 \text{ kN / m'}$$

Ležaj B reakcije

$$R_G^B = 1.25 \cdot g \cdot L = 1.25 \cdot 6.68 \cdot 5.0 = 41.75 \text{ kN / m'}$$

$$R_Q^B = 1.25 \cdot q \cdot L = 1.25 \cdot 3.0 \cdot 5.0 = 18.75 \text{ kN/m'}$$

$$R_{Ed}^B = 1.35 \cdot R_G^B + 1.5 \cdot R_Q^B = 1.35 \cdot 41.75 + 1.5 \cdot 18.75 = 84.49 \text{ kN/m'}$$

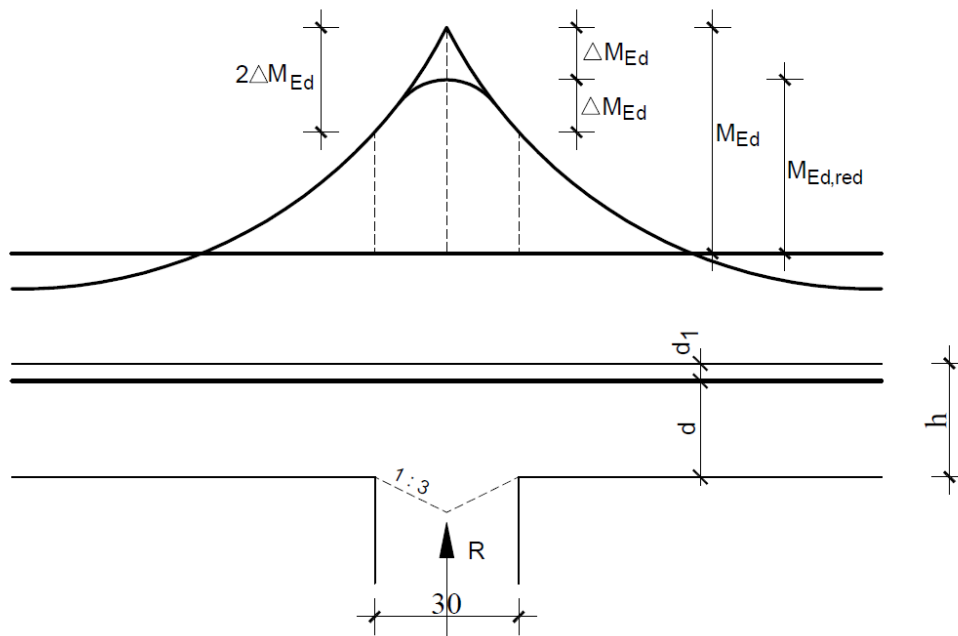
Ležaj B poprečne sile

$$V_G = 0.625 \cdot g \cdot L = 0.625 \cdot 6.68 \cdot 5.0 = 20.88 \text{ kN/m'}$$

$$V_Q = 0.625 \cdot q \cdot L = 0.625 \cdot 3.0 \cdot 5.0 = 9.38 \text{ kN/m'}$$

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot V_G + 1.5 \cdot V_Q = 1.35 \cdot 20.88 + 1.5 \cdot 9.38 = 42.26 \text{ kN/m'}$$

Smanjenje momenata na ležaju 201-201:



$$M_{Ed,red} = M_{Ed} - \Delta M_{Ed}$$

$$\Delta M_{Ed}^{201-201} = \frac{R_{Ed} \cdot b_{sup}}{8} = \frac{84.49 \cdot 0.3}{8} = 3.17 \text{ kNm/m'}$$

$$M_{Ed,red}^{201-201} = M_{Ed}^{201-201} - \Delta M_{Ed}^{201-201} = -(42.26 - 3.17) = -39.09 \text{ kNm/m'}$$

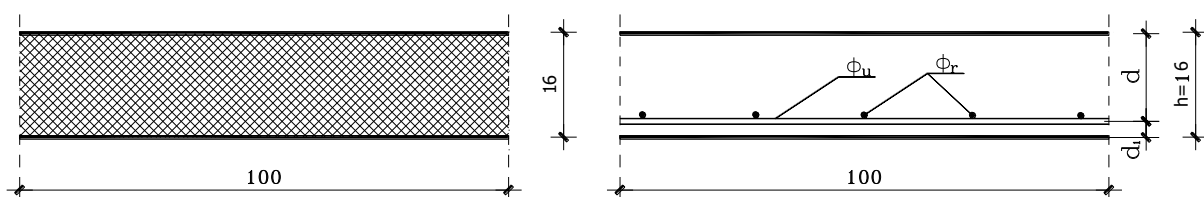
2.3. Dimenzioniranje ploče

Materijali:

Beton: C25/30

Čelik: B500B

Poprečni presjek:



Visina presjeka: $h=16$ cm

Zaštitni sloj betona: $c=2.0$ cm

Udaljenost do težišta armature:

$$d_1=c+\phi_1/2=2.0+1.0/2=2.5 \text{ cm}$$

Statička visina presjeka:

$$d=h-d_1=16-2.5=13.5 \text{ cm}$$

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

f_{cd} - računski čvrstoća betona

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1.0 \cdot \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ N/mm}^2 \quad \text{-za C25/30}$$

$$f_{cd} = 1.667 \text{ kN/cm}^2$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}}$$

f_{yd} - računski granica popuštanja čelika

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2 = 43.478 \text{ kN/cm}^2 \quad \text{-za B500B}$$

Minimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.0013 \cdot b \cdot d = 0.0013 \cdot 100 \cdot 13.5 = 1.78 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b \cdot d = 0.26 \frac{2.6}{500} 100 \cdot 13.5 = 0.00135 \cdot 100 \cdot 13.5 = 1.83 \text{ cm}^2/\text{m}' \quad \text{- mjerodavno}$$

Maksimalna armatura:

$$A_{s,max} = 0.040 \cdot A_c = 0.040 \cdot 100 \cdot 16 = 64.0 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s,max} = 0.022 \cdot A_c = 0.022 \cdot 100 \cdot 16 = 35.2 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s,max} = \omega_{lim} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d = 0.365 \cdot \frac{16.67}{434.78} \cdot 100 \cdot 13.5 = 0.014 \cdot 100 \cdot 13.5 = 18.89 \text{ cm}^2/\text{m}' \quad \text{-mjerodavno}$$

2.3.1 Proračun uzdužne armature u polju POZ 201:

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed}=26.58 \text{ kNm/m}'$$

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{26.58 \cdot 10^2}{100 \cdot 13.5^2 \cdot 1.667} = 0.087 < \mu_{lim} = 0.296$$

Iz tablica uzeti isti ili prvi veći! Za $\mu_{Ed}=0.089$ očitano:

$$\zeta = 0.951 (\text{zeta}) \quad \varepsilon_{s1} = 20.0 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.123 (\text{ksi}) \quad \varepsilon_{c2} = -2.8 \text{ ‰}$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{26.58 \cdot 10^2}{0.951 \cdot 13.5 \cdot 43.478} = 4.76 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

Glavna armatura polje 201

ODABRANO: $\phi 8/10.0 \text{ cm}$ ($A_{s1,prov}=5.03 \text{ cm}^2$) $\geq A_{s1}=4.76 \text{ cm}^2/\text{m}'$

Razdjelna armatura:

$$A_{s,raz}=0.2 \cdot A_s=0.2 \cdot 5.03=1.01 \text{ cm}^2$$

Razdjelna armatura polje 201

ODABRANO: $\phi 6/20 \text{ cm}$ (1.41 cm^2)

2.3.2 Proračun uzdužne armature na ležaju POZ 201-201:

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed,red}=39.09 \text{ kNm/m}'$$

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{39.09 \cdot 10^2}{100 \cdot 13.5^2 \cdot 1.667} = 0.129 < \mu_{lim} = 0.296$$

Iz tablica uzeti isti ili prvi veći! Za $\mu_{Ed}=0.131$ očitano:

$$\zeta = 0.927 (\text{zeta}) \quad \varepsilon_{s1} = 16.5 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.175 (\text{ksi}) \quad \varepsilon_{c2} = -3.5 \text{ ‰}$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{39.09 \cdot 10^2}{0.927 \cdot 13.5 \cdot 43.478} = 7.18 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

Glavna armatura ležaj 201-201

ODABRANO: $\phi 10/10.0 \text{ cm}$ ($A_{s1,prov}=7.85 \text{ cm}^2$) $\geq A_{s1}=7.18 \text{ cm}^2/\text{m}'$

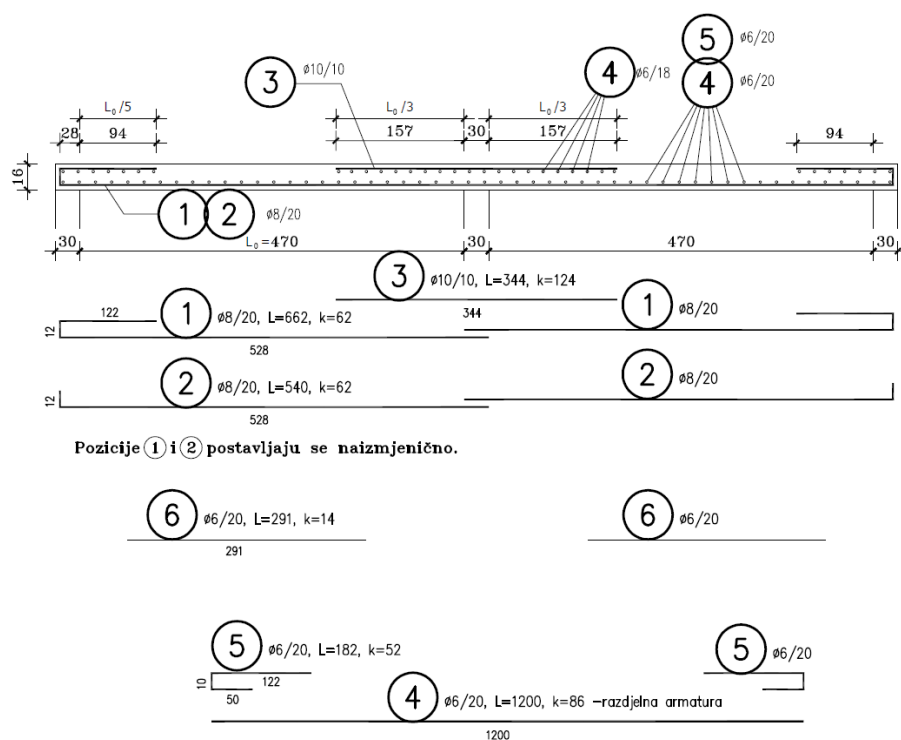
Razdjelna armatura:

$$A_{s,raz}=0.2 \cdot A_s=0.2 \cdot 7.85=1.57 \text{ cm}^2$$

Razdjelna armatura ležaj 201-201

ODABRANO: $\phi 6/18 \text{ cm}$ (1.57 cm^2)

2.4. Plan armature ploče POZ 201-201:



POZ 3 komada= $(1230-6)/10+1=124$ kom

POZ 1 i 2 ukupno komada= $(1230-6)/10+1=124$ kom

POZ 1 komada= $124/2=62$ kom

POZ 2 komada= $124/2=62$ kom

POZ 4 komada= $52+2*7+20=86$ kom

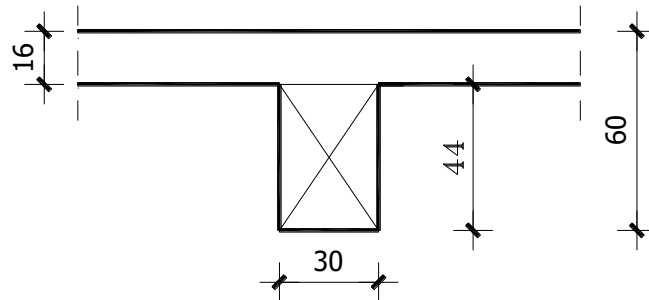
POZ 5 komada= $2*((1030-4)/20+1)=104$ kom

ISKAZ ARMATURE PLOČE 201-201							
B500B							
POZ	OBLIK	ø (mm)	L (m)	KOM	ø6	ø8	ø10
①		8	6.62	124		820.9	
②		8	5.40	124		669.6	
③		10	3.44	124			426.6
④		6	12.00	86	1032.0		
⑤		6	1.82	104	189.3		
⑥		6	2.91	28	81.5		
UKUPNO (m)					1302.8	1490.5	426.6
MASA (kg/m)					0.228	0.405	0.634
UKUPNO PO PROFILIMA (kg)					297.0	603.7	270.5
SVEUKUPNO (kg)					1171.2		

3. Proračun grede POZ 202-202

3.1. Analiza opterećenja grede POZ 202-202

Poprečni presjek:



Reakcija ploče POZ 201-201 na srednjem ležaju:

$$R_G^B = 1.25 \cdot g \cdot L = 1.25 \cdot 6.68 \cdot 5.0 = 41.75 \text{ kN / m'}$$

$$R_Q^B = 1.25 \cdot q \cdot L = 1.25 \cdot 3.0 \cdot 5.0 = 18.75 \text{ kN / m'}$$

Vlastita težina grede g_{vl}

$$g_{vl} = 0.3 \cdot (0.6 - 0.16) \cdot 25.0 = 3.30 \text{ kN/m'}$$

Ukupno stalno opterećenje $g = 41.75 + 3.3 = 45.05 \text{ kN/m'}$

$$\mathbf{g = 45.05 \text{ kN/m'}}$$

Uporabno opterećenje: $\mathbf{q = 18.75 \text{ kN/m'}}$

Računsko opterećenje:

$$q_{Ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35 \cdot 45.05 + 1.5 \cdot 18.75 = 88.94 \text{ kN/m'}$$

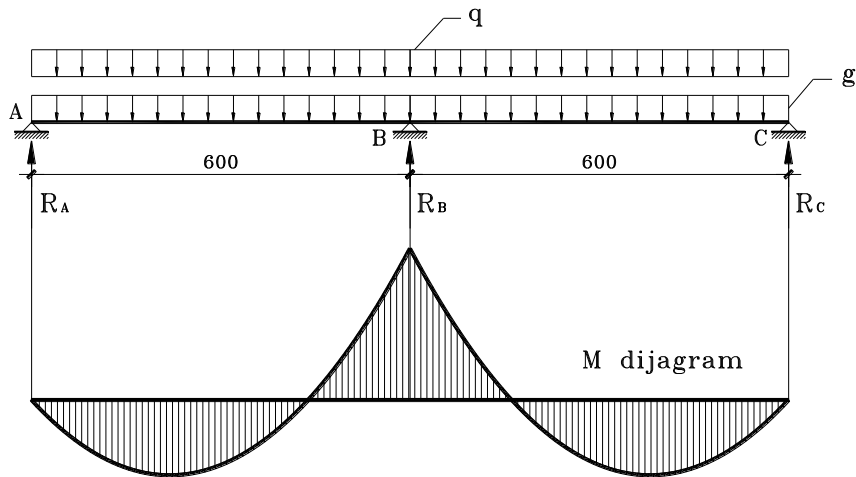
Gradiva:

Beton: C25/30
Armatura: B500B

3.2. Statički proračun grede POZ 202-202

Maksimalni moment na ležaju POZ 202-202

Statička shema:



$$M_G^{202-202} = -0.125 \cdot g \cdot L^2 = -0.125 \cdot 45.05 \cdot 6.0^2 = -202.73 \text{ kNm}$$

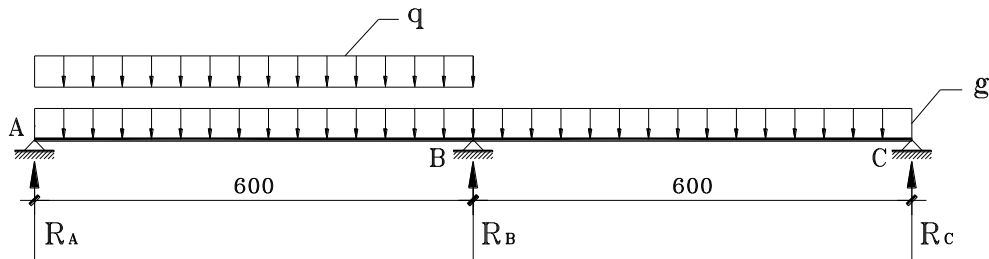
$$M_Q^{202-202} = -0.125 \cdot q \cdot L^2 = -0.125 \cdot 18.75 \cdot 6.0^2 = -84.38 \text{ kNm}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed}^{202-202} = 1.35 \cdot M_G^{202-202} + 1.5 \cdot M_Q^{202-202} = 1.35 \cdot (-202.73) + 1.5 \cdot (-84.38) = -400.26 \text{ kNm}$$

Maksimalni moment savijanja u polju POZ 202

Statička shema:



$$M_G^{202} = 0.07 \cdot g \cdot L^2 = 0.07 \cdot 45.05 \cdot 6.0^2 = 113.53 \text{ kNm}$$

$$M_Q^{202} = 0.096 \cdot q \cdot L^2 = 0.096 \cdot 18.75 \cdot 6.0^2 = 64.80 \text{ kNm}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed}^{202} = 1.35 \cdot M_G^{202} + 1.5 \cdot M_Q^{202} = 1.35 \cdot 113.53 + 1.5 \cdot 64.80 = 250.47 \text{ kNm}$$

Poprečne sile i reakcije:

Ležaj A reakcija je jednaka poprečnoj sili:

$$R_G^A = V_G = 0.375 \cdot g \cdot L = 0.375 \cdot 45.05 \cdot 6.0 = 101.36 \text{ kN}$$

$$R_Q^A = V_Q = 0.438 \cdot q \cdot L = 0.438 \cdot 18.75 \cdot 6.0 = 49.28 \text{ kN}$$

$$R_{Ed}^A = V_{Ed} = 1.35 \cdot V_G + 1.5 \cdot V_Q = 1.35 \cdot 101.36 + 1.5 \cdot 49.28 = 210.76 \text{ kN}$$

Ležaj B reakcije:

$$R_G^B = 1.25 \cdot g \cdot L = 1.25 \cdot 45.05 \cdot 6.0 = 337.88 \text{ kN}$$

$$R_Q^B = 1.25 \cdot q \cdot L = 1.25 \cdot 18.75 \cdot 6.0 = 140.63 \text{ kN}$$

$$R_{Ed}^B = 1.35 \cdot R_G^B + 1.5 \cdot R_Q^B = 1.35 \cdot 337.88 + 1.5 \cdot 140.63 = 667.08 \text{ kN}$$

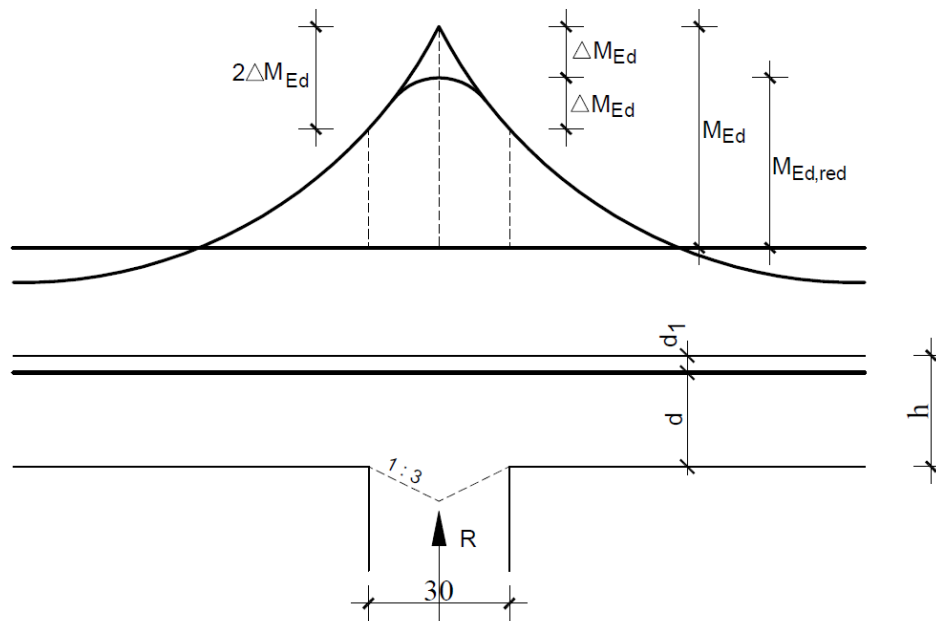
Ležaj B poprečne sile:

$$V_G = 0.625 \cdot g \cdot L = 0.625 \cdot 45.05 \cdot 6.0 = 168.94 \text{ kN}$$

$$V_Q = 0.625 \cdot q \cdot L = 0.625 \cdot 18.75 \cdot 6.0 = 70.31 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1.35 \cdot V_G + 1.5 \cdot V_Q = 1.35 \cdot 168.94 + 1.5 \cdot 70.31 = 333.53 \text{ kN}$$

Smanjenje momenata na ležaju 202-202:

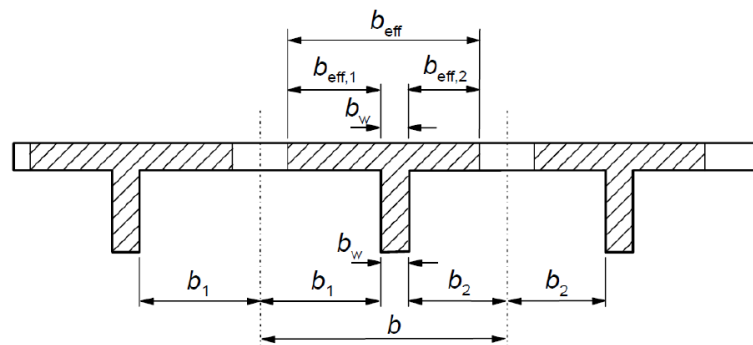


$$M_{Ed,red} = M_{Ed} - \Delta M_{Ed}$$

$$\Delta M_{Ed}^{202-202} = \frac{R_{Ed} \cdot b_{sup}}{8} = \frac{667.08 \cdot 0.3}{8} = 25.02 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,red}^{202-202} = M_{Ed}^{202-202} - \Delta M_{Ed}^{202-202} = -(400.26 - 25.02) = 375.24 \text{ kNm}$$

Određivanje sudjelujuće širine:

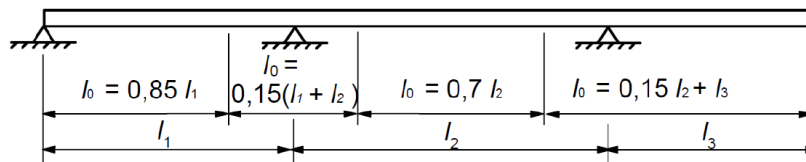


$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w$$

$$b_{\text{eff},i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 < 0.2 \cdot l_0$$

$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$

b_1 i b_2 su prema slici polovica polovica svijetlog razmaka rebara lijevo, odnosno desno od rebra l_0 – razmak nul-točaka momentnog dijagrama dijagrama (za prvo polje $l_0 = 0.85 \cdot l$)



Sudjelujuća širina u prvom polju:

$$b_{\text{eff},i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 = 0.2 \cdot (470/2) + 0.1 \cdot (600 \cdot 0.85) = 98 \text{ cm} - \text{mjerodavno}$$

$$b_{\text{eff},i} = 0.2 \cdot l_0 = 0.2 \cdot (600 \cdot 0.85) = 102 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},i} = b_i = 470/2 = 235 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w = 98 + 98 + 30 = 226 \text{ cm}$$

Sudjelujuća širina iznad srednjeg ležaja:

$$b_{\text{eff},i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 = 0.2 \cdot 470/2 + 0.1 \cdot (0.15 \cdot 2 \cdot 600) = 65 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},i} = 0.2 \cdot l_0 = 0.2 \cdot (0.15 \cdot 2 \cdot 600) = 36 \text{ cm} - \text{mjerodavno}$$

$$b_{\text{eff},i} = b_i = 470/2 = 235 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w = 36 + 36 + 30 = 102 \text{ cm}$$

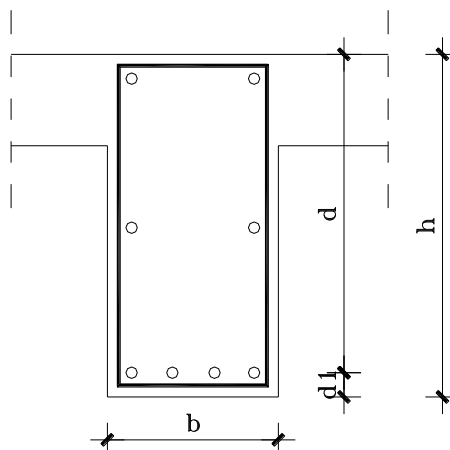
3.3. Dimenzioniranje grede

Materijali:

Beton: C25/30

Čelik: B500B

Poprečni presjek:



Visina presjeka: $h=60$ cm
 Zaštitni sloj betona: $c=2.0$ cm

Udaljenost do težišta armature:

$$d_1 = c + \phi_v + \phi_1 / 2 = 2.0 + 0.8 + 2.5 / 2 = 4.0 \text{ cm}$$

Statička visina presjeka:

$$d = h - d_1 = 60 - 4.0 = 56 \text{ cm}$$

f_{cd} - računski čvrstoća betona (za C25/30)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1.0 \cdot \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ N/mm}^2 = 1.667 \text{ kN/cm}^2$$

f_{yd} - računski granica popuštanja čelika (za B500B)

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2 = 43.478 \text{ kN/cm}^2$$

3.3.1 Proračun uzdužne armature u polju POZ 202:

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = 250.47 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{250.47 \cdot 10^2}{226 \cdot 56^2 \cdot 1.667} = 0.021 < \mu_{lim} = 0.296$$

Iz tablica uzeti isti ili prvi veći! Za $\mu_{Ed} = 0.023$ očitano:

$$\zeta = 0.982 (\text{zeta}) \quad \varepsilon_{s1} = 20.0 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.052 (\text{ksi}) \quad \varepsilon_{c2} = -1.1 \text{ ‰}$$

Položaj neutralne osi:

$$x = d \cdot \xi = 56 \cdot 0.052 = 2.9 \text{ cm} < 16 \text{ cm} \text{ (neutralna os prolazi kroz ploču)}$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{250.47 \cdot 10^2}{0.982 \cdot 56 \cdot 43.478} = 10.48 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura (dva uvjeta, mjerodavna je veća armatura):

$$A_{s1,min} = 0.0013 \cdot b_w \cdot d = 0.0013 \cdot 30 \cdot 56 = 2.18 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d = 0.26 \frac{2.6}{500} \cdot 30 \cdot 56 = 0.00135 \cdot 30 \cdot 56 = 2.27 \text{ cm}^2 - \text{mjerodavno}$$

Maksimalna armatura (dva uvjeta, mjerodavna je manja armatura):

$$A_{s1,max} = 0.04 \cdot b_{eff} \cdot h = 0.04 \cdot 226 \cdot 60 = 542.4 \text{ cm}^2$$

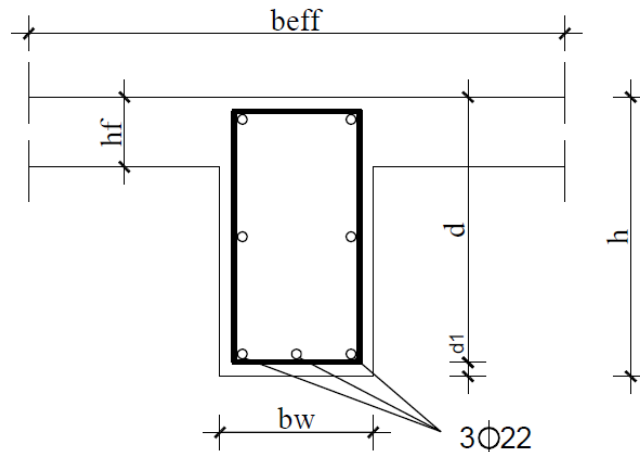
$$A_c = 2.5 \cdot b_{eff} \cdot h_f = 2.5 \cdot 226 \cdot 16 = 9040 \text{ cm}^2 \text{ za C25/30 i za}$$

$$h_f = 16\text{ cm} < 0.45 \cdot d = 0.45 \cdot 56 = 25.2\text{ cm}$$

$$A_{s1,\max} = 0.022 \cdot A_c = 0.022 \cdot 9040 = 198.9\text{ cm}^2 \quad - \text{ mjerodavno}$$

Uzdužna armatura polje 202

ODABRANO: 3Φ22 ($A_{s1,\text{prov}} = 11.40\text{ cm}^2$) $\geq A_{s1} = 10.48\text{ cm}^2$



3.3.2 Proračun uzdužne armature na ležaju POZ 202-202:

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = 375.24\text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{375.24 \cdot 10^2}{30 \cdot 56^2 \cdot 1.667} = 0.239 < \mu_{lim} = 0.296$$

Iz tablica uzeti isti ili prvi veći! Za $\mu_{Ed} = 0.242$ očitano:

$$\zeta = 0.854 (\text{zeta}) \quad \varepsilon_{s1} = 6.5\text{ ‰}$$

$$\xi = 0.350 (\text{ksi}) \quad \varepsilon_{c2} = -3.5\text{ ‰}$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{375.24 \cdot 10^2}{0.854 \cdot 56 \cdot 43.478} = 18.05\text{ cm}^2$$

Minimalna armatura (dva uvjeta, mjerodavna je veća armatura):

$$A_{s1,\min} = 0.0013 \cdot b_{eff} \cdot d = 0.0013 \cdot 102 \cdot 56 = 7.4\text{ cm}^2$$

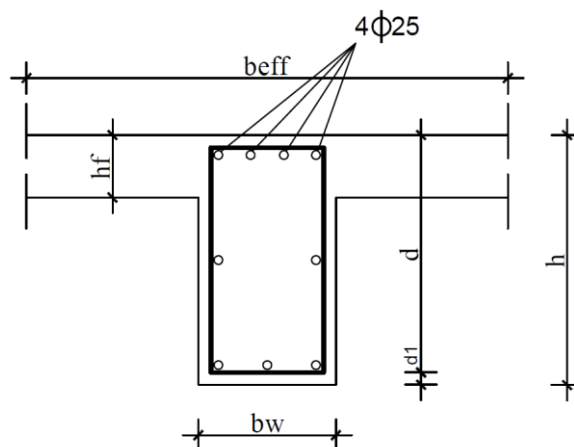
$$A_{s1,\min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_{eff} \cdot d = 0.26 \frac{2.6}{500} \cdot 102 \cdot 56 = 0.00135 \cdot 98 \cdot 56 = 7.7\text{ cm}^2 \quad - \text{ mjerodavno}$$

Maksimalna armatura za jednostruko armiran presjek:

$$A_{s1,\max} = 0.022 \cdot b_w \cdot h = 0.022 \cdot 30 \cdot 60 = 39.6\text{ cm}^2$$

Uzdužna armatura ležaj 202-202

ODABRANO: **4 ϕ 25** ($A_{s1,prov}=19.63 \text{ cm}^2 \geq A_{s1}=18.05 \text{ cm}^2$)



Određivanje duljine sidrenja armature

$$l_{b,req} = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{bd} \cdot u} = \frac{\phi \cdot f_{yd}}{4 \cdot f_{bd}},$$

gdje je $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$, $\gamma_s = 1.15$, računska granica popuštanja armature

f_{bd} – računska čvrstoća prionljivosti. Za C25/30, B500B i dobre uvjete priranja $\rightarrow f_{bd} = 2.7 \text{ N/mm}^2$

Proračunska duljina sidrenja: $l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,req} \geq l_{b,min} = \max(0.3 \cdot l_{b,req}; 10 \cdot \phi; 100 \text{ mm})$

Za profil $\phi 22 \text{ mm}$: $l_{b,req} = \frac{2.2 \cdot 43.478}{4 \cdot 0.27} = 40.26 \cdot 2.2 = 88.6 \text{ cm}$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,req} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 88.6 = 88.6 \text{ cm}$$

Za profil $\phi 25 \text{ mm}$: $l_{b,req} = \frac{2.5 \cdot 43.478}{4 \cdot 0.27} = 40.26 \cdot 2.5 = 100.6 \text{ cm}$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,req} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 100.6 = 100.6 \text{ cm}$$

Horizontalni pomak dijagrama vlačnih sila:

$$a_1 = z \cdot (\text{ctg} \Theta - \text{ctg} \alpha) / 2$$

gdje je $\alpha = 90^\circ$ za vertikalne sponne, $\text{ctg} 90^\circ = 0$,

$\Theta = 39.8^\circ$, $\text{ctg} 39.8^\circ = 1.2$, krak unutarnjih sila se može uzeti kao $z = 0.9 \cdot d$

$$a_1 = z \cdot (\text{ctg} \Theta - \text{ctg} \alpha) / 2 = 0.9 \cdot 55.6 \cdot (1.2 - 0) / 2 = 30.1 \text{ cm}$$

3.3.3 Proračun poprečne armature POZ 202-202

3.3.3.1 Ležaj A

$$V_{Ed,A} = 210.76 \text{ kN}$$

$$V'_{Ed,A} = V_{Ed} - a(\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) = V_{Ed} - a \cdot q_{Ed}$$

$$a = \frac{b_{\text{sup}}}{2} + d = 15 + 56 = 71.0 \text{ cm}$$

$$q_{\text{Ed}} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35 \cdot 45.05 + 1.5 \cdot 18.75 = 88.94 \text{ kN/m'}$$

$$V'_{\text{Ed,A}} = 210.76 - 0.71 \cdot 88.94 = 147.61 \text{ kN}$$

Proračunska nosivost na poprečnu silu elementa bez poprečne armature:

$$V_{\text{Rd,c}} = \left[C_{\text{Rd,c}} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{\text{ck}})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}} \right] \cdot b_w \cdot d \geq V_{\text{Rd,c,min}}$$

$$V_{\text{Rd,c,min}} = (v_{\text{min}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}}) \cdot b_w \cdot d$$

Gdje je:

$$C_{\text{Rd,c}} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.5 = 0.12$$

$$v_{\text{min}} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{\text{ck}}^{1/2}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{560}} = 1.598 \leq 2.0 \quad (\text{visinu grede } d \text{ upisati u mm})$$

Pretpostavka: pola uzdužne armature 2φ22 ($A_{s1} = 7.60 \text{ cm}^2$) prelazi preko ležaja:

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{7.60}{30 \cdot 56.0} = 0.0045 < 0.02$$

$$\sigma_{\text{cp}} = 0.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{\text{min}} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{\text{ck}}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.598^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.354$$

$$V'_{\text{Ed,A}} \geq V_{\text{Rd,c}} \quad - \text{potreban je proračun poprečne armature}$$

Proračunska otpornost presjeka na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{\text{Rd,c}} = \left[0.12 \cdot 1.598 \cdot (100 \cdot 0.0045 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 300 \cdot 560 = 72186 \text{ N} = 72.2 \text{ kN}$$

$$V_{\text{Rd,c,min}} = (v_{\text{min}} + k_1 \cdot \sigma_{\text{cp}}) \cdot b_w \cdot d = (0.354 + 0.15 \cdot 0) \cdot 300 \cdot 560 = 59472 \text{ N} = 59.5 \text{ kN}$$

Najveća računaska poprečna sila koja se može preuzeti bez otkazivanja tlačnih štapova:

$$V_{\text{Rd,max}} = \alpha_{\text{cw}} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{\text{cd}} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\Theta + \text{tg}\Theta}$$

$$\alpha_{\text{cw}} = 1$$

$$v_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{\text{ck}} / 250) = 0.6 \cdot (1 - 25 / 250) = 0.54$$

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 56 = 50.4 \text{ cm}$$

$$\Theta = 39.8^\circ$$

$$V_{\text{Rd,max}} = 1 \cdot 300 \cdot 504 \cdot 0.54 \cdot 16.667 \cdot \frac{1}{1.2 + 0.833} = 669369 \text{ N} = 669.4 \text{ kN}$$

Provjera:

$$V'_{\text{Ed,A}} = 147.61 \text{ kN} > V_{\text{Rd,c}} = 72.2 \text{ kN} \quad - \text{potreban je proračun spona}$$

Pretpostavljamo: spona $\phi 8$, B500B, reznost $m=2 \Rightarrow$ Za $2\phi 8$

$$A_{sw} = A_{sw}^1 \cdot m = 0.5 \cdot 2 = 1.01 \text{ cm}^2$$

$$f_{yw,d} = \frac{f_{yk}}{1.15} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2 = 43.478 \text{ kN/cm}^2 \text{ -- računska čvrstoća armature za spona.}$$

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 56 = 50.4 \text{ cm -- krak unutarnjih sila.}$$

Potreban razmak spona:

$$s_{w,A} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z \cdot \text{ctg} \Theta}{V'_{Ed}} = \frac{1.01 \cdot 43.478 \cdot 50.4 \cdot 1.2}{147.61} = 18.0 \text{ cm}$$

Najveća proračunska poprečna armatura:

$$A_{sw,max} = \frac{1}{2} \cdot b_w \cdot s_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 18 \cdot 1.0 \cdot 0.54 \cdot 1.667 / 43.478 = 5.59 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} = 1.01 \text{ cm}^2 < A_{sw,max} = 5.59 \text{ cm}^2 \text{ -- zadovoljava.}$$

Minimalna poprečna armatura (=maksimalni razmak odabranih spona):

Treba proračunati najveći razmak po oba kriterija i odabrati manji.

1. uvjet:

Prema EN 1992-1-1:

$$\rho_{w,min} = 0.08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.08 \frac{\sqrt{25}}{500} = 0.0008$$

Prema hrvatskom nacionalnom dodatku:

$$\rho_{w,min} = 0.15 \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0.15 \frac{2.6}{434.78} = 0.0009 \text{ - mjerodavno}$$

$$s_{w,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1.01}{0.0009 \cdot 30 \cdot 1.0} = 37.4 \text{ cm}$$

2. uvjet:

$$V_{Rd,max} = 669.4 \text{ kN} \quad 0.3V_{Rd,max} = 200.8 \text{ kN} \quad 0.6V_{Rd,max} = 401.6 \text{ kN}$$

$$1) \text{ ako je: } 0 < V'_{Ed} \leq 0.3V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.75 \cdot d \leq 30 \text{ cm}$$

$$2) \text{ ako je: } 0.3V_{Rd,max} < V'_{Ed} \leq 0.6V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.55 \cdot d \leq 30 \text{ cm}$$

$$3) \text{ ako je: } 0.6V_{Rd,max} < V'_{Ed} \leq V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.3 \cdot d \leq 20 \text{ cm}$$

$$\text{Slučaj 1) } 0 < 147.6 \leq 200.8 \Rightarrow s_{w,max} = 0.75 \cdot d = 0.75 \cdot 56.0 = 42 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

$$s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak odabranih spona $\phi 8$, $m=2$: $s_{w,max}=30 \text{ cm}$ (iz 2. uvjeta)

Odabrani razmak s_w mora biti $\leq$ od $s_{w,max}$

ODABRANO: $\phi 8/18.0 \text{ cm}$, $m=2$

Proračun razmaka vilica do područja minimalne armature:

R.b.	V _{Ed} (kN)	S _{wreq} (cm)	S _{wprov} (cm)
1	147,6	18,0	18
2	131,6	20,2	20
3	113,8	23,3	23
4	93,4	28,4	28
5	68,5	38,8	30

Duljina područja (x) na kojem je potreban proračun poprečne armature dobiva se iz uvjeta:

$$V_{Ed} - x \cdot q_{Ed} = V_{Rd,c}$$

$$x = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{q_{Ed}} = \frac{210.76 - 72.2}{88.94} = 1.56m$$

Na udaljenosti x=1.56m od osi ležaja A nalazi se poprečna sila V_{Rd,c}. Iza tog područja poprečna armatura odabire se prema kriterijima minimalne armature.

3.3.3.2 Ležaj B

$$V_{Ed,B} = 333.53kN$$

$$V'_{Ed,B} = V_{Ed} - a(\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) = V_{Ed} - a \cdot q_{Ed}$$

$$a = \frac{b_{sup}}{2} + d = 15 + 56 = 71.0cm$$

$$q_{Ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35 \cdot 45.05 + 1.5 \cdot 18.75 = 88.94kN/m'$$

$$V'_{Ed,B} = 333.53 - 0.71 \cdot 88.94 = 270.4 kN$$

Proračunska otpornost presjeka na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Gdje je:

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{560}} = 1.598 \leq 2.0 \quad d(mm)$$

Pretpostavka: pola uzdužne armature 2φ22 (A_{s1} = 7.60 cm²) prelazi preko ležaja:

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \times d} = \frac{7.60}{30 \cdot 56.0} = 0.0045 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = 0.0 kN/cm^2$$

$$k_1=0.15$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.598^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.354$$

$$V'_{Ed,B} \geq V_{Rd,c} \quad - \text{potreban je proračun poprečne armature}$$

Proračunska nosivost na poprečnu silu elementa bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.598 \cdot (100 \cdot 0.0045 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 300 \cdot 560 = 72186 \text{ N} = 72.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,\min} = (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0.347 + 0.15 \cdot 0) \cdot 300 \cdot 560 = 59472 \text{ N} = 59.5 \text{ kN}$$

Najveća računaska poprečna sila koja se može preuzeti bez otkazivanja tlačnih štapova:

$$V_{Rd,\max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\Theta + \text{tg}\Theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$v_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0.6 \cdot (1 - 25 / 250) = 0.54$$

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 56 = 50.4 \text{ cm}$$

$$\Theta = 39.8^\circ$$

$$V_{Rd,\max} = 1 \cdot 300 \cdot 504 \cdot 0.54 \cdot 16.667 \cdot \frac{1}{1.2 + 0.833} = 669369 \text{ N} = 669.4 \text{ kN}$$

Provjera:

$$V'_{Ed,B} = 270.4 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 72.2 \text{ kN} \quad - \text{potreban je proračun spona}$$

Pretpostavljamo: spona $\phi 8$, B500B, reznost $m=2 \Rightarrow$ Za $2\phi 8$

$$A_{sw} = A_{sw}^1 \cdot m = 0.5 \cdot 2 = 1.01 \text{ cm}^2$$

$$f_{yw,d} = \frac{f_{yk}}{1.15} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2 = 43.478 \text{ kN/cm}^2 \quad - \text{računska čvrstoća armature za spona.}$$

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 56 = 50.4 \text{ cm} \quad - \text{krak unutarnjih sila.}$$

Potreban razmak spona:

$$s_{w,B} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z \cdot \text{ctg}\Theta}{V'_{Ed}} = \frac{1.01 \cdot 43.478 \cdot 50.4 \cdot 1.2}{270.4} = 9.8 \text{ cm}$$

Najveća proračunska poprečna armatura:

$$A_{sw,\max} = \frac{1}{2} \cdot b_w \cdot s_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 9 \cdot 1.0 \cdot 0.54 \cdot 1.667 / 43.478 = 2.80 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} = 1.01 \text{ cm}^2 < A_{sw,\max} = 2.80 \text{ cm}^2 \quad - \text{zadovoljava.}$$

Minimalna poprečna armatura (=maksimalni razmak odabranih spona):

Treba proračunati najveći razmak po oba kriterija i odabrati manji.

1. uvjet:

Prema EN 1992-1-1:

$$\rho_{w,min} = 0.08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.08 \frac{\sqrt{25}}{500} = 0.0008$$

Prema hrvatskom nacionalnom dodatku:

$$\rho_{w,min} = 0.15 \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0.15 \frac{2.6}{434.78} = 0.0009 - \text{mjerodavno}$$

$$s_{w,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1.01}{0.0009 \cdot 30 \cdot 1.0} = 37.4 \text{ cm}$$

2. uvjet:

$$V_{Rd,max} = 669.4 \text{ kN} \quad 0.3V_{Rd,max} = 200.8 \text{ kN} \quad 0.6V_{Rd,max} = 401.6 \text{ kN}$$

$$1) \text{ ako je: } 0 < V'_{Ed} \leq 0.3V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.75 \cdot d \leq 30 \text{ cm}$$

$$2) \text{ ako je: } 0.3V_{Rd,max} < V'_{Ed} \leq 0.6V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.55 \cdot d \leq 30 \text{ cm}$$

$$3) \text{ ako je: } 0.6V_{Rd,max} < V'_{Ed} \leq V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.3 \cdot d \leq 20 \text{ cm}$$

$$\text{Slučaj 1) } 0 < 147.6 \leq 200.8 \Rightarrow s_{w,max} = 0.75 \cdot d = 0.75 \cdot 56.0 = 42 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

$$s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

 Mjerodavni najveći razmak odabranih spona $\phi 8$, $m=2$: $s_{w,max}=30 \text{ cm}$ (iz 2. uvjeta)

 Odabrani razmak s_w mora biti $\leq$ od $s_{w,max}$
ODABRANO: $\phi 8/9 \text{ cm}$, $m=2$

Proračun razmaka vilica do područja minimalne armature:

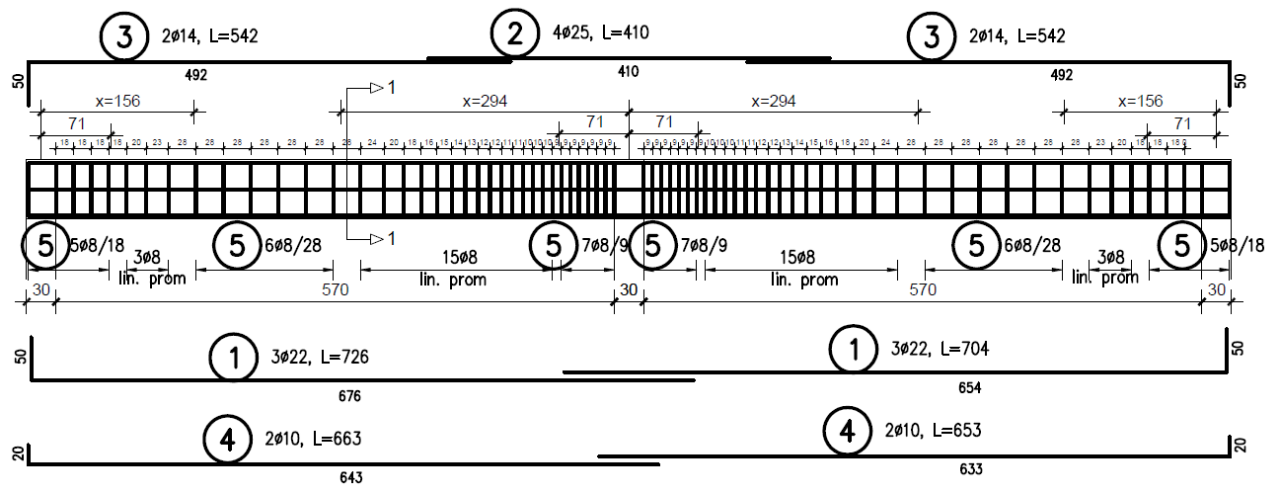
R.b.	V_{Ed} (kN)	s_{wreq} (cm)	s_{wprov} (cm)
1	270,4	9,8	9
2	262,4	10,1	10
3	253,5	10,5	10
4	244,6	10,9	10
5	235,7	11,3	11
6	225,9	11,8	11
7	216,1	12,3	12
8	205,5	12,9	12
9	194,8	13,6	13
10	183,2	14,5	14
11	170,8	15,6	15
12	157,4	16,9	16
13	143,2	18,5	18
14	127,2	20,9	20
15	109,4	24,3	24
16	88,1	30,2	30
17	61,4	43,3	30

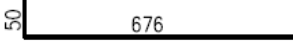
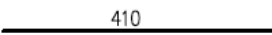
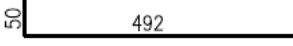
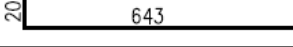
Duljina područja (x) na kojem je potreban proračun poprečne armature dobiva se iz uvjeta:

$$V_{Ed} - x \cdot q_{Ed} = V_{Rd,c}$$

$$x = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{q_{Ed}} = \frac{333.53 - 72.2}{88.94} = 2.94\text{m}$$

Na udaljenosti $x=2.94\text{m}$ od osi ležaja B nalazi se poprečna sila $V_{Rd,c}$. Iza tog područja poprečna armatura odabire se prema kriterijima minimalne armature.

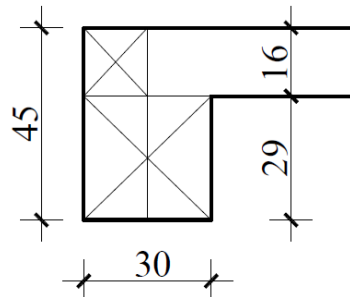


ISKAZ ARMATURE GREDE 202									
B500B									
POZ	OBLIK	Ø (mm)	L (m)	KOM	Ø8	Ø10	Ø14	Ø22	Ø25
①		22	7.26	6				43.6	
②		25	4.10	4					16.4
③		14	5.42	4			21.7		
④		10	6.63	4		26.5			
⑤		8	2.10	72	151.2				
UKUPNO (m)					151.2	26.5	21.7	43.6	16.4
MASA (kg/m)					0.405	0.634	1.242	3.058	3.951
UKUPNO PO PROFILIMA (kg)					61.2	16.8	27.0	133.3	64.8
SVEUKUPNO (kg)					303.1				

4. Proračun grede POZ 203

4.1. Analiza opterećenja grede POZ 203

Poprečni presjek:



Reakcija ploče POZ 201-201 na prvom ležaju:

$$R_G^A = 0.375 \cdot g \cdot L = 0.375 \cdot 6.68 \cdot 5.0 = 12.53 \text{ kN / m'}$$

$$R_Q^A = 0.438 \cdot q \cdot L = 0.438 \cdot 3.0 \cdot 5.0 = 6.57 \text{ kN / m'}$$

Vlastita težina grede g_{vl}

$$g_{vl} = 0.3 \cdot 0.45 \cdot 25.0 - 0.15 \cdot 0.16 \cdot 25.0 = 2.78 \text{ kN/m'}$$

Ukupno stalno opterećenje $g = 12.53 + 2.78 = 15.31 \text{ kN/m'}$

$$\mathbf{g = 15.31 \text{ kN/m'}}$$

Uporabno opterećenje: $q = 6.57 \text{ kN/m'}$

Računsko opterećenje:

$$q_{Ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35 \cdot 15.31 + 1.5 \cdot 6.57 = 30.52 \text{ kN/m'}$$

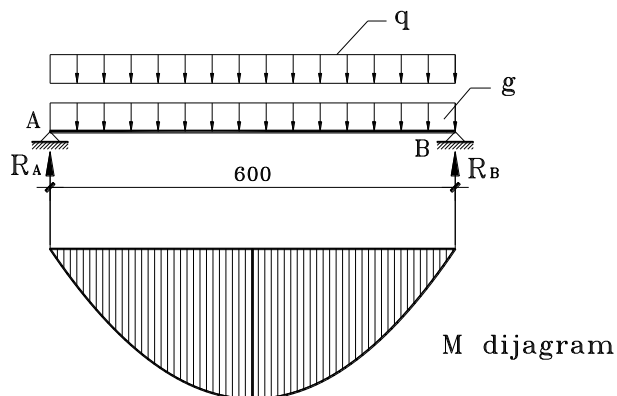
Gradiva:

Beton: C25/30

Armatura: B500B

4.2. Statički proračun grede POZ 203

Statička shema:



Maksimalni moment u polju:

$$M_G^{203} = 0.125 \cdot g \cdot L^2 = 0.125 \cdot 15.31 \cdot 6.0^2 = 68.90 \text{ kNm}$$

$$M_Q^{203} = 0.125 \cdot q \cdot L^2 = 0.125 \cdot 6.57 \cdot 6.0^2 = 29.57 \text{ kNm}$$

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed}^{203} = 1.35 \cdot M_G^{203} + 1.5 \cdot M_Q^{203} = 1.35 \cdot 68.90 + 1.5 \cdot 29.57 = 137.37 \text{ kNm}$$

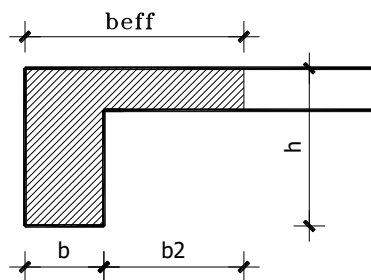
Poprečne sile i reakcije:

$$R_G^A = V_G = 0.5 \cdot g \cdot L = 0.5 \cdot 15.31 \cdot 6.0 = 45.93 \text{ kN}$$

$$R_Q^A = V_Q = 0.5 \cdot q \cdot L = 0.5 \cdot 6.57 \cdot 6.0 = 19.71 \text{ kN}$$

$$R_{Ed}^A = V_{Ed} = 1.35 \cdot V_G + 1.5 \cdot V_Q = 1.35 \cdot 45.93 + 1.5 \cdot 19.71 = 91.57 \text{ kN}$$

Određivanje sudjelujuće širine:



$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w$$

$$b_{eff,i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 < 0.2 \cdot l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

gdje su:

b_1 i b_2 - polovica svijetlog razmaka rebara lijevo, odnosno desno od rebra.

l_0 - razmak nul-točaka momentnog dijagrama (za prostu gredu $l_0=l$).

Sudjelujuća širina grede:

$$b_{eff,i} = 0.2 \cdot b_i + 0.1 \cdot l_0 = 0.2 \cdot (470/2) + 0.1 \cdot 600 = 107 \text{ cm - mjerodavno}$$

$$b_{eff,i} = 0.2 \cdot l_0 = 0.2 \cdot 600 = 120 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},i} = b_1 = 470/2 = 235 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},2} + b_w = 107 + 30 = 137 \text{ cm}$$

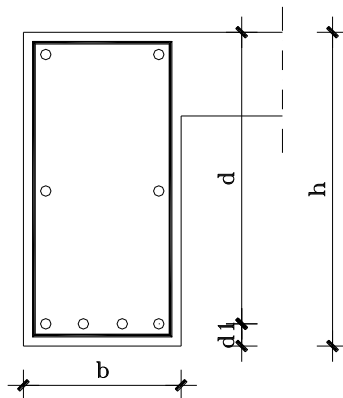
4.3. Dimenzioniranje grede

Materijali:

Beton: C25/30

Čelik: B500B

Poprečni presjek:



Visina presjeka: $h = 45 \text{ cm}$

Zaštitni sloj betona: $c = 2.0 \text{ cm}$

Udaljenost do težišta armature:

$$d_1 = c + \phi_v + \phi_1/2 = 2.0 + 0.8 + 2.5/2 = 4.0 \text{ cm}$$

Statička visina presjeka:

$$d = h - d_1 = 45 - 4.0 = 41 \text{ cm}$$

f_{cd} - računski čvrstoća betona (za C25/30)

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1.0 \cdot \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ N/mm}^2 = 1.667 \text{ kN/cm}^2$$

f_{yd} - računski granica popuštanja čelika (za B500B)

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2 = 43.478 \text{ kN/cm}^2$$

4.3.1 Proračun uzdužne armature u polju POZ 203:

Računski moment savijanja:

$$M_{Ed} = 137.37 \text{ kNm}$$

Bezdimenzionalni moment savijanja:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{137.37 \cdot 10^2}{137 \cdot 41^2 \cdot 1.667} = 0.036 < \mu_{\text{lim}} = 0.296$$

Iz tablica uzeti isti ili prvi veći! Za $\mu_{Ed} = 0.038$ očitano:

$$\zeta = 0.975 \text{ (zeta)} \quad \varepsilon_{s1} = 20.0 \text{ ‰}$$

$$\xi = 0.070 \text{ (ksi)} \quad \varepsilon_{c2} = -1.5 \text{ ‰}$$

Položaj neutralne osi:

$$x = d \cdot \xi = 41 \cdot 0.070 = 2.9 \text{ cm} < 16 \text{ cm (neutralna os prolazi kroz ploču)}$$

Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{137.37 \cdot 10^2}{0.975 \cdot 41 \cdot 43.478} = 7.90 \text{ cm}^2$$

Minimalna armatura (dva uvjeta, mjerodavna je veća armatura):

$$A_{s,min} = 0.0013 \cdot b_w \cdot d = 0.0013 \cdot 30 \cdot 41 = 1.60 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d = 0.26 \frac{2.6}{500} \cdot 30 \cdot 41 = 0.00135 \cdot 30 \cdot 41 = 1.66 \text{ cm}^2 \text{ - mjerodavno}$$

Maksimalna armatura (dva uvjeta, mjerodavna je manja armatura):

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot b_{eff} \cdot h = 0.04 \cdot 137 \cdot 45 = 246.6 \text{ cm}^2$$

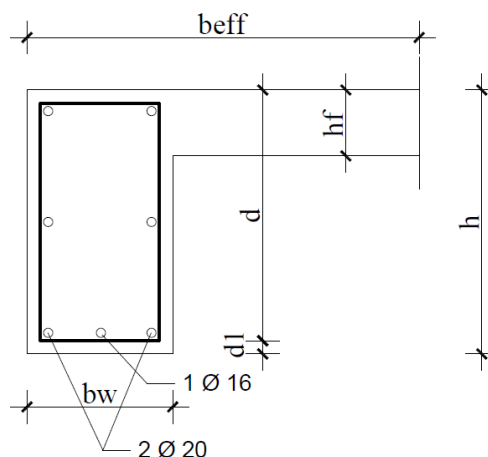
$$A_c = 2.5 \cdot b_{eff} \cdot h_f = 2.5 \cdot 137 \cdot 16 = 5480 \text{ cm}^2 \text{ za C25/30 i za}$$

$$h_f = 16 \text{ cm} < 0.45 \cdot d = 0.45 \cdot 41 = 18.45 \text{ cm}$$

$$A_{s,max} = 0.022 \cdot A_c = 0.022 \cdot 5480 = 120.6 \text{ cm}^2 \text{ - mjerodavno}$$

Uzdužna armatura polje 203

ODABRANO: $2\phi 20 + 1\phi 16$ ($A_{s1,prov} = 6.28 + 2.01 = 8.29 \text{ cm}^2 \geq A_{s1} = 7.96 \text{ cm}^2$)



4.3.2 Proračun poprečne armature POZ 203

$$V_{Ed,A} = 91.57 \text{ kN}$$

$$V'_{Ed,A} = V_{Ed} - a(\gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q) = V_{Ed} - a \cdot q_{Ed}$$

$$a = \frac{b_{sup}}{2} + d = 15 + 41 = 56.0 \text{ cm}$$

$$q_{Ed} = \gamma_G \cdot g + \gamma_Q \cdot q = 1.35 \cdot 15.31 + 1.5 \cdot 6.57 = 30.52 \text{ kN/m'}$$

$$V'_{Ed,A} = 91.57 - 0.56 \cdot 30.52 = 74.48 \text{ kN}$$

Proračunska nosivost na poprečnu silu elementa bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Gdje je:

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c = 0.18/1.5 = 0.12$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{410}} = 1.698 \leq 2.0 \quad d(\text{mm})$$

Pretpostavka: $2\phi 20$ ($A_{s1} = 6.28 \text{ cm}^2$) prelazi preko ležaja:

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{6.28}{30 \cdot 41.0} = 0.0051 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = 0.0 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_1 = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.698^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.387$$

$$V'_{Ed,A} \geq V_{Rd,c} \quad - \text{potreban je proračun poprečne armature}$$

Proračunska otpornost presjeka na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.698 \cdot (100 \cdot 0.0051 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 300 \cdot 410 = 58550 \text{ N} = 58.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = (0.387 + 0.15 \cdot 0) \cdot 300 \cdot 410 = 47601 \text{ N} = 47.6 \text{ kN}$$

Najveća računaska poprečna sila koja se može preuzeti bez otkazivanja tlačnih štapova:

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\text{ctg}\Theta + \text{tg}\Theta}$$

$$\alpha_{cw} = 1$$

$$v_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) = 0.6 \cdot (1 - 25 / 250) = 0.54$$

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 41 = 36.9 \text{ cm}$$

$$\Theta = 39.8^\circ$$

$$V_{Rd,max} = 1 \cdot 300 \cdot 369 \cdot 0.54 \cdot 16.667 \cdot \frac{1}{1.2 + 0.833} = 490073 \text{ N} = 490.0 \text{ kN}$$

Provjera:

$$V'_{Ed} = 74.48 \text{ kN} > V_{Rd,c} = 58.6 \text{ kN} \quad - \text{potreban je proračun spona}$$

Pretpostavljamo: spona $\phi 8$, B500B, reznost $m=2 \Rightarrow$ Za $2\phi 8$

$$A_{sw} = A_{sw}^1 \cdot m = 0.5 \cdot 2 = 1.01 \text{ cm}^2$$

$$f_{yw,d} = \frac{f_{yk}}{1.15} = \frac{500}{1.15} = 434.78 \text{ N/mm}^2 = 43.478 \text{ kN/cm}^2 \quad - \text{računska čvrstoća armature za sponu.}$$

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot 41 = 36.9 \text{ cm} - \text{krak unutarnjih sila.}$$

Potreban razmak spona:

$$s_{w,A} = \frac{A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z \cdot \text{ctg}\Theta}{V'_{Ed}} = \frac{1.01 \cdot 43.478 \cdot 36.9 \cdot 1.2}{74.48} = 26.1 \text{ cm}$$

Najveća proračunska poprečna armatura:

$$A_{sw,max} = \frac{1}{2} \cdot b_w \cdot s_w \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ywd}} = \frac{1}{2} \cdot 30 \cdot 26 \cdot 1.0 \cdot 0.54 \cdot 1.667 / 43.478 = 8.07 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} = 1.01 \text{ cm}^2 < A_{sw,max} = 8.07 \text{ cm}^2 - \text{zadovoljava.}$$

Minimalna poprečna armatura (=maksimalni razmak odabranih spona):

Treba proračunati najveći razmak po oba kriterija i odabrati manji.

1. uvjet:

Prema EN 1992-1-1:

$$\rho_{w,min} = 0.08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.08 \frac{\sqrt{25}}{500} = 0.0008$$

Prema hrvatskom nacionalnom dodatku:

$$\rho_{w,min} = 0.15 \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} = 0.15 \frac{2.6}{434.78} = 0.0009 - \text{mjerodavno}$$

$$s_{w,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1.01}{0.0009 \cdot 30 \cdot 1.0} = 37.4 \text{ cm}$$

2. uvjet:

$$V_{Rd,max} = 490 \text{ kN} \quad 0.3V_{Rd,max} = 147 \text{ kN} \quad 0.6V_{Rd,max} = 294 \text{ kN}$$

$$1) \text{ ako je: } 0 < V'_{Ed} \leq 0.3V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.75 \cdot d \leq 30 \text{ cm}$$

$$2) \text{ ako je: } 0.3V_{Rd,max} < V'_{Ed} \leq 0.6V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.55 \cdot d \leq 30 \text{ cm}$$

$$3) \text{ ako je: } 0.6V_{Rd,max} < V'_{Ed} \leq V_{Rd,max} \Rightarrow s_{w,max} = 0.3 \cdot d \leq 20 \text{ cm}$$

$$\text{Slučaj 1) } 0 < 74.48 \leq 147 \Rightarrow s_{w,max} = 0.75 \cdot d = 0.75 \cdot 41.0 = 30.8 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

$$s_{w,max} = 30 \text{ cm}$$

Mjerodavni najveći razmak odabranih spona $\phi 8$, $m=2$: $s_{w,max}=30 \text{ cm}$ (iz 2. uvjeta)

Odabrani razmak s_w mora biti $\leq$ od $s_{w,max}$

ODABRANO: $\phi 8/26.0 \text{ cm}$, $m=2$

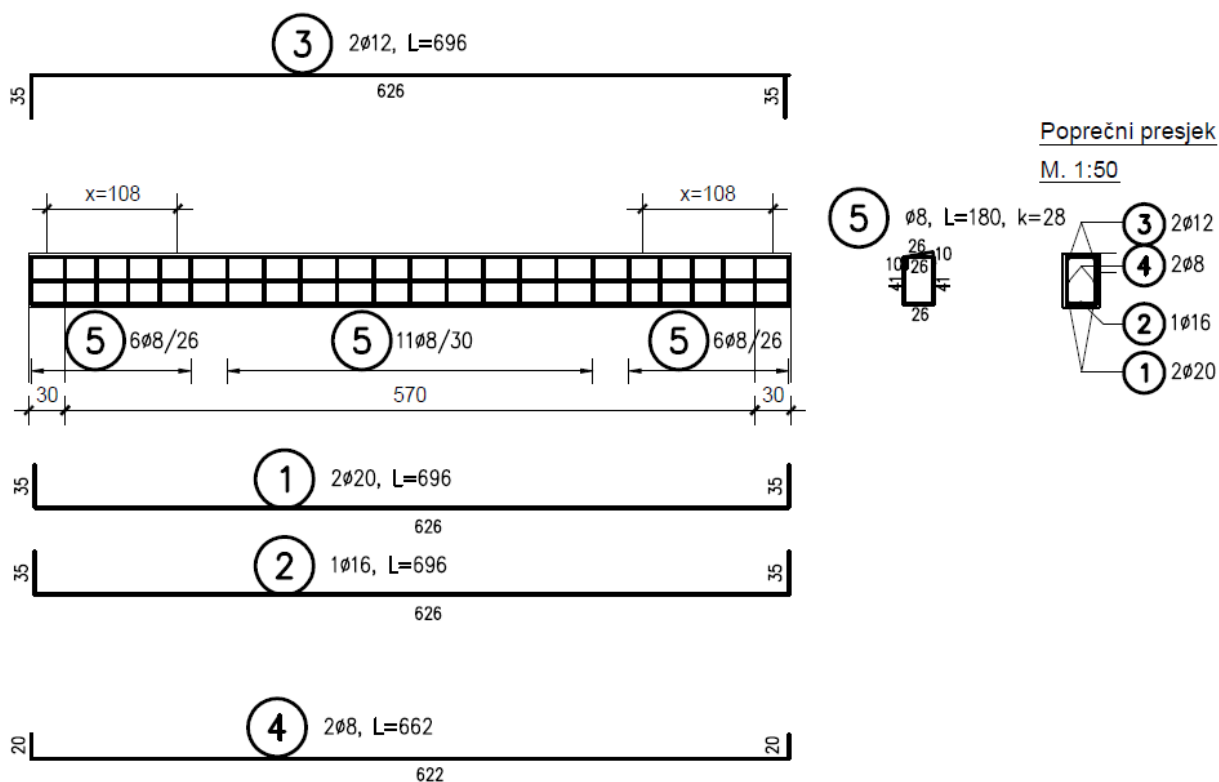
Duljina područja (x) na kojem je potreban proračun poprečne armature dobiva se iz uvjeta:

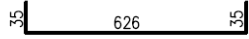
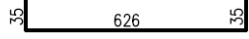
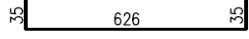
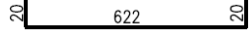
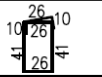
$$V_{Ed} - x \cdot q_{Ed} = V_{Rd,c}$$

$$x = \frac{V_{Ed} - V_{Rd,c}}{q_{Ed}} = \frac{91.57 - 58.6}{30.52} = 1.08 \text{ m}$$

Na udaljenosti $x=1.08 \text{ m}$ od osi ležaja A nalazi se poprečna sila $V_{Rd,c}$. Iza tog područja poprečna armatura odabire se prema kriterijima minimalne armature.

M. 1:50



ISKAZ ARMATURE GREDE 203									
B500B									
POZ	OBLIK	Ø (mm)	L (m)	KOM	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20
1		20	6.96	2					13.9
2		16	6.96	1				7.0	
3		12	6.96	2			13.9		
4		8	6.62	2	13.2				
5		8	1.80	23	41.4				
UKUPNO (m)					54.6	0	13.9	7.0	13.9
MASA (kg/m)					0.405	0.634	0.911	1.621	2.536
UKUPNO PO PROFILIMA (kg)					22.1	0	12.7	11.3	35.3
SVEUKUPNO (kg)					81.4				