Projekt nosive armiranobetonske konstrukcije poslovnog objekta

Mandić, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:018910

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Ante Mandić

Split, 2018

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Projekt nosive armiranobetonske konstrukcije poslovnog objekta

Završni rad

Ante Mandić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **STRUČNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Ante Mandić

BROJ INDEKSA: 1707

KATEDRA: **Katedra za betonske konstrukcije i mostove**

PREDMET: Betonske konstrukcije 2

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema: Projekt nosive armiranobetonske konstrukcije poslovnog objekta

Opis zadatka:

Zadana je shema nosive konstrukcije armiranobetonskog objekta poslovne namjene, sa svim potrebnim dimenzijama (prilog zadatku). Također su zadana djelovanja na konstrukciju. Potrebno je proračunati nosivu konstrukciju, te za neke elemente nacrtati planove oplate i armature. Statički proračun i armaturne planove izraditi sukladno propisima i pravilima struke.

U Splitu, 20. 9. 2018.

Voditelj Završnog rada:

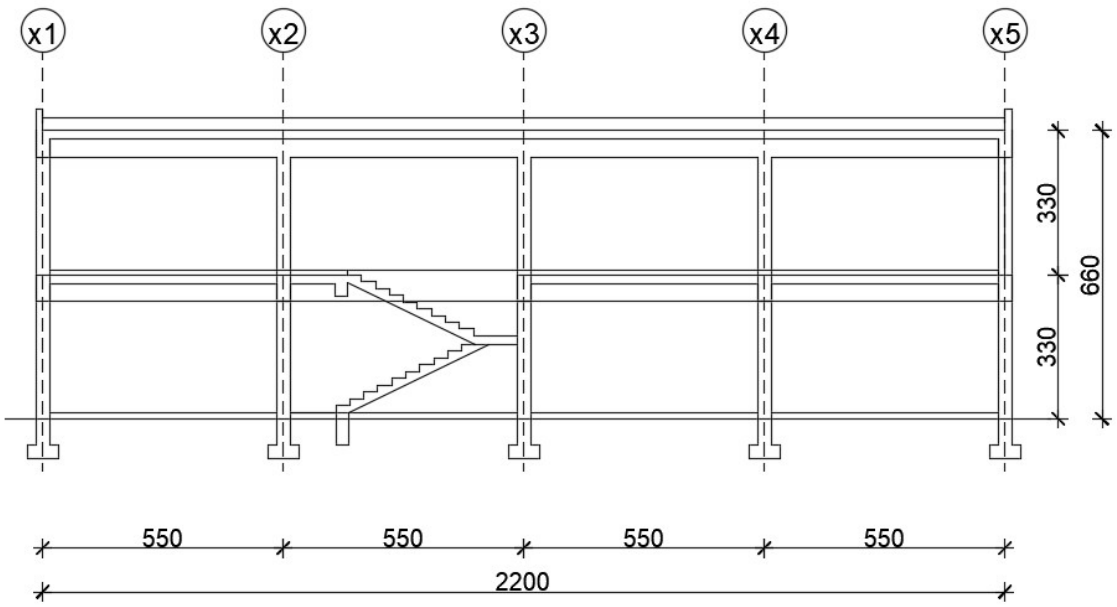
dr.sc. Nikola Grgić

PRILOG:

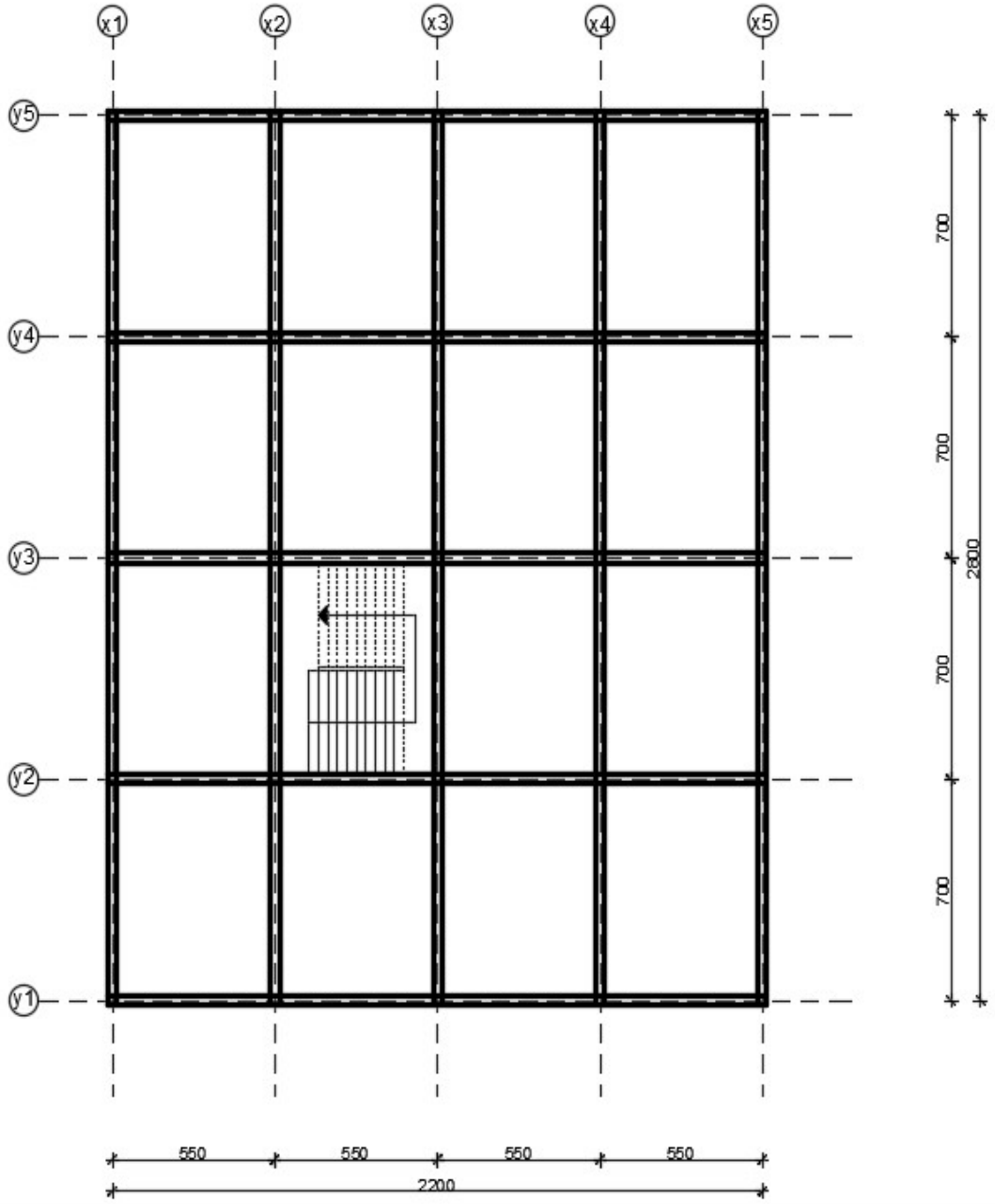
Na priloženim skicama dana je shema nosive armiranobetonske konstrukcije objekta. U tablici su zadane sve potrebne dimenzije i djelovanja na konstrukciju.

Oznaka	Veličina	Jedinica	Opis
L_1	5,5	(m)	„raster“ u uzdužnom smjeru
L_2	7,0	(m)	„raster “ u poprečnom smjeru
H	3,3	(m)	visina etaža
q	3,5	(kN/m^2)	uporabno opterećenje
$\sigma_{tla,dop}$	0,54	(MN/m^2)	dopušteno naprezanje u tlu
Z_v	I		zona vjetra
Z_p	8		Zona potresa
S	B 500 B		armatura
C	C 40/50		klasa betona

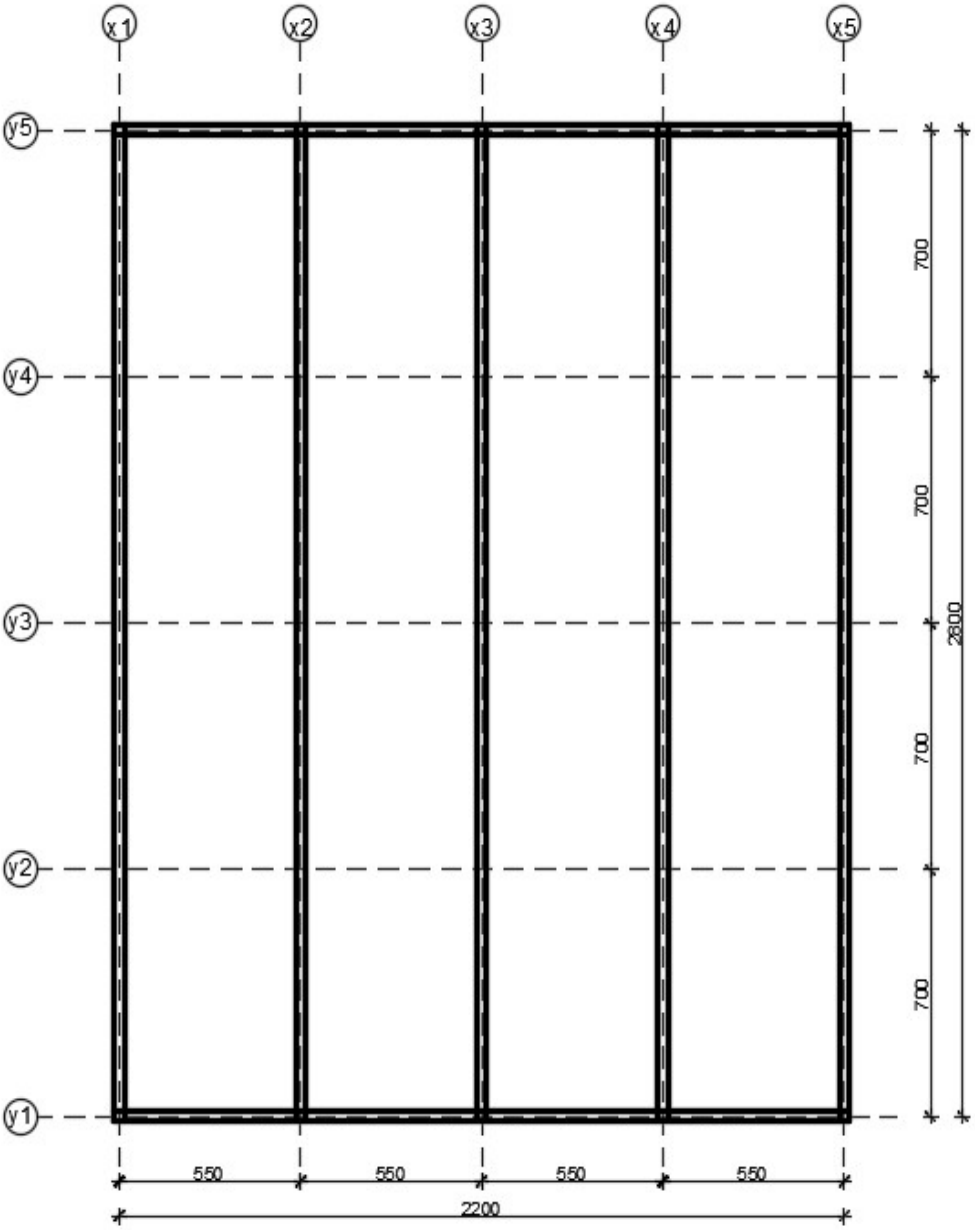
(1) Presjek



(2) Međuetaža


x1
x2
x3
x4
x5
y5
y4
y3
y2
y1
700
700
700
700
2800
550
550
550
550
2200

(3) Krovište


x1
x2
x3
x4
x5
y5
y4
y3
y2
y1
700
700
700
700
2800
550
550
550
550
2200

SAŽETAK:

Zadana je shema nosive konstrukcije armiranobetonskog objekta poslovne namjene sa svim potrebnim dimenzijama (prilog zadatku). Također su zadana djelovanja na konstrukciju,te za neke elemente nacrtati planove oplate i armature. Statički proračun i armaturne planove izraditi sukladno propisima i pravilima struke.

KLJUČNE RIJEČI:

Armiranobetonski objekt poslovne namjene, numerički model, statički proračun, plan armature

ABSTRACT:

The default scheme bearing structures reinforced concrete facility for business purposes, with all there quired dimensions (annextask). Also the default action on the structure, and for some elements draw plans and reinforcement. Structural analysis and reinforcement plans develop in accordance with the regulations and rules of the profession.

KEYWORDS:

Reinforced concrete building for business purposes, numerical model, static analysis, reinforcement plan

1. TEHNIČKI OPIS 1

2. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE NOSIVIH ELEMENATA 2

3. ANALIZA OPTEREĆENJA 4

3.1. POZICIJA 200 – KROV 4

3.1.1. Stalno opterećenje 4

3.1.2. Uporabno opterećenje 4

3.2. POZICIJA 100 – ETAŽA 6

3.2.1. Stalno opterećenje 6

3.2.2. Uporabno opterećenje 6

3.3. STUBIŠTE 8

3.3.1. Stalno opterećenje 8

3.3.2. Uporabno opterećenje 9

3.4. OPTEREĆENJE VJETROM 10

4. PRORAČUN PLOČE POZICIJE 200 15

4.1. MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 200 15

4.1.1. Vlastita težina 15

4.1.2. Dodatno stalno opterećenje 17

4.1.3. Uporabno opterećenje 19

4.1.4. Granično stanje nosivosti 21

4.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE POZICIJE 200 (KROV) 23

5. PRORAČUN PLOČE POZICIJE 100 26

5.1. MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 100 26

5.1.1. Vlastita težina 26

5.1.2. Dodatno stalno opterećenje 28

5.1.3. Uporabno opterećenje 30

5.1.4. Granično stanje nosivosti 32

5.2. DIMENZIONIRANJE PLOČE POZICIJE 100 34

6. PRORAČUN KONTINUIRANOG NOSAČA 37

6.1. MOMENTI SAVIJANJA I POPREČNE SILE GREDE 37

6.1.1. Vlastita težina 37

6.1.2. Dodatno stalno opterećenje 38

6.1.3. Uporabno opterećenje 39

6.1.4. Granično stanje nosivosti 40

6.2. DIMENZIONIRANJE GREDE NA MOMENT SAVIJANJA 41

6.3. DIMENZIONIRANJE GREDE NA POPREČNU SILU 50

6.4. KONTROLA PUKOTINA GREDE 60

6.5. KONTROLA PROGIBA GREDE 64

7. PRORAČUN STUBIŠTA 66

7.1. MJERODAVNE REZNE SILE 66

7.2. DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA 67

8. PRORAČUN STUPOVA 69

8.1. MOMENTI SAVIJANJA I UZDUŽNE SILE STUPOVA 69

8.2. DIMENZIONIRANJE STUPA 70

8.2.1. Određivanje dimenzija stupova 70

8.2.2. Dimenzioniranje pomoću dijagrama interakcije 71

8.2.3. Proračun poprečne armature stupa 71

9. PRORAČUN TEMELJA SAMCA ISPOD STUPA 72

9.1. DIMENZIONIRANJE TEMELJA 72

9.1.1. Preliminarno određivanje dimenzija temelja 72

9.2. NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TEMELJ – TLO 74

9.3. PRORAČUN ARMATURE TEMELJA 74

10. PRILOZI 76

10.1. ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- DONJA ZONA 76

10.2. ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- GORNJA ZONA 76

10.3. ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- DONJA ZONA 76

10.4. ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- GORNJA ZONA 76

10.5. ARMATURNI PLAN GREDE 76

10.6. ARMATURNI PLAN STUBIŠTA 76

11. LITERATURA 77

1. *TEHNIČKI OPIS*

Predmet ovog rada je projekt armiranobetonske nosive konstrukcije poslovnog objekta. Predmetna građevina sastoji se od prizemlja i kata. Završna ploča kata je ujedno i ravni krov građevine.

Visina građevine iznosi 6,60 m, a tlocrtna površina građevine iznosi 22,0 x 28,0 m.

Nosiva konstrukcija objekta je okvirna,a čine je stupovi i grede iznad koje su armiranobetonske ploče. Stupovi se oslanjaju na temelje samce. Rezne sile u pločama i gredama dobivene su pomoću programa *AspalathosLinear*,a korišten je ravninski model. Sve armiranobetonske ploče su debljine d=16.0cm. Poprečne grede su dimenzija b/h=30/60 cm,a uzdužne grede dimenzija b/h=30/60 cm. Rezne sile u stupovima za različite kombinacije opterećenja dobivene su pomoću programa *AspalathosLinear*,a korišten je prostorni model (okvir). Odabrane su dimenzije stupova 30/30 cm i temelji samci 173x173x60 cm. Za vertikalnu komunikaciju između katova predviđeno je armiranobetonsko stepenište debljine nosive ploče d=16.0 cm.

Izračunato stalno opterećenje za poziciju 200(krov) iznosi 7,05 kN/m^2,a uporabno opterećenje (prema propisima) iznosi 1,0 kN/m^2. Zadano je uporabno opterećenje za poziciju 100 (međukatne konstrukcije) i iznosi 3,5 kN/m^2, a stalno opterećenje je 7,17 kN/m^2. Građevina se nalazi u I. vjetrovnoj zoni s osnovnom brzinom vjetra vb0= 22 m/s.

Dozvoljeno naprezanje u tlu na dubini temeljenja iznosi σ_{dop} = 0.54(MN/m^2)

Za nosivu armiranobetonsku konstrukciju odabran je beton C 40/50 i čelik za armiranje B 500B.

Za sve armiranobetonske nosive elemente izvršen je proračun za granično stanje nosivosti,a za neke elemente izvršena je provjera graničnog stanja uporabljivosti. Na osnovi proračunskih vrijednosti momenata i dobivenih površina armature, odabrana je armatura (mreže i šipki) te su napravljeni armaturni planovi za neke elemente konstrukcije. Svi nacrti i prikazi krojenja armaturnih mreža ploče, grede i stupova nacrtani su pomoću programa AutoCAD priloženi su u radu.

Statički sustav i armaturni planovi izrađeni su sukladno propisima i pravilima struke.

2. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE NOSIVIHELEMENATA

PRESJEK 1

-Visina ploče:

$D_{pl} = \frac{Lx}{35} = \frac{550}{35} = 15{,}71$

-odabrano : d_{pl} = 16 cm

Visina grede:

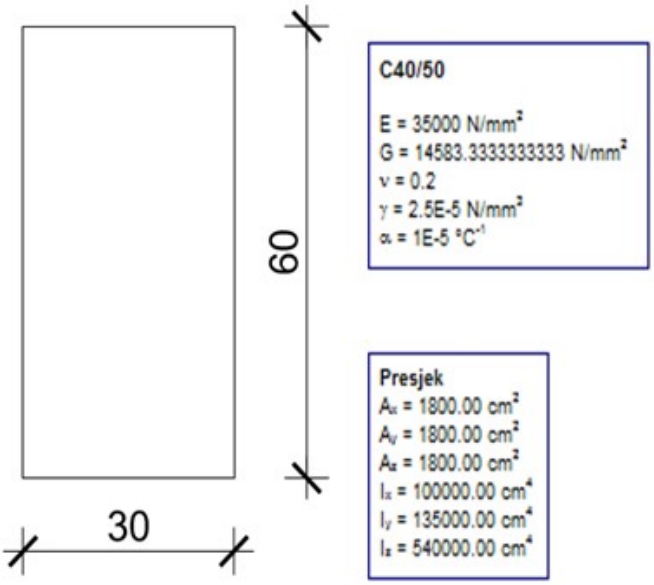
$\frac{Lo}{12} = \frac{700}{12} = 58{,}33$

-odabrano: h_G = 60 cm

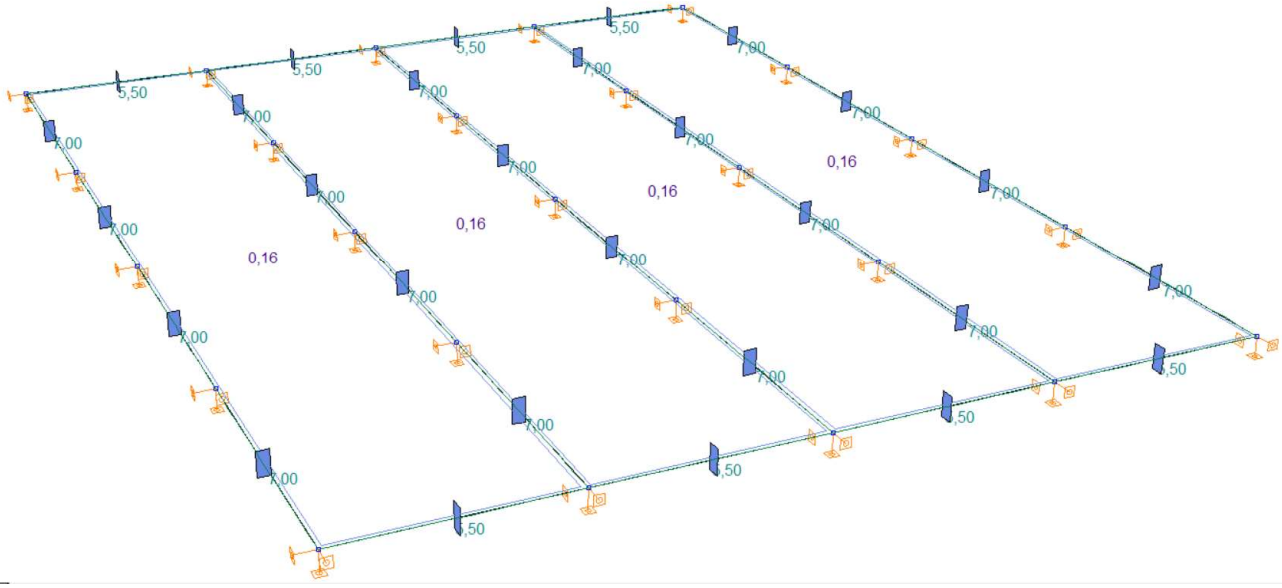
-Širina grede:

$\frac{hG}{2} = \frac{60}{2} = 30$

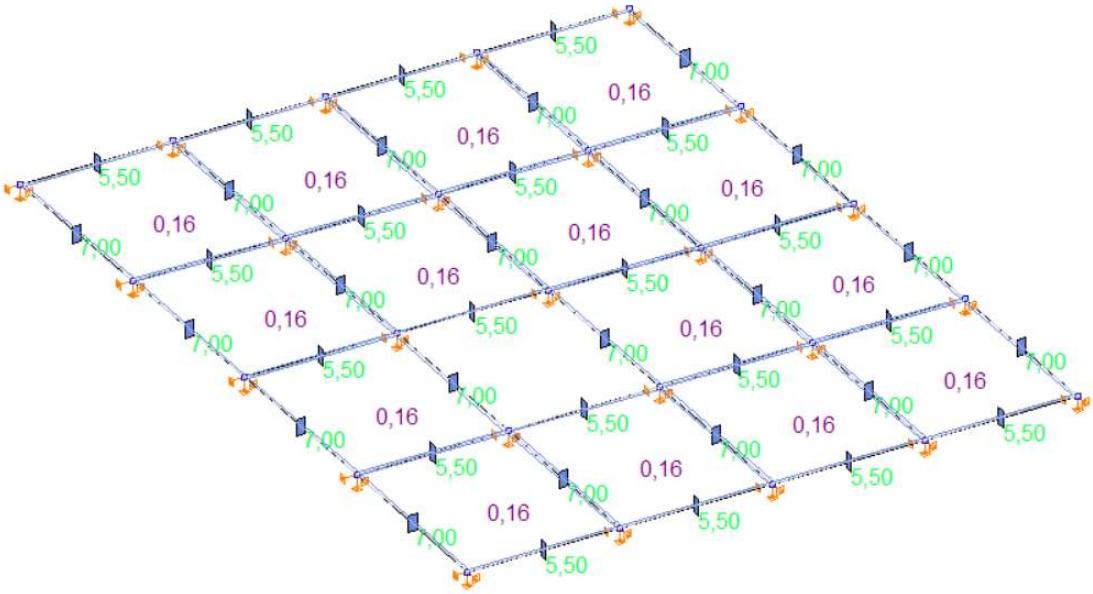
-odabrano: b_G = 30 cm



- Za sve nosive elemente u x i y smjeru na pozicijama 100 i 200 odabran je isti presjek grede, dimenzija 60x30 cm.



Slika 2.2. Prikaz dimenzija greda i pločapoz. 200

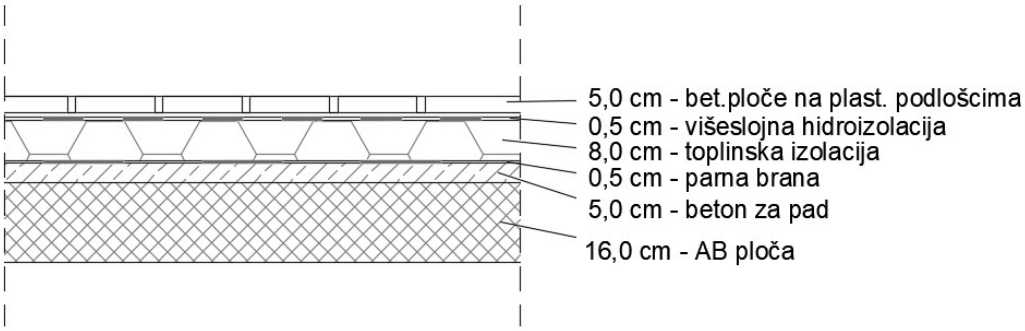


Slika 2.3. Prikaz dimenzija greda i ploča poz. 100

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

3.1. POZICIJA 200 – KROV

3.1.1. Stalno opterećenje



Slika 3.1. Presjek ploče poz. 200

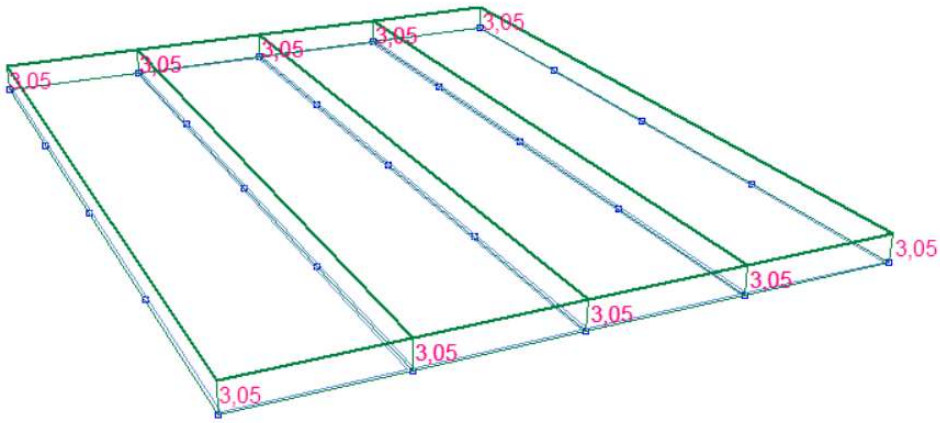
Tablica 3.1.Stalno opterećenje poz.200

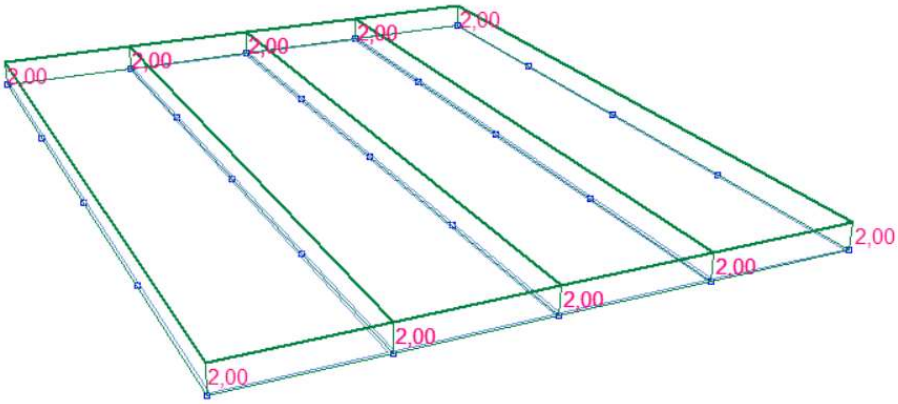
	d (m)	γ (kN/m^3)	d·γ (kN/m^2)
Betonske ploče na plastičnim podloščima	0.05	25.0	1.25
Hidroizolacija + parna brana	0.01	20.0	0.20
Toplinska izolacija	0.08	5.0	0.40
Beton za pad	0.05	24.0	1.20
AB ploča	0.16	25.0	4.00

Ukupno stalno opterećenje: g_{200} = 7,05 (kN/m^2)

3.1.2. Uporabno opterećenje

Za uporabno opterećenje uzima se opterećenje snijegom i vjetrom. Opterećenje snijegom za ravnekrovove, u područjima gdje je snijeg rijedak (prema pravilniku) iznosi 0.50 kN/m^2, pa se za uporabno opterećenje neprohodnih ravnih krovova može uzeti zamjenjujuća vrijednost: q_{200}= s + w ≈ 2,0 kN/m^2

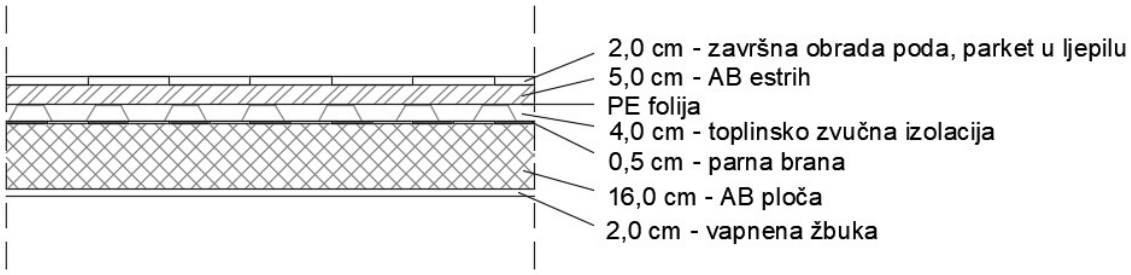




Slika 3.2. Prikaz dodatnog stalnog opterećenja G_0 i uporabnog opterećenja Q

3.2.POZICIJA 100 – ETAŽE

3.2.1. Stalno opterećenje



Slika 3.3. Presjek ploče poz. 100

Tablica 3.2. Stalno opterećenje poz. 100

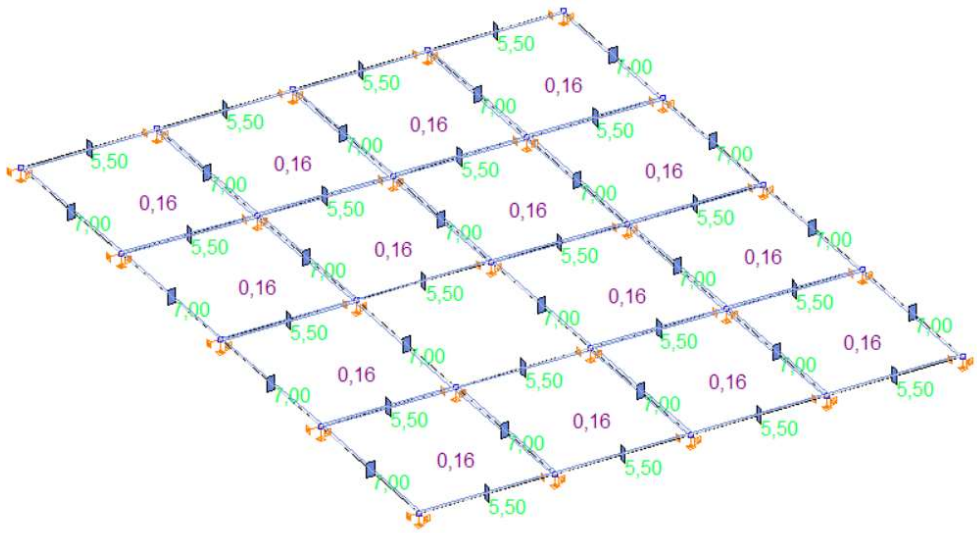
	d (m)	γ (kN/m^3)	d·γ (kN/m^2)
Pregrade			1.00
Završna obrada poda-parket	0.02	12.0	0.24
AB estrih	0.05	25.0	1.25
Toplinska izolacija	0.04	5.0	0.20
Hidroizolacija	0.005	20.0	0.10
AB. Ploča	0.16	25.0	4.00
Pogled (vapnena žbuka)	0,02	19,00	0,38

Ukupno stalno opterećenje g_{100}= 7,17 (kN/m^2)

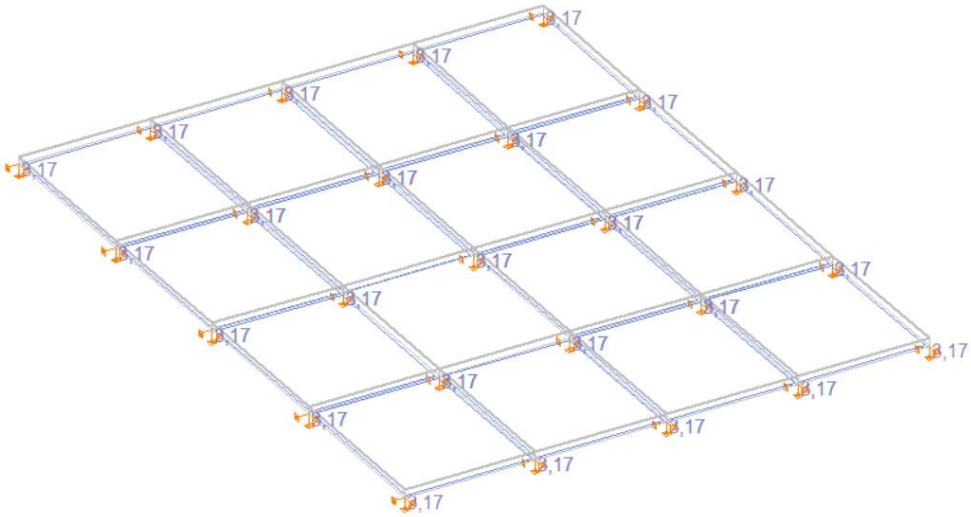
3.2.2. Uporabno opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku: HRN EN 1991-2-1.

U našem slučaju, zadano je zadatkomq_{100}=3.5 kN/m^2



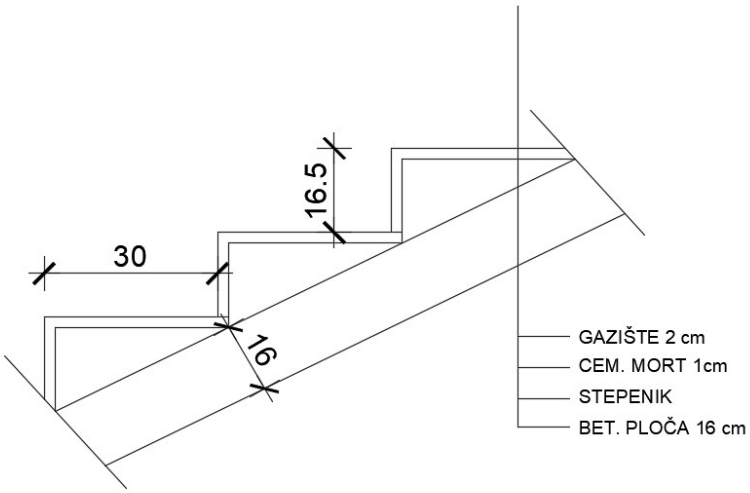
Slika 3.4. Geometrija etaže 100



Slika 3.5 Prikaz dodatnog stalnog opterećenja G_0

3.3. STUBIŠTE

3.3.1 Stalno opterećenje



Slika 3.12. Presjek stubišta

- Broj stuba (za jedan stubišni krak):

ns = H/2·v = 3,30/2·0,165 = 10 stuba

- Širina stube:

2·vs + šs = 63 ⇒šs = 63-2·16,5 = 30 cm

- Duljina kraka:

Lk = ns·šs = 10 ·30 = 300 cm

- Kut α:

tgα = 0,5·H/Lk = 1,65 /3,0 = 0,55 ⇒

α = 28,8°

- Odabrana duljina podesta:

Lp ≥ 1,20 m Lp=(L-Lk)/2=(5,5-3,0)/2=2,0m

$$h' = \frac{h}{\cos\alpha} = \frac{16}{\cos 28{,}8}\ 18{,}26\text{cm}$$

Tablica 3.3. Stalno opterećenje stubišta

	d (m)	γ (kN/m^3)	d·γ (kN/m^2)
Završna obrada gazišta – kamena ploča	0.02	28.0	0.56
Cementni namaz (max. 1,0 cm)	0.01	20.0	0.20
Stuba	0.075	24.0	1.80
AB ploča (h'=18,26 cm)	0.1826	25.0	4,57

Ukupno stalno opterećenje : g_{st} = 7,13 (kN/m^2)

3.3.2 Uporabno opterećenje

Uporabno opterećenje se uzima prema pravilniku: HRN EN 1991-2-1.

U našem slučaju, uzet ćemo ga jednako kao na pločama:

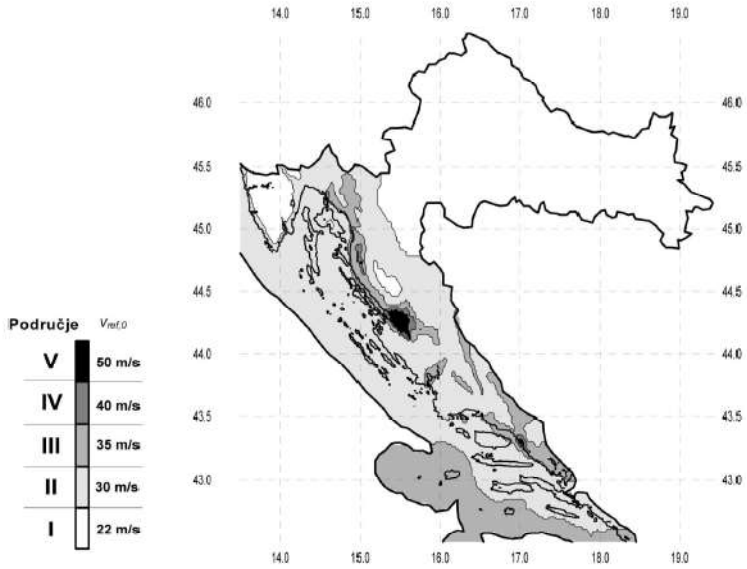
q_{st}= 3,5 (kN/m^2)

3.4 OPTEREĆENJE VJETROM

Dimenzije zgrade su: L_1=5,5 m,L_2=7,0 m,H =3.3 m.

Objekt se nalazi u I. vjetrovnoj zoni, na visini od 150 m.n.m

Osnovna brzina vjetra: $\mathrm{v_{b,0}} = 22\ \mathrm{m/s}$ (za I. Zonu)



Slika 3.13. Zemljovid područja opterećenja vjetrom

Referentna brzina vjetra: $v_b = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{b,0}$

$\mathrm{c_{DIR}}$ - koeficijent smjera vjetra → $\mathrm{c_{DIR}} = 1.0$

$\mathrm{c_{TEM}}$ - koeficijent ovisan o godišnjem dobu → $\mathrm{c_{TEM}} = 1.0$

$\mathrm{c_{ALT}}$ - koeficijent nadmorske visine → $\mathrm{c_{ALT}} = 1 + 0{,}0001 \cdot \mathrm{a_s}$

$c_{ALT} = 1 + 0{,}0001 \cdot 150 = 1{,}015$

$v_b = 1{,}00 \cdot 1{,}00 \cdot 1{,}015 \cdot 22 = 22{,}33\ m/s$

Zgrada ima veću širinu od visine,a za mjerodavnu visinu uzimamo ukupnu visinu. Pretpostavimo da je na vrhu izgrađen AB parapet visine 0,5 m, mjerodavna visina tada iznosi:

$$z_e = 2 \cdot 3{,}3 + 0{,}5 = 7{,}1\ m$$

Mjerodavna visina je veća od minimalne (2,00 m), pa je koeficijent hrapavosti:

$$c_{r(z)} = k_r \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)$$

Koeficijent terena k_r određuje se iz odgovarajuće tablice ovisno o kategoriji zemljišta.

Odabiremo III. kategoriju zemljišta.

Tablica 3.4. Kategorije terena i pripadni parametri

Kategorija terena	Opis	K_r	z_0 [m]	Z_{min} [m]
0	More ili područje uz more otvoreno prema moru	0.156	0.003	1
I	Uzburkano otvoreno more ili jezero, s najmanje 5 km dužine navjetrine i gladak ravan teren bez prepreka	0.170	0.01	1
II	Poljoprivredno zemljište s ogradama, povremenim malim poljoprivrednim objektima, kućama ili drvećem	0.190	0.05	2
III	Predgrađa ili industrijske zone i stalne šume	0.215	0.30	5
IV	Urbane zone u kojima je najmanje 15% površine pokriveno zgradama čija je srednja visina veća od 15 m	0.234	1.00	10

$$k_r = 0{,}215 \rightarrow c_{r(z)} = 0{,}215 \cdot \ln\left(\frac{7{,}1}{0{,}30}\right) = 0{,}68$$

Srednja brzina vjetra tako iznosi:V_m(z)=C_r(z)· C_0(z)· V_b

C_0 - koeficijent topografije (uglavnom se uzima 1.0)

$$v_m = 0{,}68 \cdot 1{,}0 \cdot 22{,}33 = 15{,}18 m/s$$

Turbulencija:

$$I_v(z) = \frac{1}{c_0(z) \cdot \ln\left({}^{z_e}/_{z_0}\right)} = \frac{1}{1{,}0 \cdot \ln\left({}^{7{,}1}/_{0{,}30}\right)} = 0{,}316$$

Maksimalni tlak pri vršnoj brzini$q_p(z_e)$:

$$\rho_{zr} = 1{,}25\ kg/m^3$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{\rho_{zr}}{2} \cdot {v_m}^2(z) = c_e(z) \cdot v_b(z)$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0{,}316] \cdot \frac{1{,}25}{2} \cdot 15{,}18^2 = 462{,}59 \frac{N}{m^2} = 0{,}46\ \frac{kN}{m^2}$$

ZID-E

ZID-D ↑ W_Y- SMJER DJELOVANJA VJETRA

Djelovanje na zgradu:

$$w_{e,D} = 0{,}8 \cdot q_p(z) = 0{,}8 \cdot 0{,}46 = 0{,}38\,\frac{kN}{m^2}$$

$$w_{e,E} = 0{,}5 \cdot q_p(z) = 0{,}5 \cdot 0{,}46 = 0{,}23\,\frac{kN}{m^2}$$

$$w_{i,D} = 0{,}6 \cdot q_p(z) = 0{,}6 \cdot 0{,}46 = 0{,}28\,\frac{kN}{m^2}$$

$$w_{i,E} = 0{,}375 \cdot q_p(z) = 0{,}375 \cdot 0{,}46 = 0{,}17\,\frac{kN}{m^2}$$

Ukupni tlak vjetra (W_{UK}) u $[kN/m^2]$

↑↑↑↑↑ $+C_{pe,E} = -0{,}5$ ZID-E

↓↓↓↓↓ $-C_{pi} = -0{,}75 \cdot 0{,}5 = -0{,}375$

(-)

↑↑↑↑↑ $-C_{pi} = -0{,}75 \cdot 0{,}8 = -0{,}6$

↑↑↑↑↑ $+C_{pe,D} = 0{,}8$ ZID-D

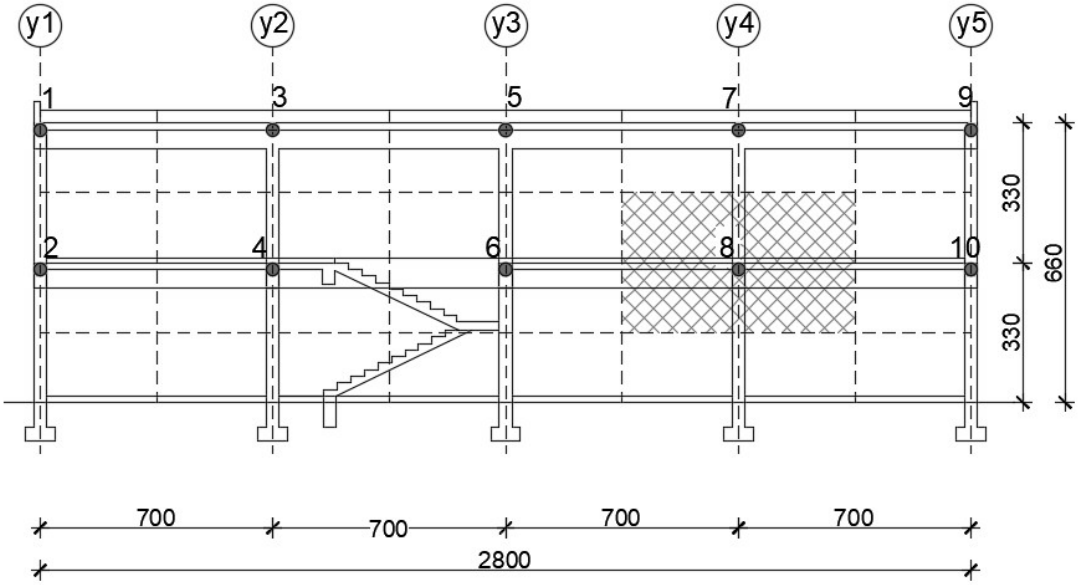
-Koeficijenti tlakova se zbrajaju vektorski

$W_{uk} = q_p(zi) * C_{p(e+i)}$

$C_{p(e+i)} = (0{,}8+0{,}5)+(0{,}6-0{,}375) = 1{,}3+0{,}225 = 1{,}525$

$W_{uk} = 0{,}46*1{,}525 = 0{,}70$ (kN/m^2)

Silu vjetra zadajemo u čvorovima modela. Određivanje sila u čvorovima modela vršimo prema utjecajnim površinama djelovanja vjetra.



Slika 3.14.Utjecajne površine djelovanja vjetra

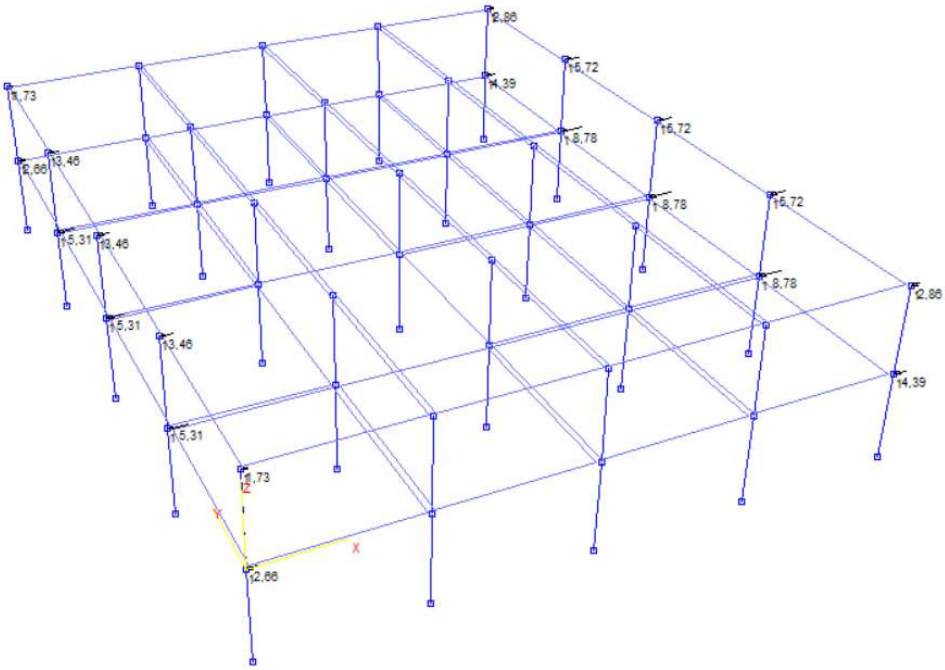
- **<u>X smjer</u>**

Tablica 3.5. Prednja strana

Čvor	Utjecajna površina		Tlak vjetra(kN/m²)		Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m²)		
1	3.50	2.15	7.53	0.38	2.86
2	3.50	3.30	11.55	0.38	4.39
3	7.00	2.15	15.05	0.38	5.72
4	7.00	3.30	23.10	0.38	8.78
5	7.00	2.15	15.05	0.38	5.72
6	7.00	3.30	23.10	0.38	8.78
7	7.00	2.15	15.05	0.38	5.72
8	7.00	3.30	23.10	0.38	8.78
9	3.50	2.15	7.53	0.38	2.86
10	3.50	3.30	11.55	0.38	4.39

Tablica 3.7. Stražnja strana

Čvor	Utjecajna površina		Tlak vjetra(kN/m²)		Sila u čvoru(kN)
	Širina(m)	Visina(m)	Površina(m²)		
1	3.50	2.15	7.53	0.23	1.73
2	3.50	3.30	11.55	0.23	2.66
3	7.00	2.15	15.05	0.23	3.46
4	7.00	3.30	23.10	0.23	5.31
5	7.00	2.15	15.05	0.23	3.46
6	7.00	3.30	23.10	0.23	5.31
7	7.00	2.15	15.05	0.23	3.46
8	7.00	3.30	23.10	0.23	5.31
9	3.50	2.15	7.53	0.23	1.73
10	3.50	3.30	11.55	0.23	2.66



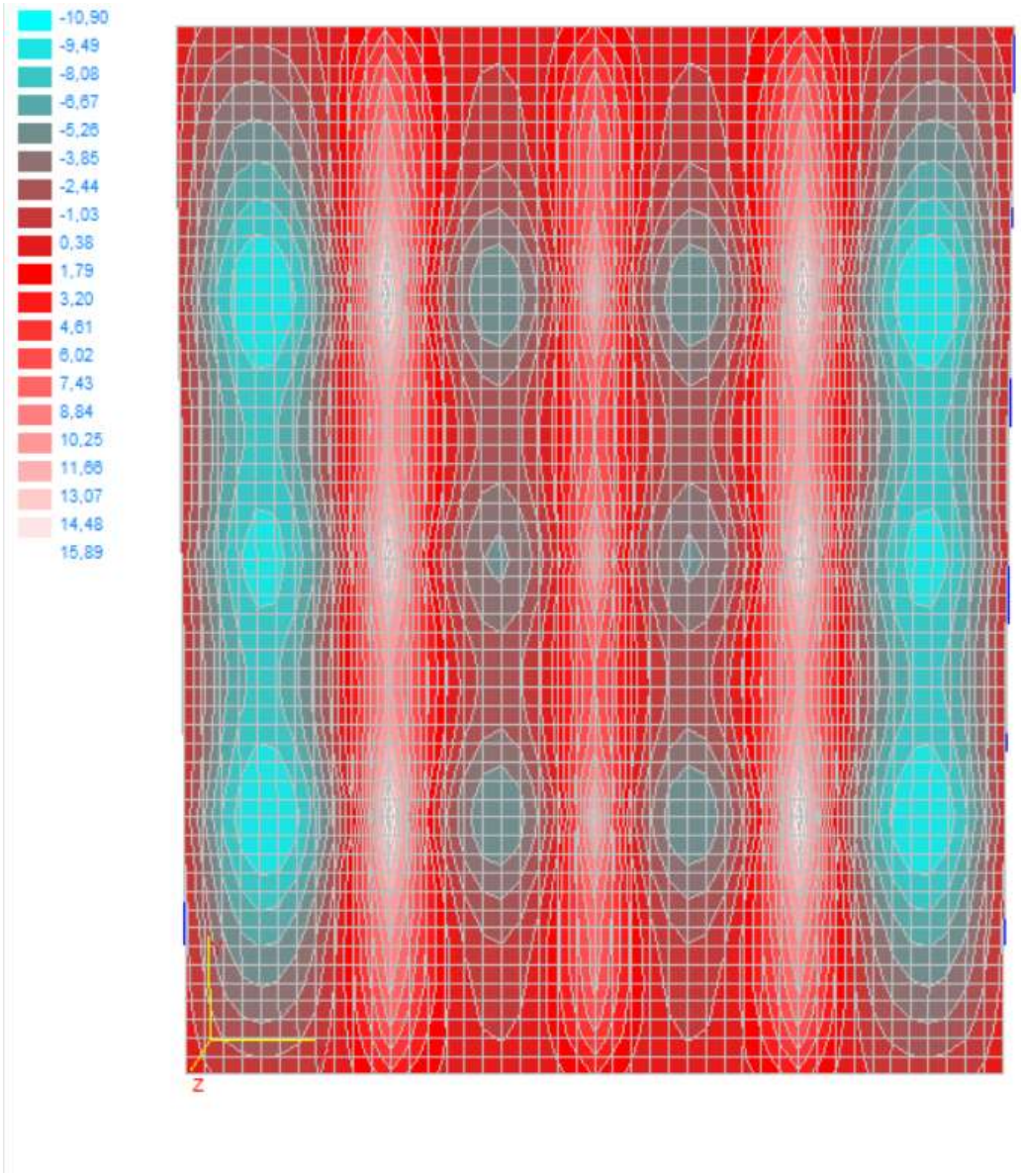
Slika 3.16.Djelovanje vjetra u X smjeru (sile u kN)

4. PRORAČUN PLOČA POZICIJE 200

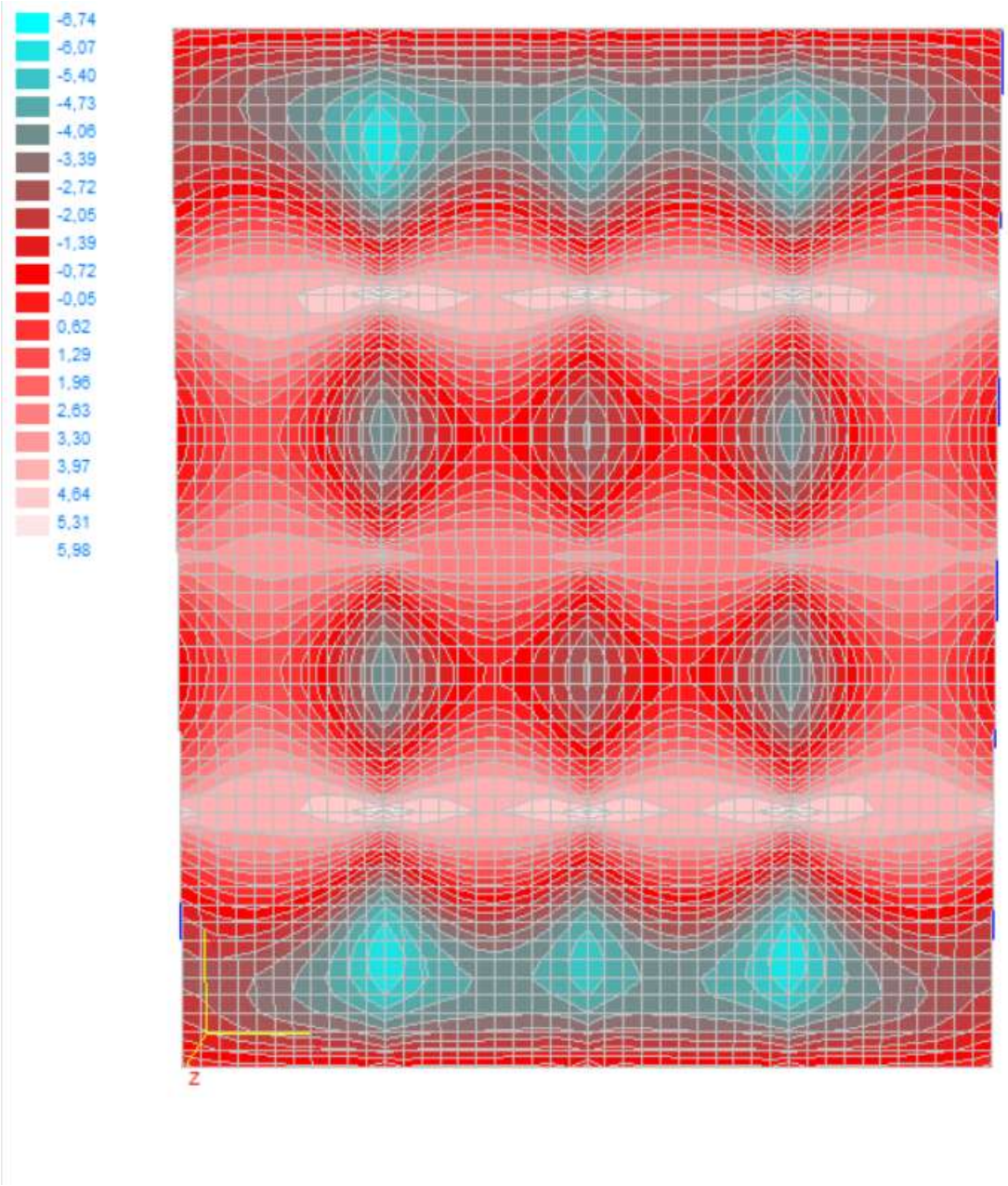
- Proračun reznih sila vršio se kompjuterskim programom *AspalathosLinear*. Prikaz rezultata dan je odvojeno za ploče i grede.

4.1.MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 200

4.1.1. Vlastita težina

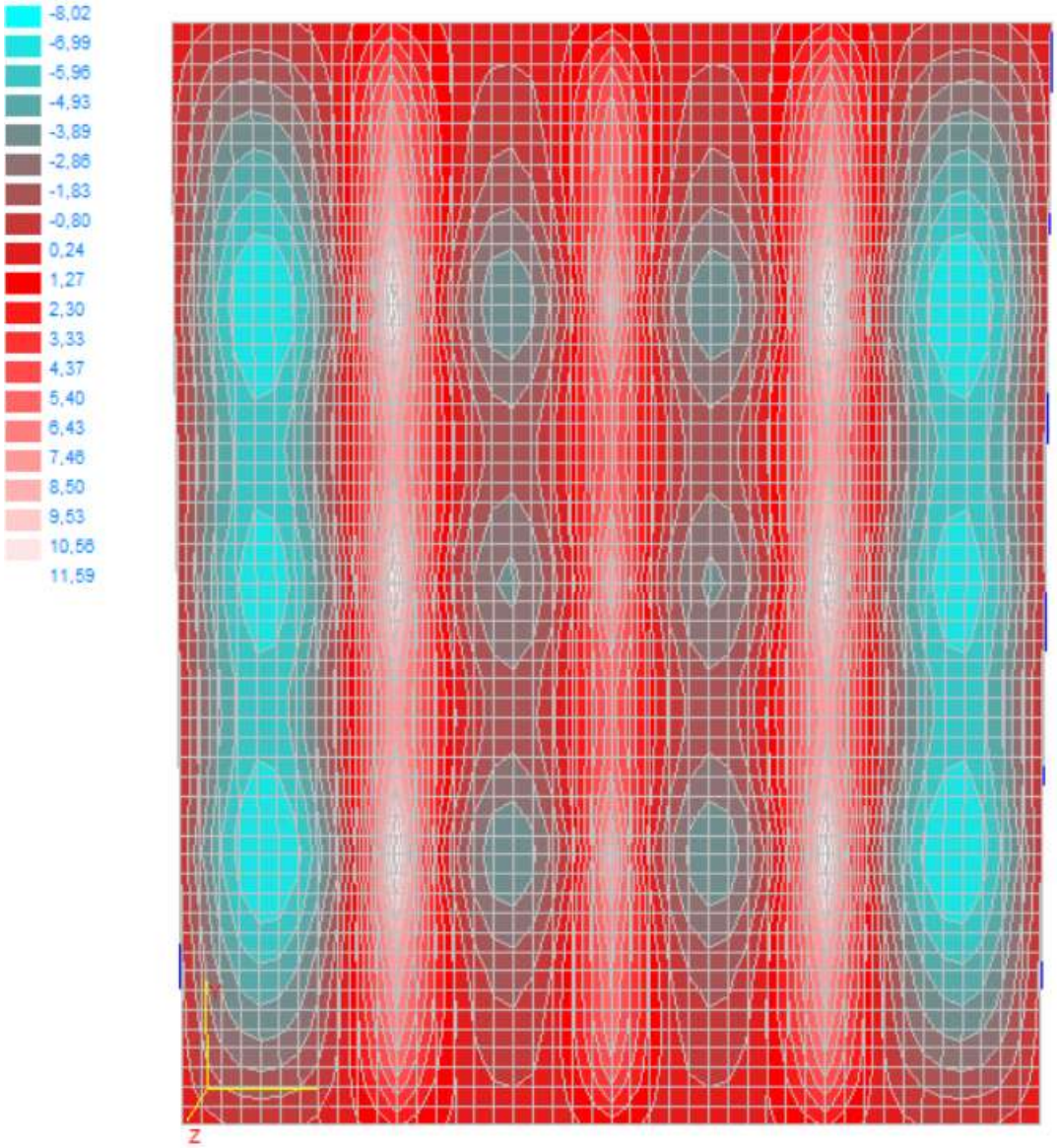


Slika 4.1. Momenti Mx (kNm)

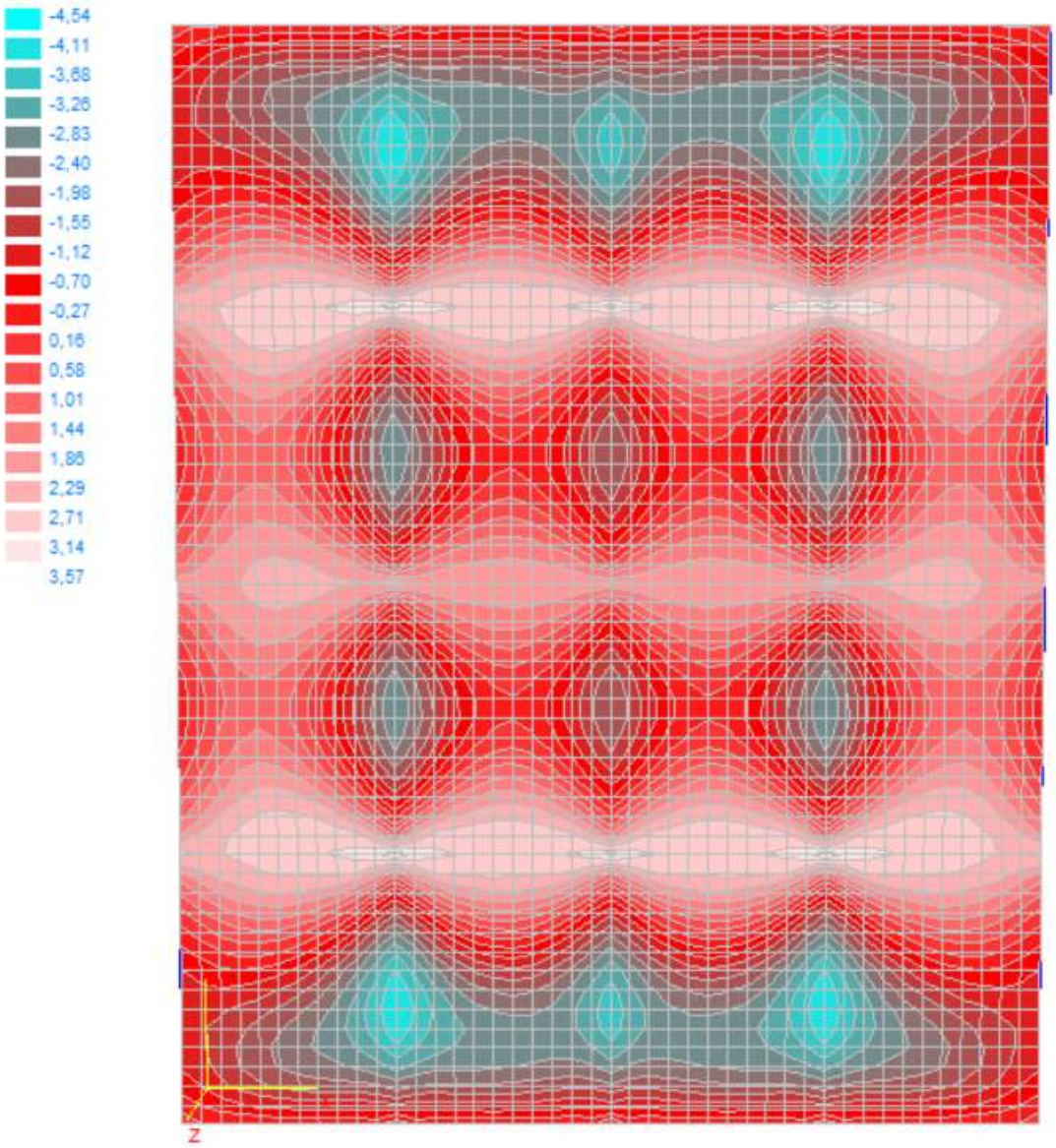


Slika 4.2. Momenti My (kNm)

4.1.2. Dodatno stalno opterećenje

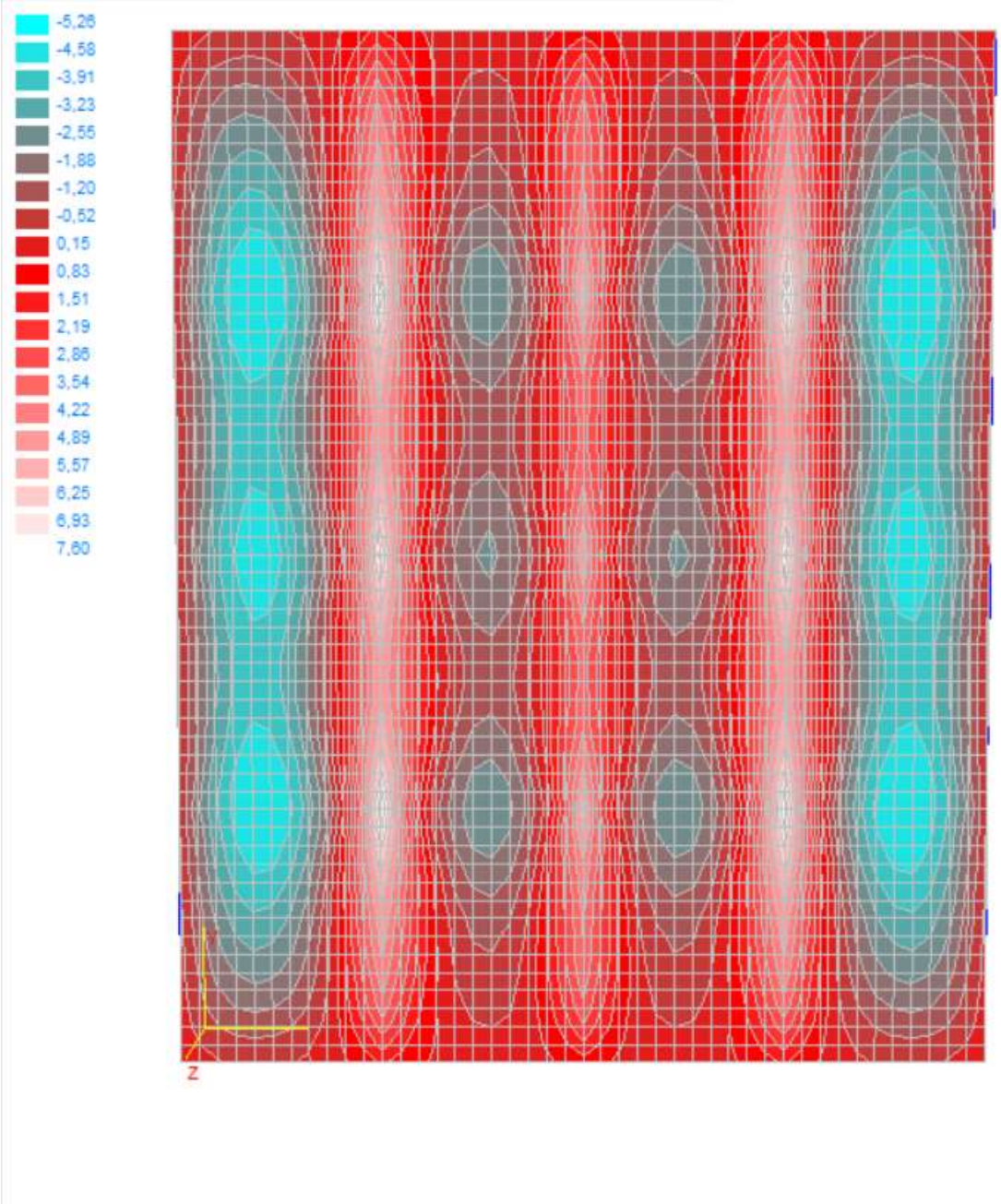


Slika 4.3. Momenti Mx (kNm)

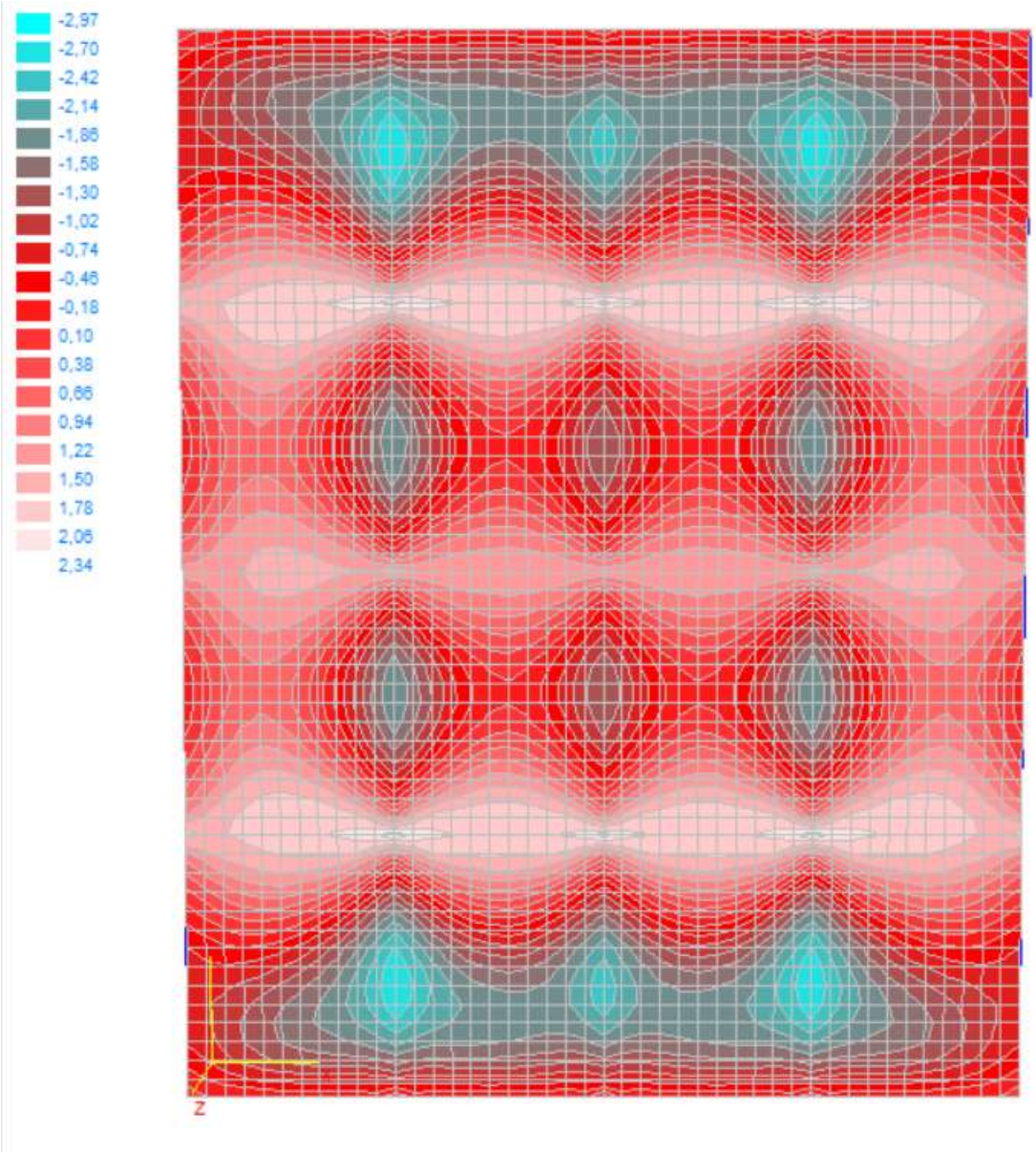


Slika 4.4. Momenti My(kNm)

4.1.3. Uporabnoopterećenje



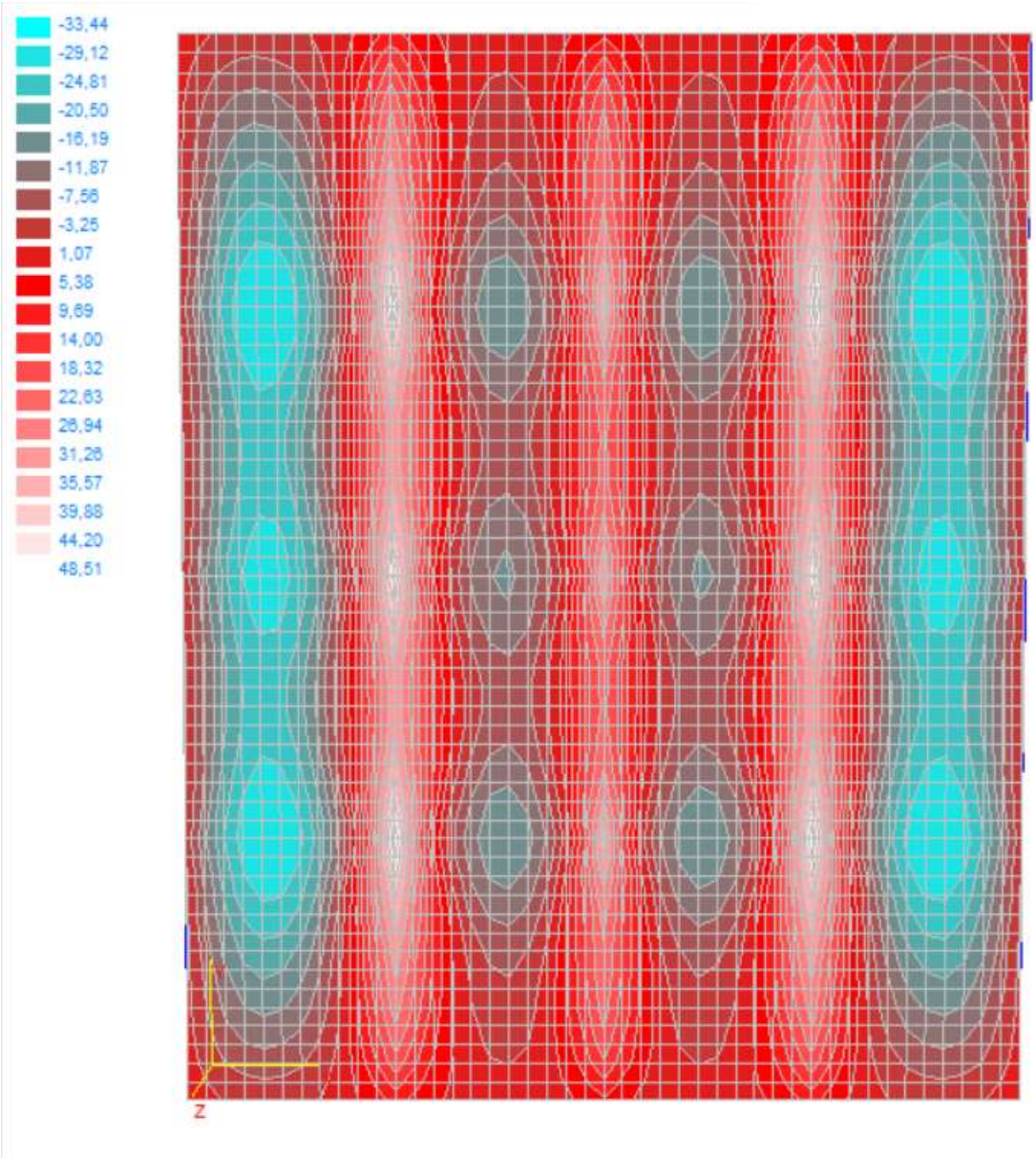
Slika 4.5. Momenti Mx (kNm)



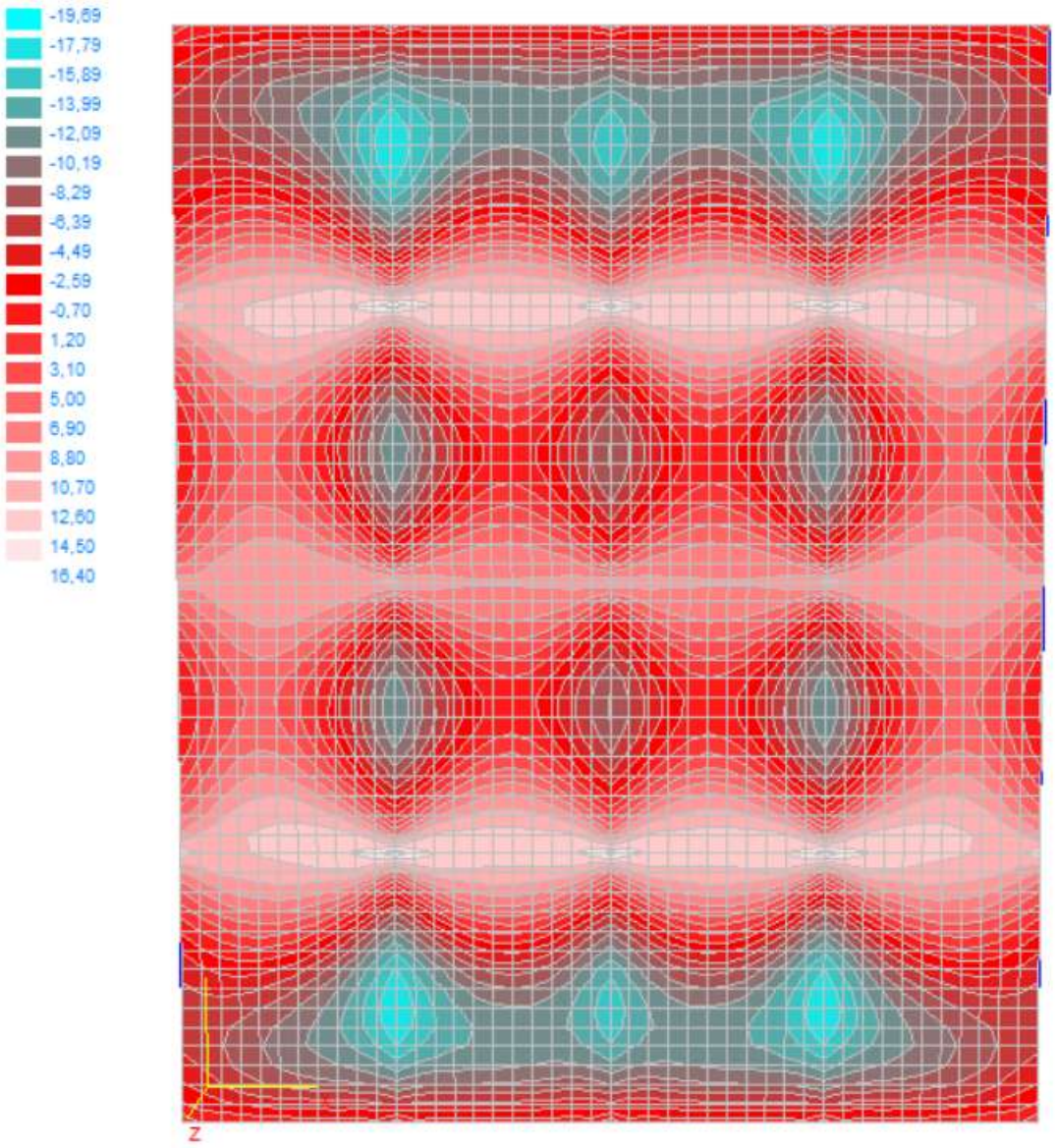
Slika 4.6. Momenti My (kNm)

4.1.4. Granično stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija: $M_{ed}=1,35*(M_g+M_{\Delta g})+1,5*M_q$



Slika 4.7. Momenti Mx (kNm)



Slika 4.8. Momenti My (kNm)

4.2.DIMENZIONIRANJE PLOČA POZICIJE 200

BETON:C 40/50;

$f_{ck} = 40{,}0$ MPa =40 N/mm^2 ; γ_c =1.5

$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40{,}0/1{,}5 = 26{,}67$ MPa = 26.67 N/mm^2 =2,67 kN/cm^2

ARMATURA:B 500 B;

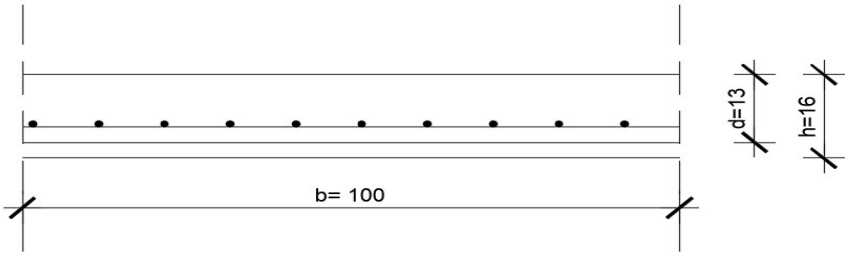
$f_{yk} = 500{,}0$ MPa = 500 N/mm^2 ; γ_s=1,15

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500{,}0/1{,}15 = 434{,}78$ MPa =434.78 N/mm^2=43.48 kN/cm^2

DEBLJINA PLOČE: h=16 cm

ZAŠTITNI SLOJ: c=3 cm

STATIČKA VISINA PLOČE:



Slika 4.9. Poprečni presjek ploče

$d = h - d_1$

$d_1 = 3 + \frac{\emptyset}{2} = 3{,}0 + 0{,}5 = 3{,}5$ cm

c → zaštitni sloj

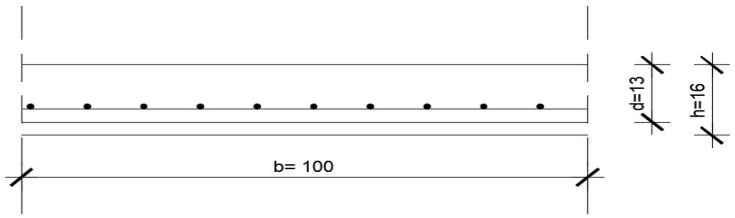
STATIČKA VISINA PLOČE:

d = 16- 3,5 = 12.5cm

Za sve presjeke odabrana je statička visina ploče d=16 cm. Izvršen je proračun armature za kombinaciju :

1.35 × vl.težina + 1.35 × dodatno stalno + 1.5 ×uporabno

<u>Ploča – Polje</u>



M_{ed}= 33,44 kNm/m

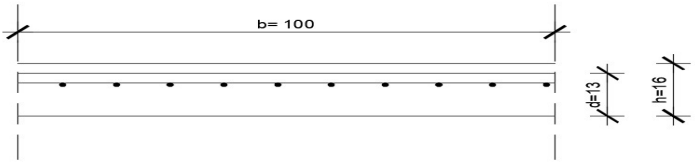
$$\mu_{sd} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \cdot d^2 . f_{cd}} = \frac{3344}{100 * 12{,}5^2 * 2{,}67} = 0{,}08$$

Očitano: : ε_{s1} = 10,0 ‰ ε_{c2} = 1,9 ‰ ζ = 0,941 ξ = 0,160

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{3344}{0{,}941 * 12{,}5 * 43{,}48} = 6{,}54 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ODABRANO: **Q-785**(As =7,85 cm^2/m

Ploča-Ležaj



M_{ed}= 44,20 kNm/m

$$\mu_{sd} = \frac{M_{ed}}{b_{eff} \cdot d^2 . f_{cd}} = \frac{4420}{100 \cdot 12{,}5^2 \cdot 2{,}67} = 0{,}106$$

Očitano: : ε_{s1} = 10,0 ‰ ε_{c2} = 2,4‰ ζ = 0,925 ξ = 0,194

$$A_{s1} = \frac{M_{ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{4420}{0{,}925 \cdot 12{,}5 \cdot 43{,}48} = 8{,}79 \text{ cm}^2/\text{m}$$

ODABRANO: **R-785** (As = 7,85 cm^2 /m) + preklop povećan na 40 cm

$$A'_{s1} = A_{s1} \cdot \frac{š_m + p_m}{š_m} = 7{,}85 \cdot \frac{215 + 40}{215} = 9{,}31 \text{ cm}^2/m$$

Minimalna armatura:

As1,min ≥ 0,26 · [fct,m / fyk]· bt · d ≥ 0,0013 ·bt · d

bt – širina vlačne zone

d – statička visina presjeka

fyk – karakt. granica popuštanja čelika u N/mm2

[fyk = 500 N/mm2 za čelik B 500B]

fct,m - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

[fctm = 356 N/mm2 za C 40/50]

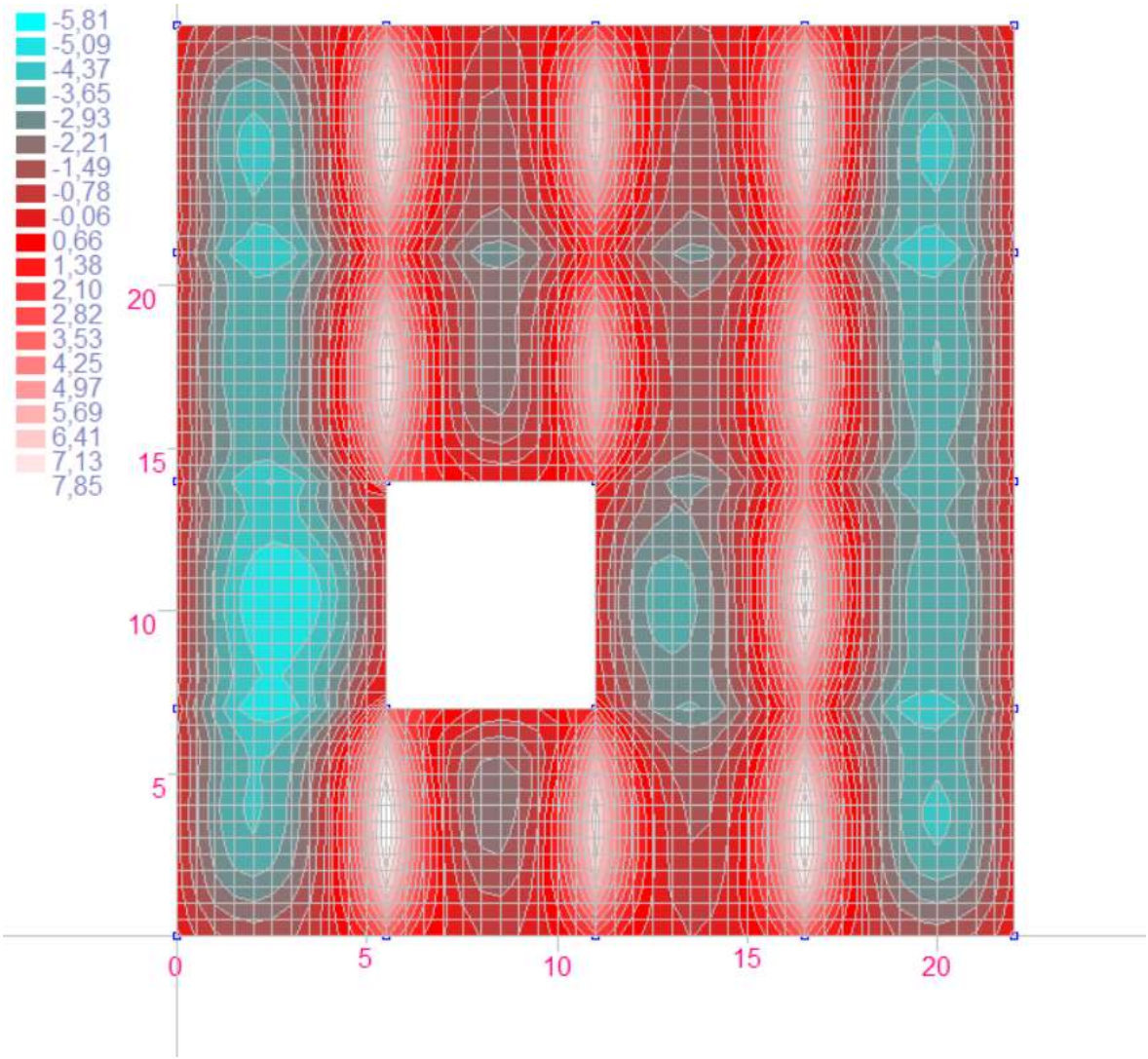
As1,min ≥ 0,26 ·3.5/ 500 ·100 ·12,5 = 2.275 cm2 /m

As1,min ≥ 0,0013 ·bt · d = 0,0013 ·100 ·12,5 = 1,625 cm2 /m

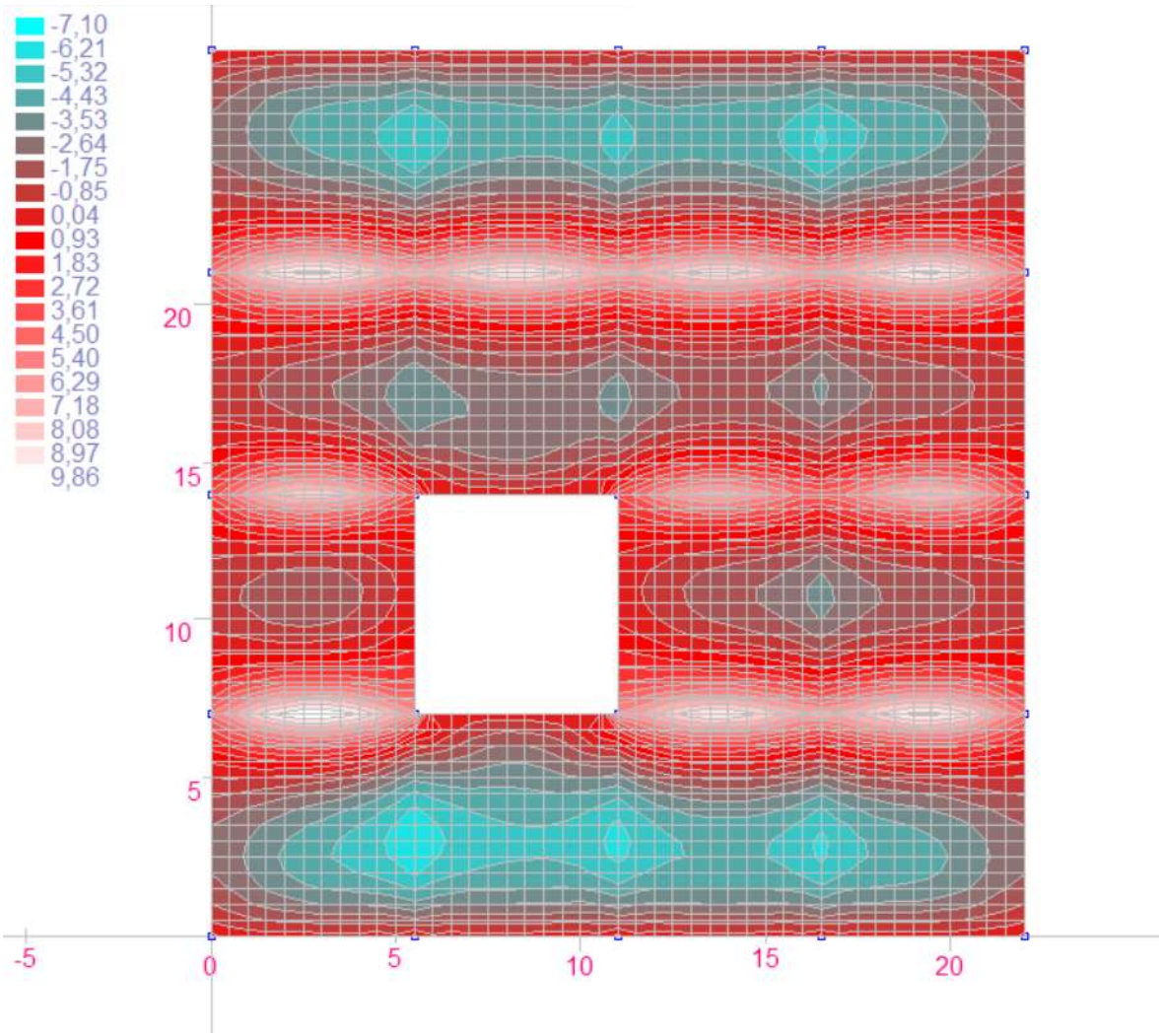
5. PRORAČUN PLOČA POZICIJE 100

5.1.MOMENTI SAVIJANJA U PLOČI POZICIJE 100

5.1.1. Vlastita težina

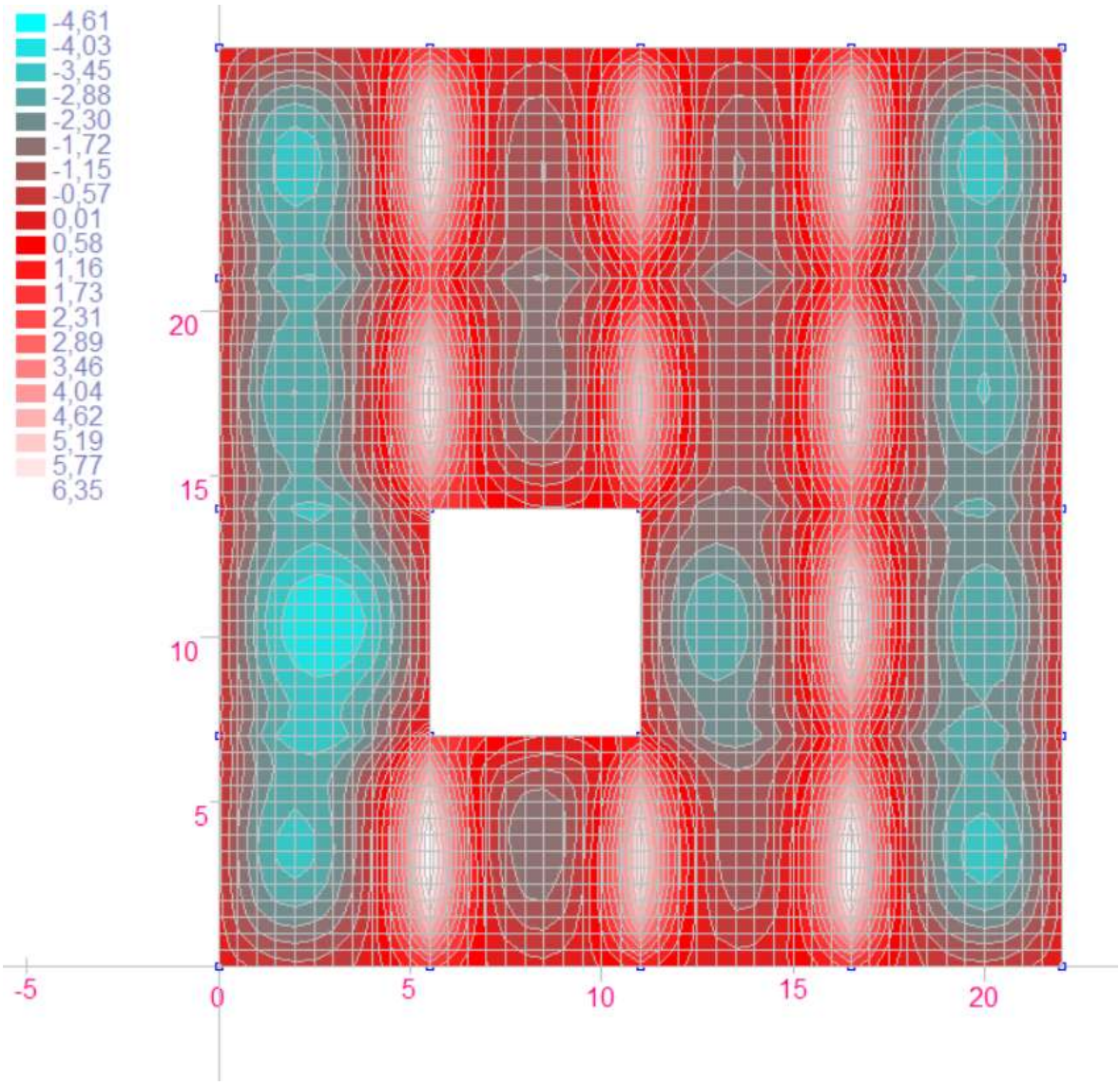


Slika 5.1. Momenti Mx (kNm)

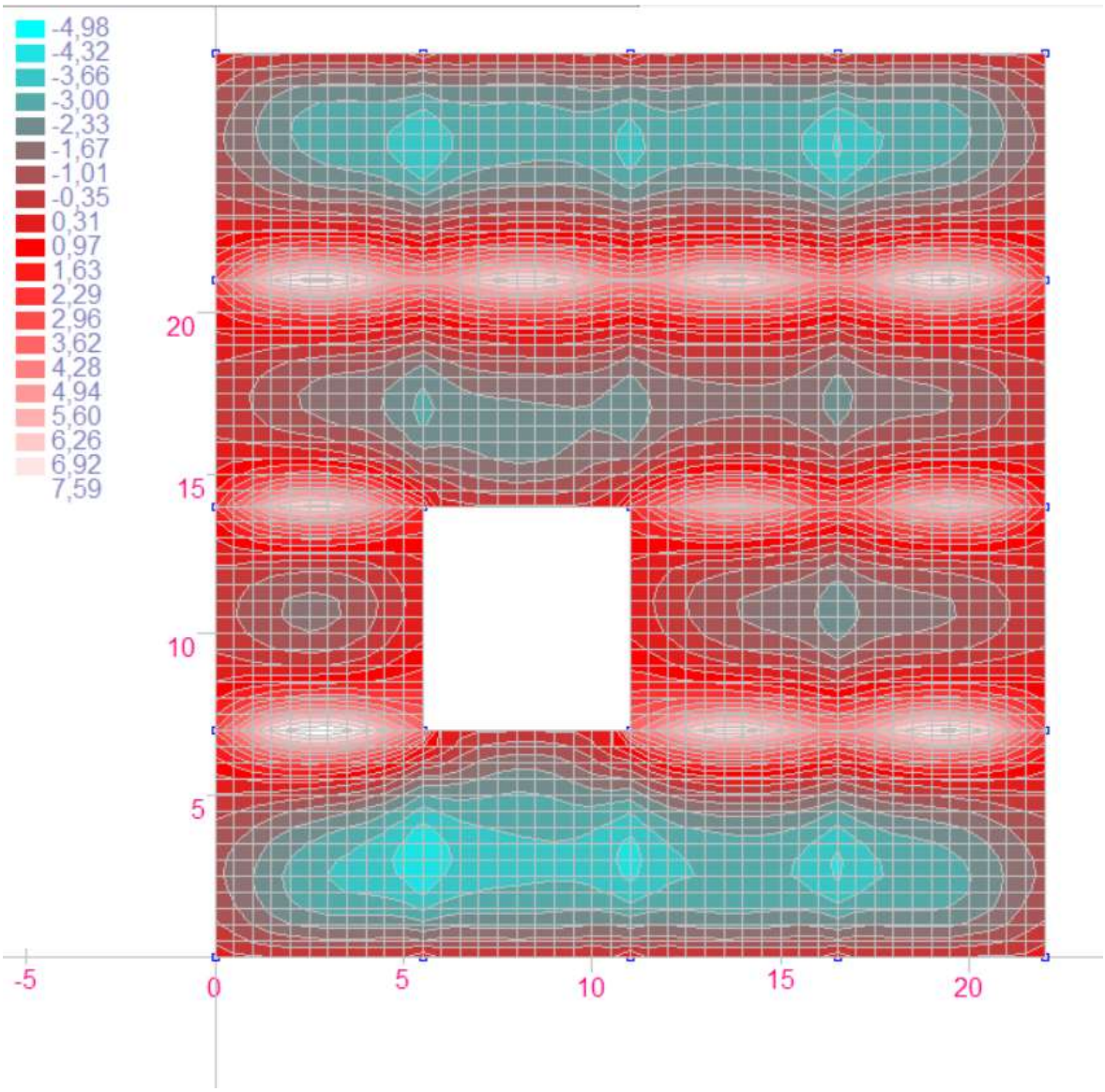


Slika 5.2. Momenti My (kNm)

5.1.2. Dodatno stalno opterećenje

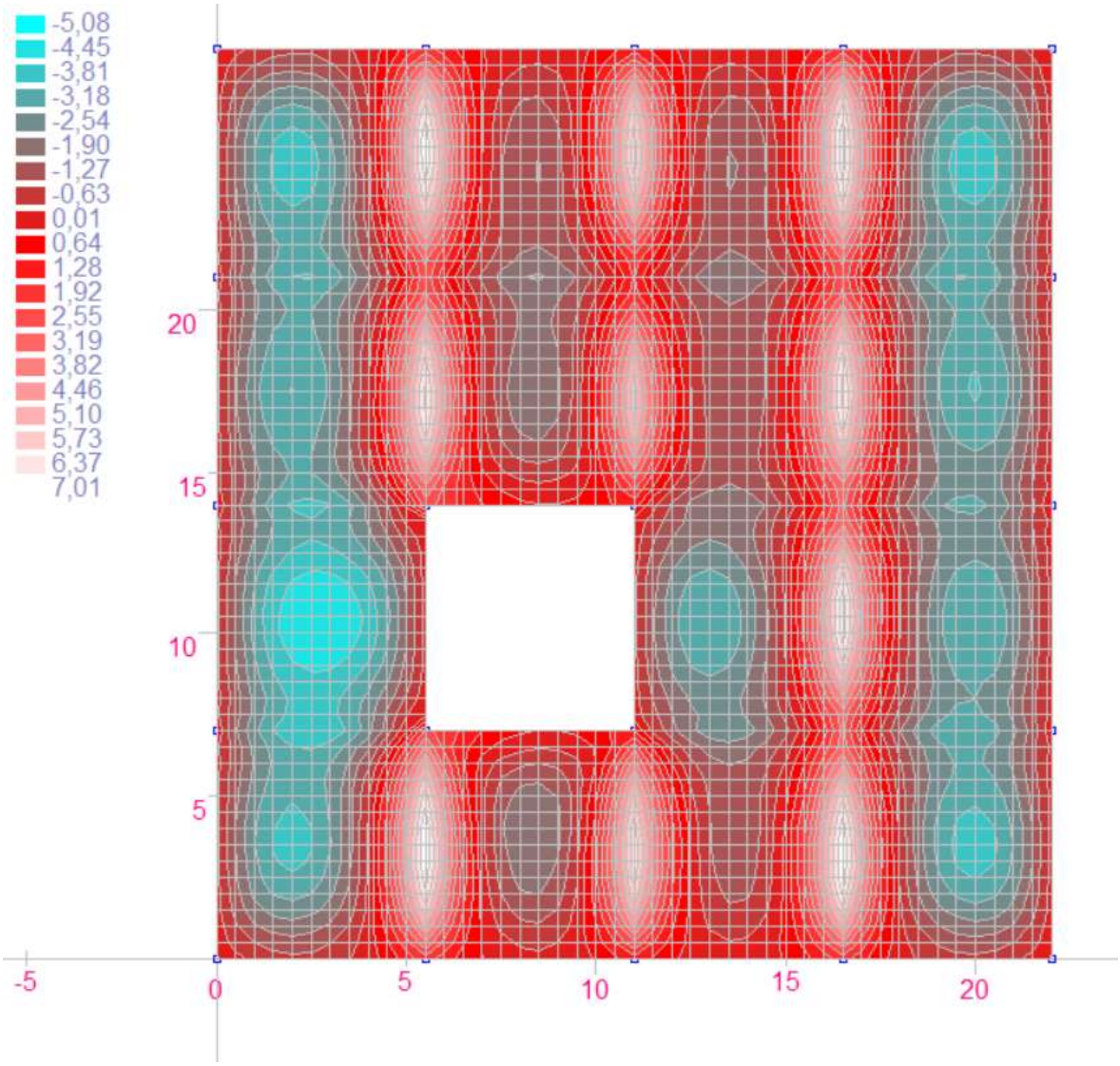


Slika 5.3. Momenti Mx (kNm)

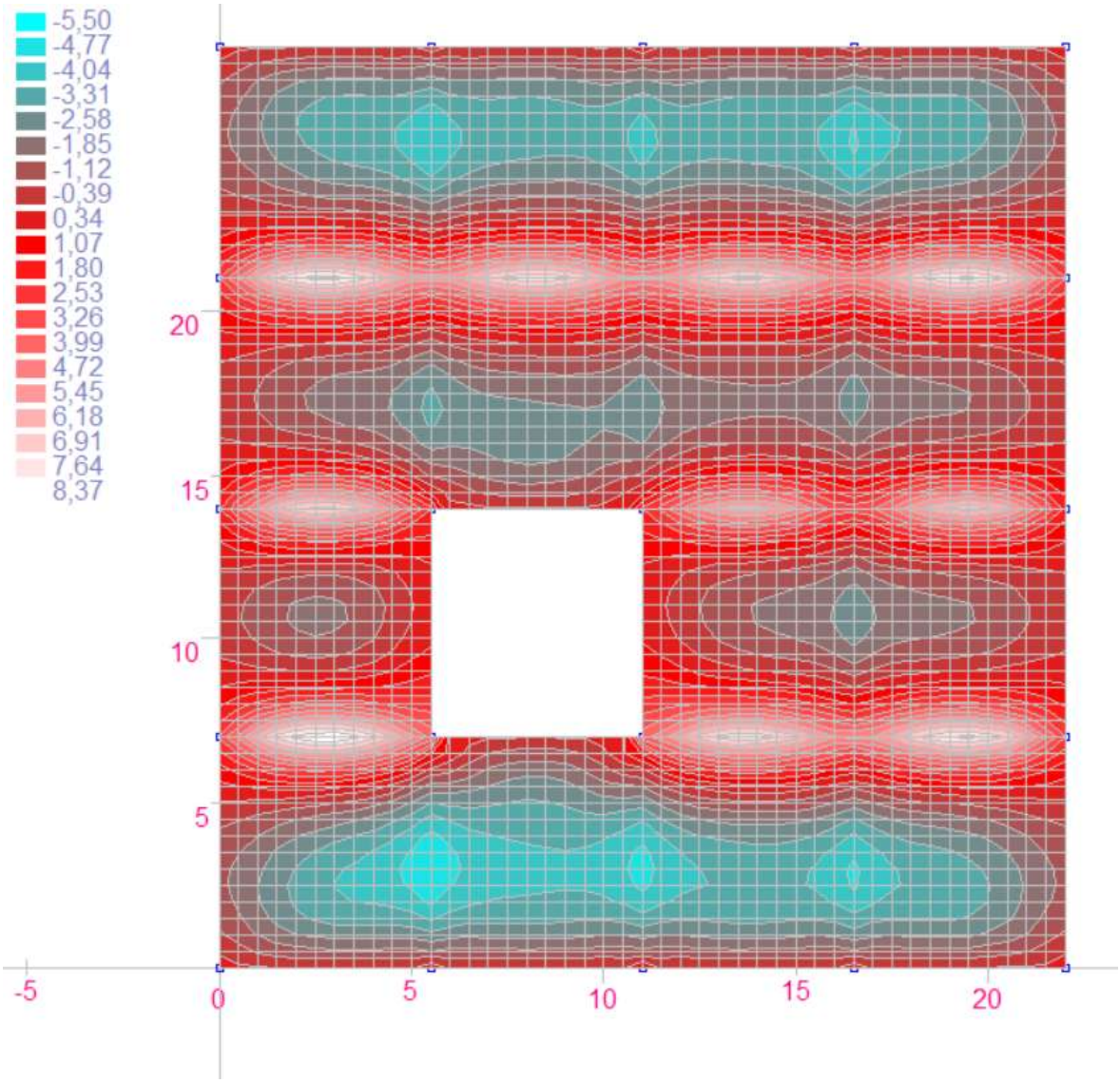


Slika 5.4. Momenti My (kNm)

5.1.3. Uporabno opterećenje



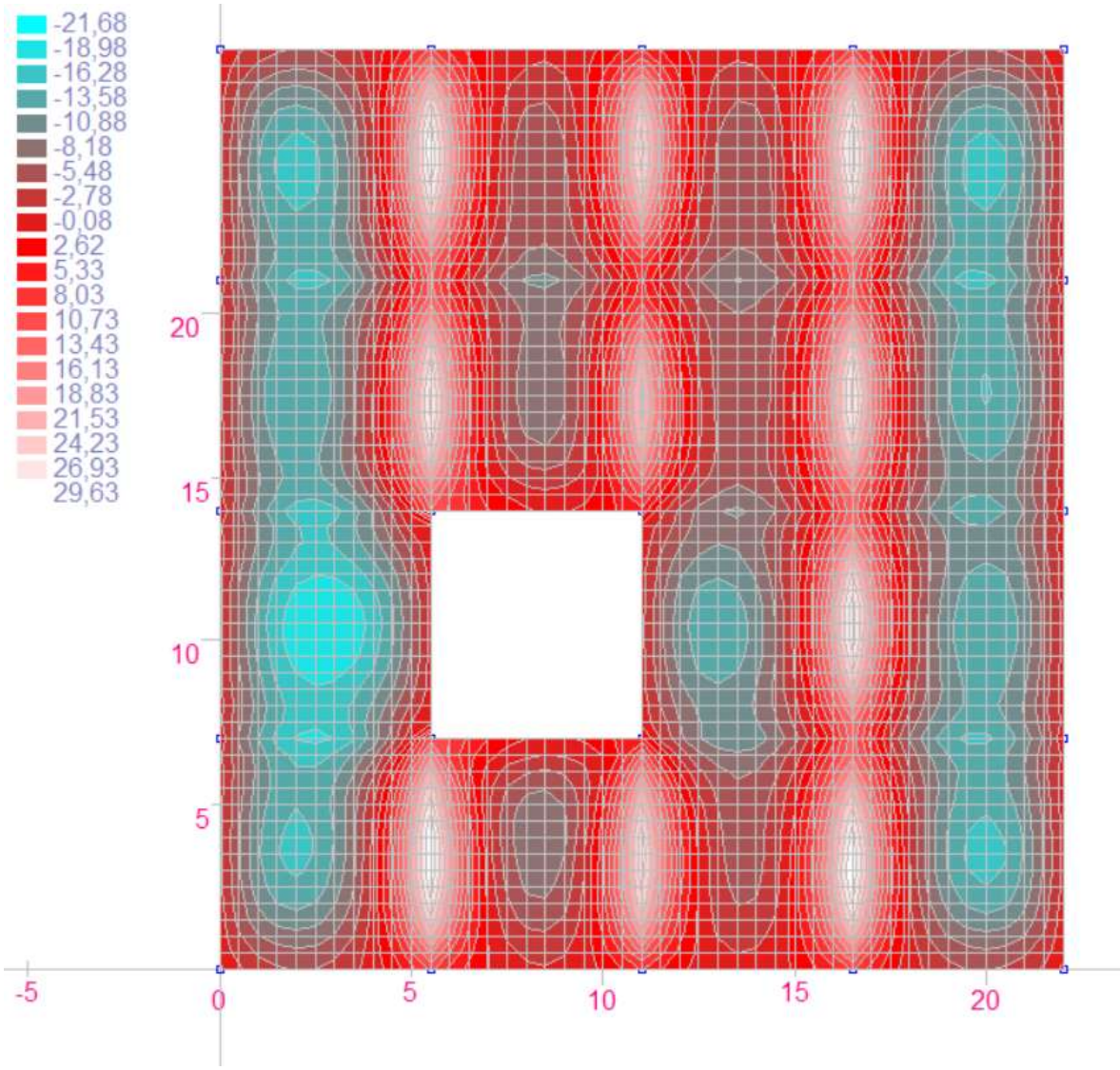
Slika 5.5. Momenti Mx (kNm)



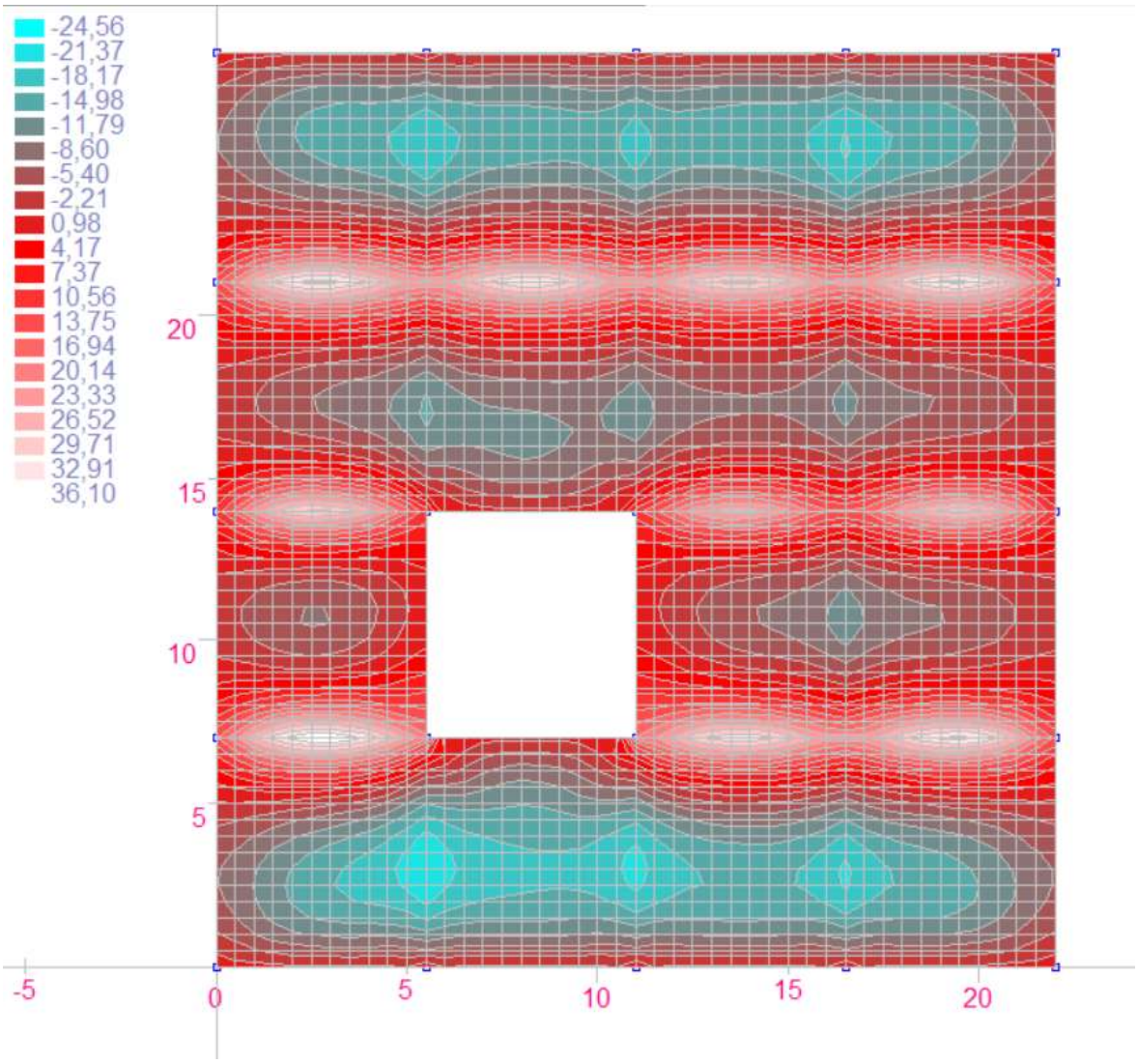
Slika 5.6. Momenti My (kNm)

5.1.4. Granično stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija za proračun GSN: $M_{ed}=1,35*(M_g+M_{\Delta g})+1,5*M_q$



Slika 5.11. Momenti Mx (kNm)



Slika 5.12. Momenti My (kNm)

5.2.DIMENZIONIRANJE PLOČA POZICIJE 100

BETON: C 40/50;

$f_{ck} = 40{,}0$ MPa= 40 N/mm^2 ; γ_c=1.5

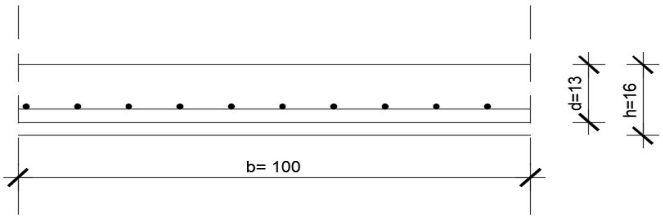
$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40{,}0/1{,}5 = 26{,}67$ MPa = 26.67 N/mm^2 = 2,67 kN/cm ^{2}

ARMATURA:B 500 B;

$f_{yk} = 500{,}0$ MPa = 500 N/mm^2 ; γ_s = 1,15

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500{,}0/1{,}15 = 434{,}78$ MPa = 434.78 N/mm^2= 43.48 kN/cm^2

<u>Ploča – polje</u>



M_{Ed} = 24,56 kNm/m

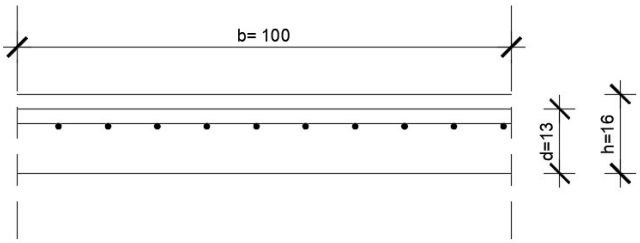
$\mu_{sd} = M_{Ed}/b*d^2*f_{cd}$ = 2456/100 *12,5^2 *2,67 = 0,058

Očitano: ε_{s1} = 10‰ , ε_{c2} = 1,5‰ , ζ= 0,953 , ξ= 0,130

$A_{s1}= M_{Ed}/\zeta*d*f_{yd}$= 2456/0,953*12,5*43,48 = 4,74cm^2/m

Odabrano za sve ploče: Q-503 (A_{s1}= 5,03 cm^2/m)

<u>Ploča – ležaj</u>



M_{Ed}= 36,10 kNm/m

μ_{sd}= M_{Ed}/ b*d^2 *f_{cd}= 3610/100*$12,5^2$ * 2,67 = 0,086

Očitano: ε_{s1} = 10‰ , ε_{c2} = 2,0 ‰ , ζ= 0,938 , ξ= 0,167

A_{s1}= M_{Ed}/ζ*d*f_{yd}= 3610/0,938*12,5*43,48 = 7,08 cm^2/m

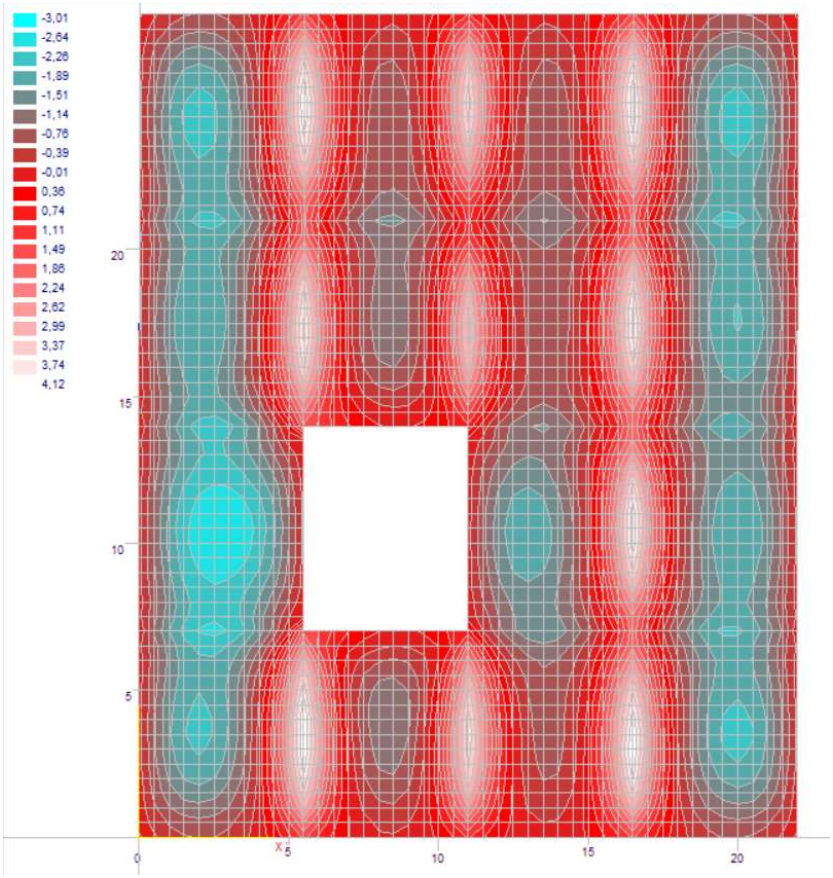
Odabrana mreža: R-785 (A_{s1}=7,85cm^2/m)

<u>Koeficijenti za proračun potrebne površine armature za ploču:</u>

$$A_{S1} = \frac{Med}{\zeta * d * fyd} = \frac{Med}{0{,}9*12{,}5*43{,}48} = 0{,}003*M_{Ed}$$

koef. za stalno opterećenje: 1,35*0,002 = 0,003

koef. za promjenjivo opterećenje: 1,5*0,002 = 0,003



Minimalna armatura:

As1,min ≥ 0,26 · [fct,m / fyk]· bt · d ≥ 0,0013 ·bt · d

b t – širina vlačne zone

d – statička visina presjeka

fyk – karakt. granica popuštanja čelika u N/mm2

[fyk = 500 N/mm2 za čelik B 500B]

fct,m - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

[fctm = 3.5 N/mm2 za C 40/50]

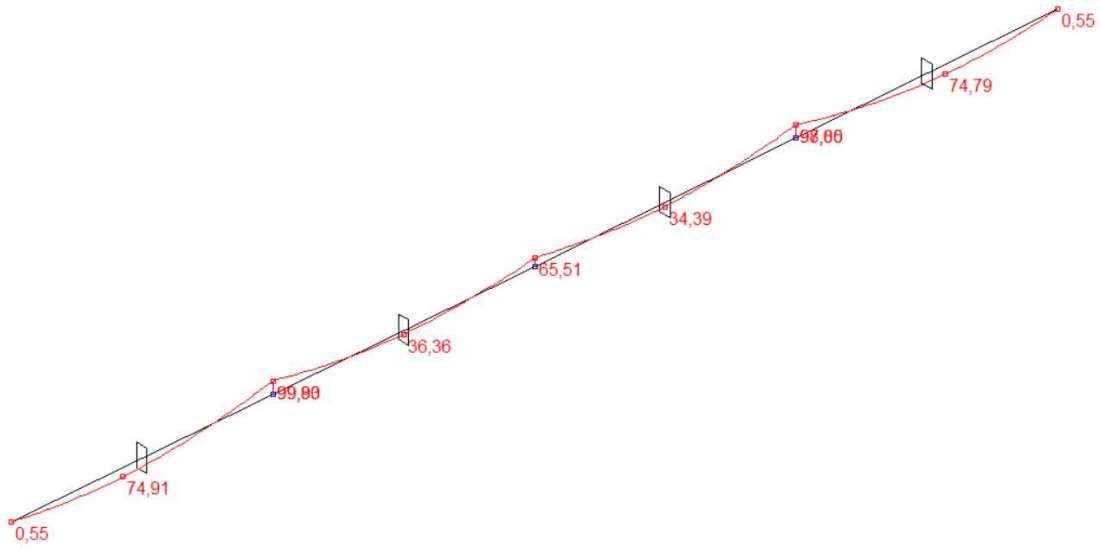
As1,min ≥ 0,26 ·3.5/ 500 ·100 ·12,5 = 2.275 cm2 /m

As1,min ≥ 0,0013 ·bt · d = 0,0013 ·100 ·12,5 = 1,625 cm2

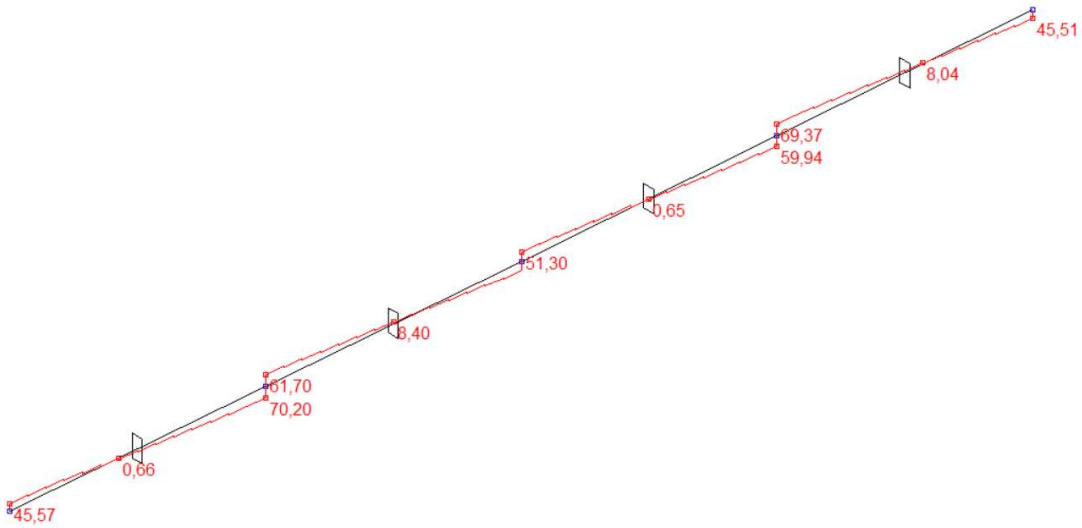
6. PRORAČUN KONTINUIRANOG NOSAČA POZICIJE 100

6.1. MOMENTI SAVIJANJA I POPREČNE SILE GREDE POZICIJE 100

6.1.1. Vlastita težina

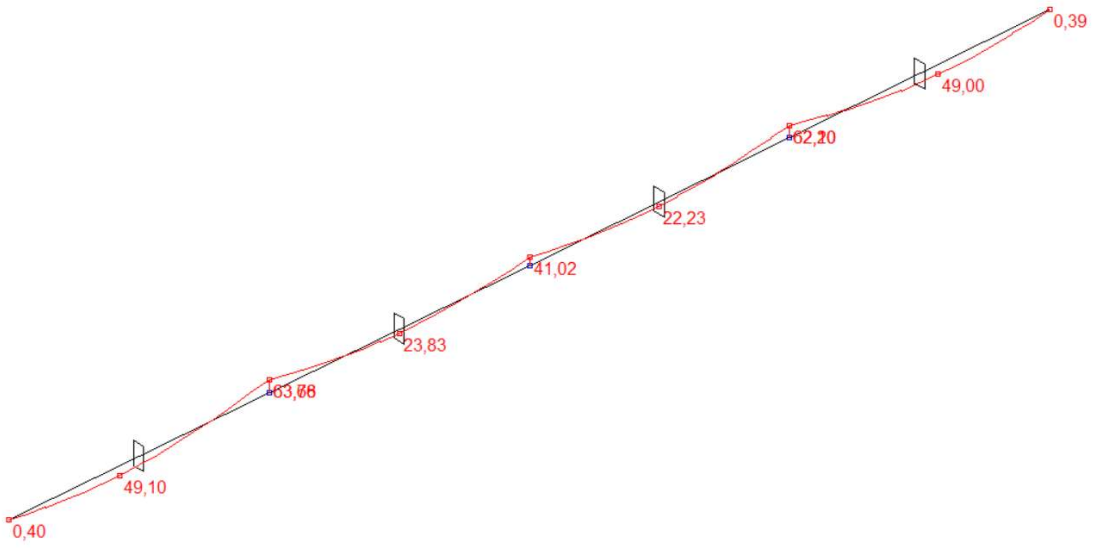


Slika 6.1. Momenti Mz (kNm)

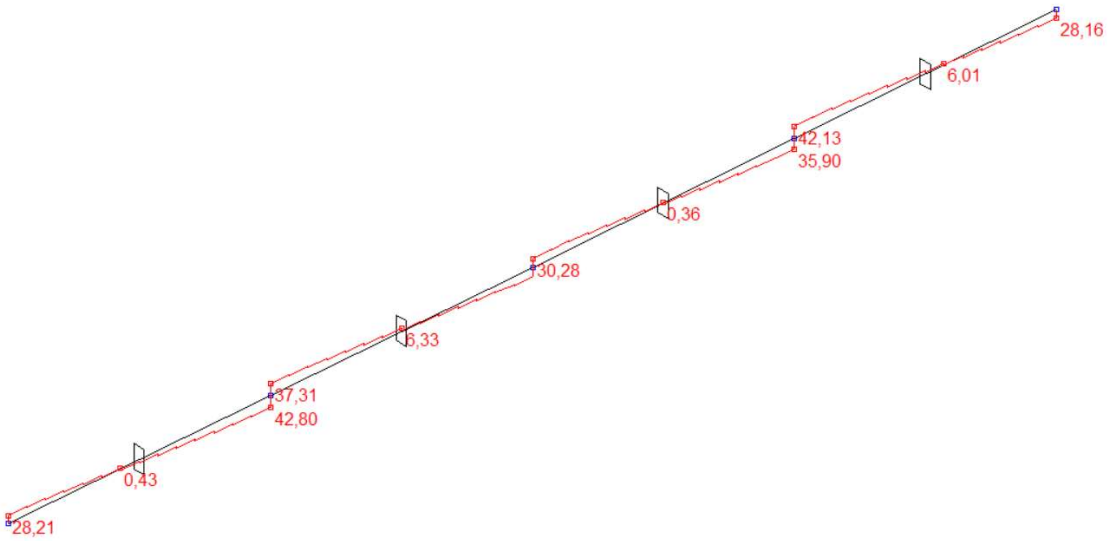


Slika 6.2. Poprečne sile Ty (kN)

6.1.2. Dodatno stalno opterećenje

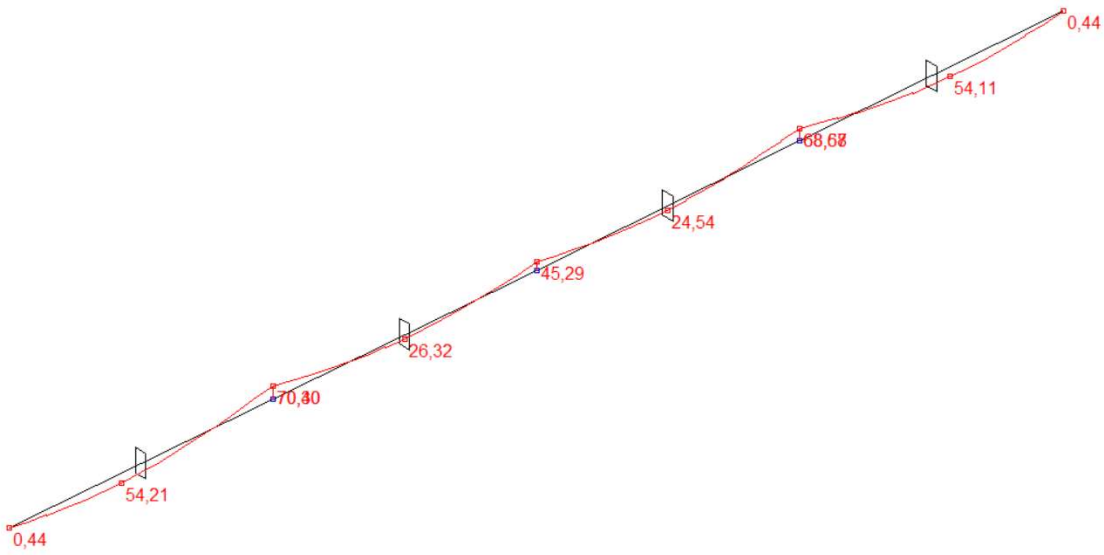


Slika 6.3. Momenti Mz (kNm)

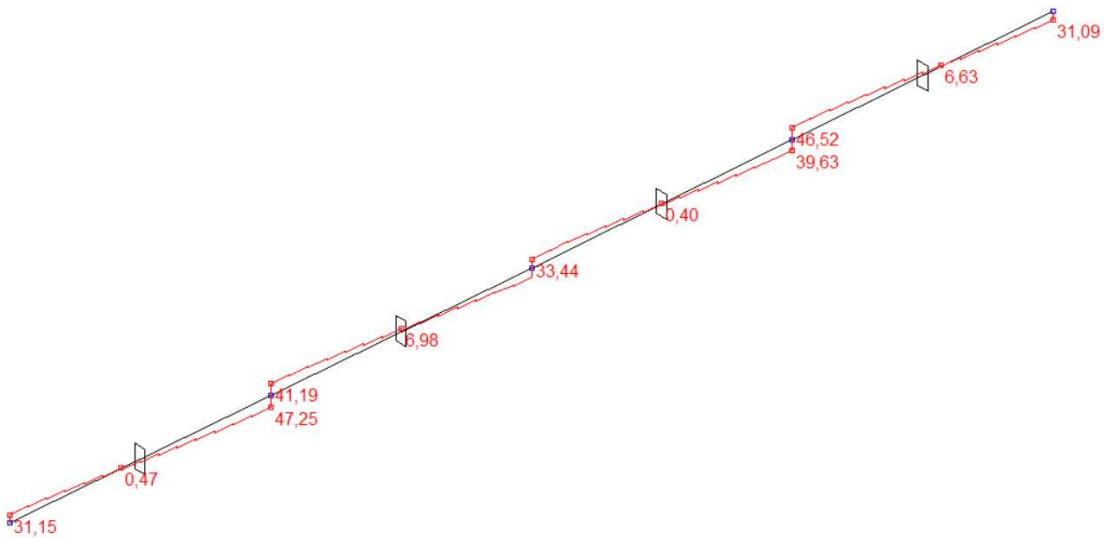


Slika 6.4. Poprečne sile Ty (kN)

6.1.3. Uporabnoopterećenje



Slika 6.5. Momenti Mz (kNm)



Slika 6.6. Poprečne sile Ty (kN)

6.1.4. Granično stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija: $M_{ed}=1,35*(M_g+M_{\Delta g})+1,5*M_q$

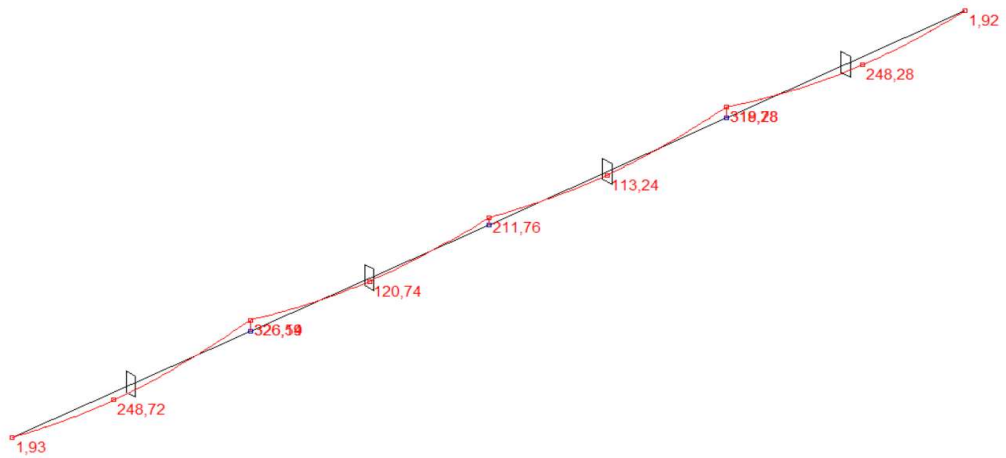
Momenti:

$M_{Ed,\ polje\ 1}$ = 248,72 kNm ; $M_{Ed,\ polje\ 2}$ = 120,74 kNm ; $M_{Ed,polje\ 3}$ = 113,24kNm ;

$M_{Ed,polje\ 4}$ = 248,28 kNm

$M_{Ed,ležaj\ 0}$ = 1,93 kNm ; $M_{Ed,ležaj\ 1}$ = -326,59 kNm ; $M_{Ed,ležaj\ 2}$ = -211,76 kNm ;

$M_{Ed,ležaj\ 3}$ = -319,28 kNm; $M_{Ed,ležaj\ 4}$ = 1,92 kNm



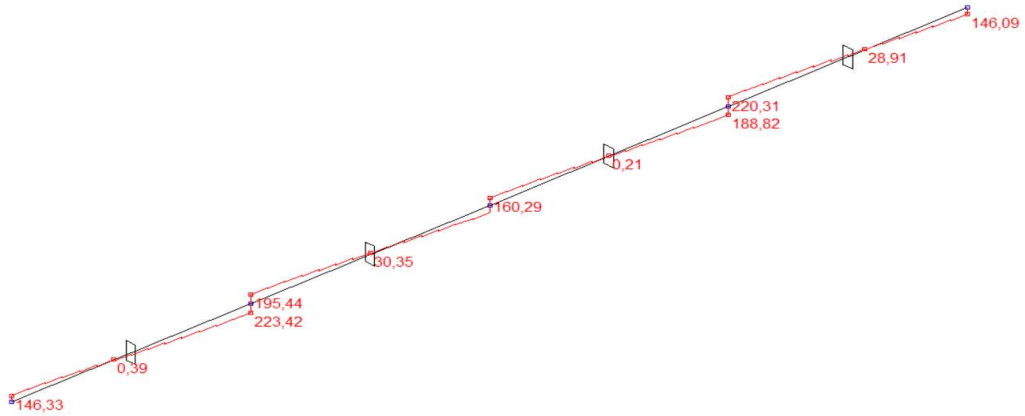
Slika 6.7. Momenti Mz (kNm)

Poprečne sile:

$V_{Ed,ležaj\ 0}$= 146,33 Kn ; $V_{Ed,ležaj\ 1}$ =223,42 kN ; $V_{Ed,ležaj\ 2}$ =160,29 kN ;

$V_{Ed,ležaj\ 3}$ =220,31 kN ; $V_{Ed,ležaj\ 4}$ = 146,09 kN

$V_{Ed,polje\ 1}$ = 0,39 kN ; $V_{Ed,polje\ 2}$ = 30,35 kN ; $V_{Ed,\ polje\ 3}$ = 0,21 kN ; $V_{Ed,polje\ 4}$ = 28,91 kN



Slika 6.8. Poprečne sile Vy (kN)

6.2.DIMENZIONIRANJE GREDE NA MOMENT SAVIJANJA

BETON: C 40/50;

$f_{ck} = 40{,}0$ MPa= 40 N/mm^2 ; γ_c=1.5

$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = 40{,}0/1{,}5 = 26{,}67$ MPa = 26.67 N/mm^2 = 2,67 kN/cm ^{2}

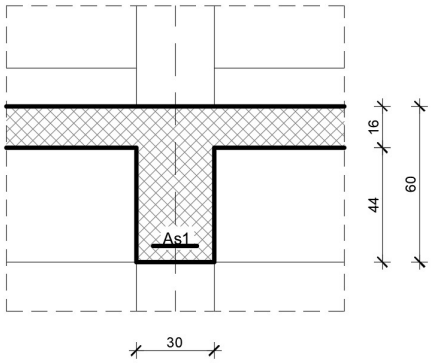
ARMATURA:B 500 B;

$f_{yk} = 500{,}0$ MPa = 500 N/mm^2 ; γ_s = 1,15

$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 500{,}0/1{,}15 = 434{,}78$ MPa = 434.78 N/mm^2= 43.48 kN/cm^2

<u>Polje 1:</u>

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0+l_0/5$ =30+0,85*700/5 = 144 cm



M_{Ed} = 248,72 kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff}*d^2*f_{cd}} = \frac{24872}{144*55^2*2{,}67} = 0{,}021$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 0,8‰ ; ξ=0,074 ; ζ= 0,974

X=ξ*d = 0,074*55 = 4,07< h_{pl} = 16 cm

$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta*d*f_{yd}} = \frac{24872}{0{,}974*55*43{,}48} = 10{,}67$ cm^2

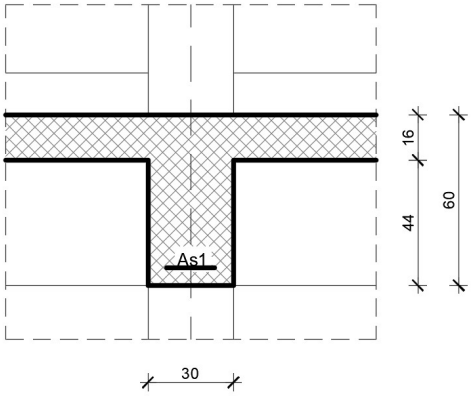
d_1= 5cm

d = h – d_1 =60-5 = 55 cm

Odabrano : 4Ø20 (A_S= 12,57 cm^2)

<u>Polje 2:</u>

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + l_0/5 = 30 + 0{,}85*700/5 = 144$ cm



$M_{Ed} = 120{,}74$ kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff}*d^2*f_{cd}} = \frac{12074}{144*55^2*2{,}67} = 0{,}0103$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 0,6‰ ; ξ=0,057 ; ζ= 0,981

$x = \xi*d = 0{,}057*55 = 3{,}135 < h_{pl} = 16$ cm

$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta*d*f_{yd}} = \frac{12074}{0{,}981*55*43{,}48} = 5{,}15\ cm^2$

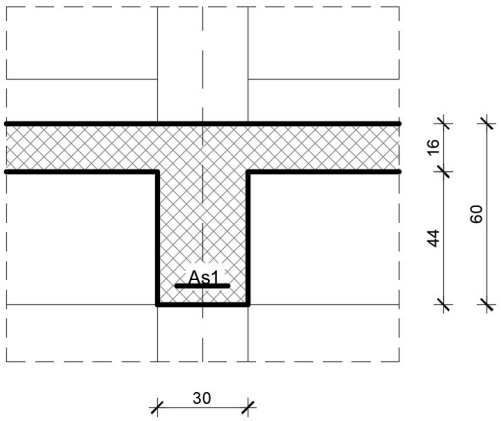
d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 2Ø20 (A_S= 6,28 cm^2)

Polje 3:

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0+l_0/5 = 30+0,85*700/5 = 144$ cm



$M_{Ed} = 113,24$ kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff}*d^2*f_{cd}} = \frac{11324}{144*55^2*2,67} = 0,0097$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 0,6‰ ; ξ=0,057 ; ζ= 0,981

$x=\xi*d = 0,057*55 = 3,135 < h_{pl} = 16$ cm

$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta*d*f_{yd}} = \frac{11324}{0,981*55*43,48} = 4,83\ cm^2$

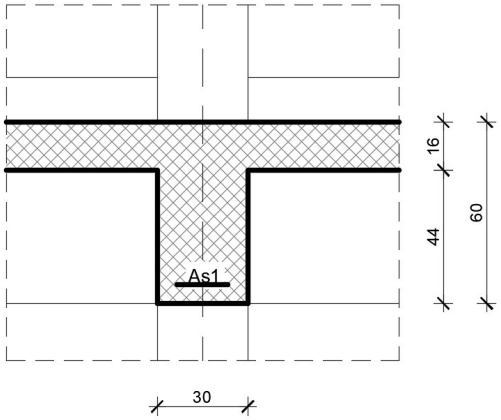
d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 2Ø20 (A_S= 6,28 cm^2)

<u>Polje 4:</u>

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + l_0/5 = 30 + 0{,}85*700/5 = 144$ cm



$M_{Ed} = 248{,}28$ kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff}*d^2*f_{cd}} = \frac{24828}{144*55^2*2{,}67} = 0{,}0213$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 0,9‰ ; ξ=0,083 ; ζ= 0,971

$x = \xi*d = 0{,}083*55 = 4{,}565 < h_{pl} = 16$ cm

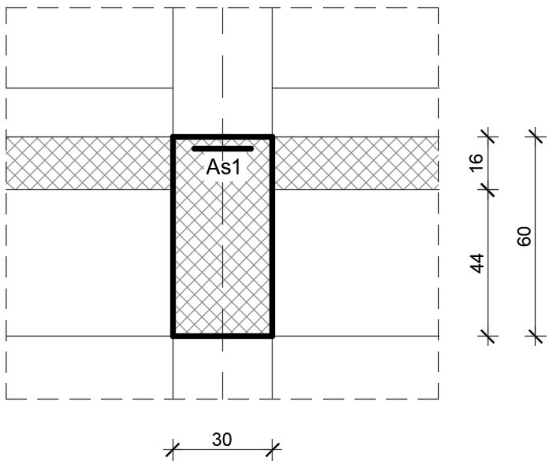
$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta*d*f_{yd}} = \frac{24828}{0{,}971*55*43{,}48} = 10{,}69\ cm^2$

d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 4Ø20 (A_S= 12,57 cm^2)

Ležaj 0 :



M_{Ed} = 1,93 kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{193}{30*55^2*2,67} = 0,00079$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 0,1‰ ; ξ=0,010 ; ζ= 0,997

Površina armature:

$x=\xi*d = 0,010*55 = 0,55 < h_{pl} = 16$ cm

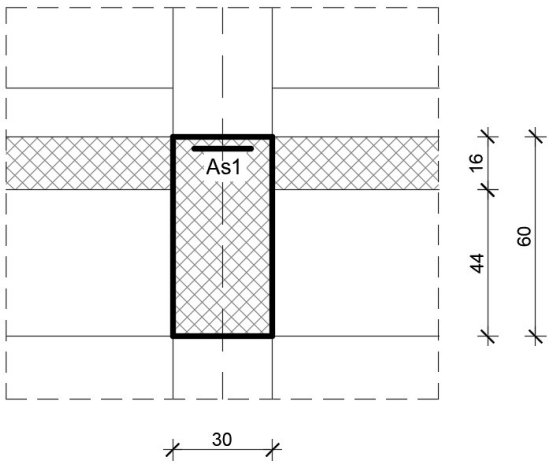
$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{193}{0,997*55*43,48} = 0,08$ cm^2

d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 2Ø22 (A_S= 6,28 cm^2)

LEŽAJ 1 :



M_{Ed} = 326,59 kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{32659}{30*55^2*2,67} = 0,135$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 3,0‰ ; ξ=0,231 ; ζ= 0,907

Površina armature:

$x=\xi*d = 0,231*55 = 12,71 < h_{pl} = 16$ cm

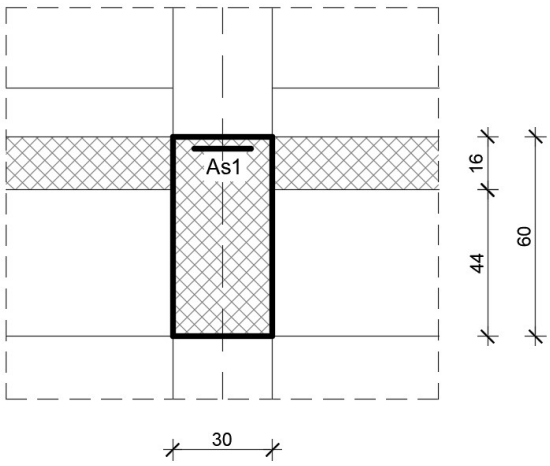
$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{32659}{0,907*55*43,48} = 15,06$ cm^2

d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 4Ø22 (A_S= 15,21 cm^2)

LEŽAJ 2 :



M_{Ed} = 211,76 kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{21176}{30*55^2*2,67} = 0,087$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 2,0‰ ; ξ=0,167 ; ζ= 0,938

Površina armature:

$x=\xi*d = 0,167*55 = 9,185 < h_{pl} = 16$ cm

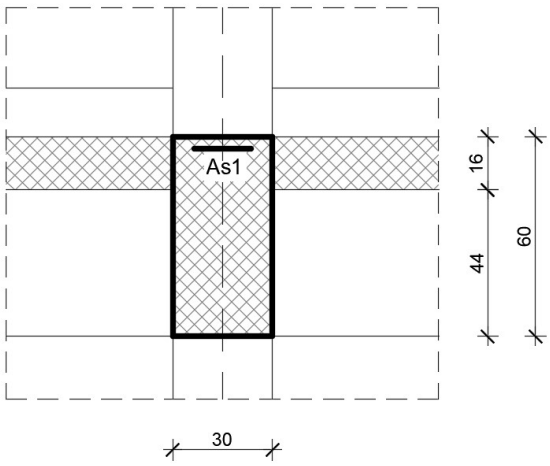
$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{21176}{0,938*55*43,48} = 9,44\ cm^2$

d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 3Ø22 (A_S= 11,40 cm^2)

LEŽAJ 3 :



M_{Ed} = 319,28 kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{31928}{30*55^2*2,67} = 0,132$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 2,9‰ ; ξ=0,225 ; ζ= 0,910

Površina armature:

$x=\xi*d = 0,225*55 = 12,375 < h_{pl} = 16$ cm

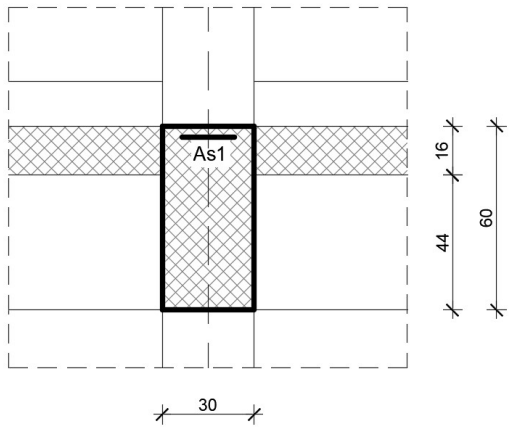
$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{31928}{0,910*55*43,48} = 14,67\ cm^2$

d_1= 5cm

$d = h - d_1 = 60-5 = 55$ cm

Odabrano : 4Ø22 (A_S= 15,21 cm^2)

LEŽAJ 4 :



M_{Ed} = 1,92 kNm

$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = \frac{192}{30*55^2*2,67} = 0,00079$

Očitano: ε_{s1}=10.0‰ ; ε_{c2}= 0,1‰ ; ξ=0,010 ; ζ= 0,997

Površina armature:

$x=\xi*d = 0,010*55 = 0,55 < h_{pl} = 16$ cm

$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta * d * f_{yd}} = \frac{192}{0,997*55*43,48} = 0,08$ cm^2

d_1= 5cm

$d = h - d_1$ =60-5 = 55 cm

Odabrano : 2Ø22 (A_S= 6,28 cm^2)

Minimalna armatura:

As1,min ≥ 0,26 · [fct,m / fyk]· bt · d ≥ 0,0013 ·bt · d

b t – širina vlačne zone

d – statička visina presjeka

fyk – karakt. granica popuštanja čelika u N/mm2

[fyk = 500 N/mm2 za čelik B 500B]

fct,m - srednja vlačna čvrstoća betona (iz tablice)

[fctm = 3.5 N/mm2 za C 40/50]

As1,min ≥ 0,26 ·3.5/ 500 ·30 ·55 = 3.00 cm2

As1,min ≥ 0,0013 ·bt · d = 0,0013 ·30 ·55 = 2.145 cm2

Maksimalna armatura:

As1,max=0.04·Ac=0.04·30·60=72 cm2

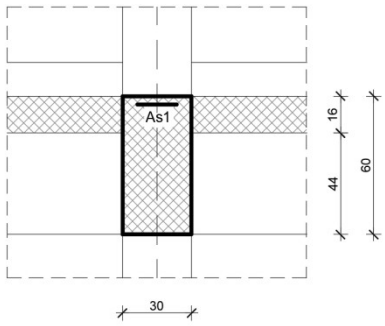
6.3.DIMENZIONIRANJE GREDE NA POPREČNU SILU

Ležaj 0

C 40/50

V_{Ed} =146,33kN

N_{Ed}=0.0 kN



A_{s1} = 2Ø22 =6,28 cm^2

$$V_{Rdc} = \left[C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})\frac{1}{3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d$$

b_w =30 cm ; d = 55 cm

$$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} = 1+\sqrt{\frac{200}{550}} = 1{,}6 < 2{,}0$$

k_1 = 0,15

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$$

ΣA_S = 2Ø22 =6,28 cm^2

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_S}{A_C} = \frac{2Ø22}{30 \cdot 55} = \frac{6{,}28}{1650} = 0{,}003806$$

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0{,}12$$

$$V_{Rdc} = \left[0{,}12 \cdot 1{,}6 \cdot (100 \cdot 0{,}003806 \cdot 40)\frac{1}{3}\right] \cdot 300 \cdot 550 = 78{,}52 \text{ kN}$$

$$V_{Rdc} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma cp] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{min} = 0{,}035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}\frac{1}{2} = 0{,}035 \cdot 1{,}6^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0{,}448$$

$$V_{Rdc} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0{,}448 \cdot 300 \cdot 550 = 73{,}92 \text{ kN} < V_{Ed}$$

$V_{Ed,max} = V_{Ed}$ = 146,33 kN

$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$

$v = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{40}{250}\right] = 0,504$

$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 550 \cdot 26,67 = 1108,94$ kN > $V_{Ed,max} = V_{Ed}$

$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 146,33/1108,94 = 0,13$ =>> $V_{Ed} = 0,13\ V_{Rd,max}$

$S_{max} = \min(0,75 \cdot d\ ; 30) = \min(41,25\ ;\ 30)$ => $s_{max} = 30$cm

$\rho_{min} = 0\ 0013$

Površina minimalne armature :

$A_{SW,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,585\ cm^2$

Odabrane minimalne spone : Ø10 / 30 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

$f_{yw,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$; B500B , $f_{yw,d} = \frac{500}{1,15} = 434,8$ Mpa = 43,48 kN/cm^2

$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\Theta = \frac{0,79}{30} \cdot (0,9 \cdot 55) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1$

$V_{Rd} = 56,68$ kN

$V_{Ed} > V_{Rd}$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,585 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 55)}{146,33} = 17,2$ cm

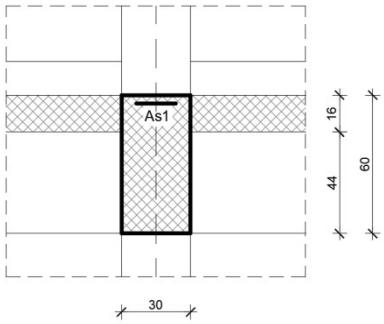
Postaviti spone Ø10/15 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

<u>Ležaj 1</u>

C 40/50

V_{Ed}=223,42kN

N_{Ed}=0.0 kN



A_{s1} = 4Ø22 =15,21 cm^2

$V_{Rdc} = \left[C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})\frac{1}{3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d$

b_w =30 cm ; d = 55 cm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} = 1+\sqrt{\frac{200}{550}} = 1{,}6 < 2{,}0$

$k_1 = 0{,}15$

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$

ΣA_S = 4Ø22 =15,21 cm^2

$\rho_l = \frac{\Sigma A_S}{A_C} = \frac{4Ø22}{30 \cdot 55} = \frac{15{,}21}{1650} = 0{,}00921$

$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0{,}12$

$V_{Rdc} = \left[0{,}12 \cdot 1{,}6 \cdot (100 \cdot 0{,}00921 \cdot 40)\frac{1}{3}\right] \cdot 300 \cdot 550 = 105{,}4$ kN

$V_{Rdc} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma cp] \cdot b_w \cdot d$

$V_{min} = 0{,}035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}\frac{1}{2} = 0{,}035 \cdot 1{,}6^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0{,}448$

$V_{Rdc} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0{,}448 \cdot 300 \cdot 550 = 73{,}92$ kN < V_{Ed}

$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 223{,}42$ kN

$V_{Rd,max} = 0{,}5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$

$v = 0{,}6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0{,}6 \cdot \left[1 - \frac{40}{250}\right] = 0{,}504$

$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 550 \cdot 26,67 = 1108,94$ kN > $V_{Ed,max} = V_{Ed}$

$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 223,42/1108,94 = 0,201$ =>> $V_{Ed} = 0,201\ V_{Rd,max}$

$S_{max} = \min(0,75 \cdot d\ ; 30) = \min(41,25\ ;\ 30) \Rightarrow s_{max} = 30$cm

$\rho_{min} = 0\ 0013$

Površina minimalne armature :

$$A_{SW,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,585\ cm^2$$

Odabrane minimalne spone : Ø10 / 30 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

$f_{yw,\,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$; B500B , $f_{yw,d} = \frac{500}{1,15} = 434,8$ Mpa = 43,48 kN/cm^2

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\Theta = \frac{0,79}{30} \cdot (0,9 \cdot 55) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1$$

$V_{Rd} = 56,68$ kN

$V_{Ed} > V_{Rd}$

Na mjestu maksimalne poprečne si

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,585 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 55)}{223,42} = 11,27\ cm$$

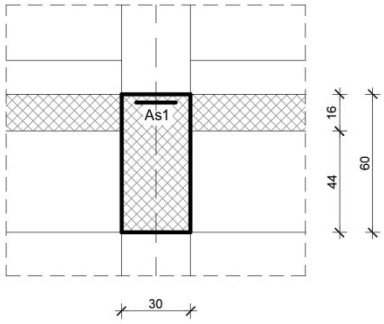
Postaviti spone Ø10/10 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

<u>Ležaj 2</u>

C 40/50

V_{Ed} =160,29 kN

N_{Ed}=0.0 kN



A_{s1} = 3Ø22 =11,40 cm^2

$V_{Rdc} = \left[C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})\frac{1}{3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d$

b_w =30 cm ; d = 55 cm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} = 1+\sqrt{\frac{200}{550}} = 1{,}6 < 2{,}0$

$k_1 = 0{,}15$

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$

ΣA_S = 3Ø22 =11,40 cm^2

$\rho_l = \frac{\Sigma A_S}{A_C} = \frac{3Ø22}{30 \cdot 55} = \frac{11{,}40}{1650} = 0{,}006909$

$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0{,}12$

$V_{Rdc} = \left[0{,}12 \cdot 1{,}6 \cdot (100 \cdot 0{,}006909 \cdot 40)\frac{1}{3}\right] \cdot 300 \cdot 550 = 95{,}78$ kN

$V_{Rdc} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma cp] \cdot b_w \cdot d$

$V_{min} = 0{,}035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}\frac{1}{2} = 0{,}035 \cdot 1{,}6^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0{,}448$

$V_{Rdc} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0{,}448 \cdot 300 \cdot 550 = 73{,}92$ kN < V_{Ed}

$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 160{,}29$ kN

$V_{Rd,max} = 0{,}5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$

$v = 0{,}6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0{,}6 \cdot \left[1 - \frac{40}{250}\right] = 0{,}504$

$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 550 \cdot 26,67 = 1108,94$ kN > $V_{Ed,max} = V_{Ed}$

$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 160,29/1108,94 = 0,14$ =>> $V_{Ed} = 0,14\ V_{Rd,max}$

$S_{max} = \min(0,75 \cdot d\ ; 30) = \min(41,25\ ;\ 30) \Rightarrow s_{max} = 30$cm

$\rho_{min} = 0\ 0013$

Površina minimalne armature :

$$A_{SW,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,585\ cm^2$$

Odabrane minimalne spone : Ø10 / 30 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

$f_{yw,\,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$; B500B , $f_{yw,d} = \frac{500}{1,15} = 434,8$ Mpa = 43,48 kN/cm^2

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot ctg\Theta = \frac{0,79}{30} \cdot (0,9 \cdot 55) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1$$

$V_{Rd} = 56,68$ kN

$V_{Ed} > V_{Rd}$

Na mjestu maksimalne poprečne si

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,585 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 55)}{160,29} = 15,71\text{cm}$$

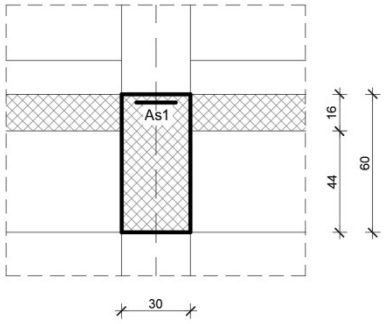
Postaviti spone Ø10/15 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

<u>Ležaj 3</u>

C 40/50

V_{Ed} =220,31 kN

N_{Ed}=0.0 kN



A_{s1} = 4Ø22 =15,21 cm^2

$V_{Rdc} = \left[C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})\frac{1}{3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d$

b_w =30 cm ; d = 55 cm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} = 1+\sqrt{\frac{200}{550}} = 1{,}6 < 2{,}0$

$k_1 = 0{,}15$

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$

ΣA_S = 4Ø22 =15,21 cm^2

$\rho_l = \frac{\Sigma A_S}{A_C} = \frac{4Ø22}{30 \cdot 55} = \frac{15{,}21}{1650} = 0{,}00921$

$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0{,}12$

$V_{Rdc} = \left[0{,}12 \cdot 1{,}6 \cdot (100 \cdot 0{,}00921 \cdot 40)\frac{1}{3}\right] \cdot 300 \cdot 550 = 105{,}4$ kN

$V_{Rdc} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma cp] \cdot b_w \cdot d$

$V_{min} = 0{,}035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}\frac{1}{2} = 0{,}035 \cdot 1{,}6^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0{,}448$

$V_{Rdc} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0{,}448 \cdot 300 \cdot 550 = 73{,}92$ kN < V_{Ed}

$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 220{,}31$kN

$V_{Rd,max} = 0{,}5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$

$v = 0{,}6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0{,}6 \cdot \left[1 - \frac{40}{250}\right] = 0{,}504$

$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 550 \cdot 26,67 = 1108,94$ kN > $V_{Ed,max} = V_{Ed}$

$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 220,31/1108,94 = 0,198$ =>> $V_{Ed} = 0,198\ V_{Rd,max}$

$S_{max} = \min(0,75 \cdot d\ ; 30) = \min(41,25\ ;\ 30) \Rightarrow s_{max} = 30$cm

$\rho_{min} = 0\ 0013$

Površina minimalne armature :

$$A_{SW,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,585\ cm^2$$

Odabrane minimalne spone : Ø10 / 30 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

$f_{yw,\,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$; B500B , $f_{yw,d} = \frac{500}{1,15} = 434,8$ Mpa = 43,48 kN/cm^2

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot \mathrm{ctg}\Theta = \frac{0,79}{30} \cdot (0,9 \cdot 55) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1$$

$V_{Rd} = 56,68$ kN

$V_{Ed} > V_{Rd}$

Na mjestu maksimalne poprečne si

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,585 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 55)}{220,31} = 11,43\ cm$$

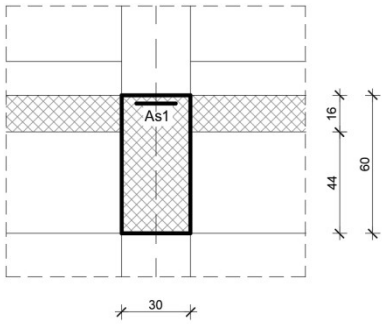
Postaviti spone Ø10/10 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

<u>Ležaj 4</u>

C 40/50

V_{Ed} =146,09 kN

N_{Ed}=0.0 kN



A_{s1} = 2Ø22 =6,28 cm^2

$V_{Rdc} = \left[C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})\frac{1}{3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d$

b_w =30 cm ; d = 55 cm

$k = 1+\sqrt{\frac{200}{d}} = 1+\sqrt{\frac{200}{550}} = 1{,}6 < 2{,}0$

$k_1 = 0{,}15$

$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0.0$

ΣA_S = 2Ø22 =6,28 cm^2

$\rho_l = \frac{\Sigma A_S}{A_C} = \frac{2Ø22}{30 \cdot 55} = \frac{6{,}28}{1650} = 0{,}003806$

$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0{,}12$

$V_{Rdc} = \left[0{,}12 \cdot 1{,}6 \cdot (100 \cdot 0{,}003806 \cdot 40)\frac{1}{3}\right] \cdot 300 \cdot 550 = 78{,}52\text{kN}$

$V_{Rdc} \geq [v_{min} + k_1 \cdot \sigma cp] \cdot b_w \cdot d$

$V_{min} = 0{,}035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}\frac{1}{2} = 0{,}035 \cdot 1{,}6^{\frac{3}{2}} \cdot 40^{\frac{1}{2}} = 0{,}448$

$V_{Rdc} \geq v_{min} \cdot b_w \cdot d = 0{,}448 \cdot 300 \cdot 550 = 73{,}92$ kN < V_{Ed}

$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 146{,}09$kN

$V_{Rd,max} = 0{,}5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$

$v = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0,6 \cdot \left[1 - \frac{40}{250}\right] = 0,504$

$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,504 \cdot 300 \cdot 550 \cdot 26,67 = 1108,94$ kN > $V_{Ed,max} = V_{Ed}$

$V_{Ed,max} / V_{Rd,max} = 146,09/1108,94 = 0,13$ =>> $V_{Ed} = 0,13\ V_{Rd,max}$

$S_{max} = \min(0,75 \cdot d\ ; 30) = \min(41,25\ ;\ 30)$ => $s_{max} = 30$cm

$\rho_{min} = 0\ 0013$

Površina minimalne armature :

$A_{SW,min} = \frac{\rho_{min} \cdot S_w \cdot b_w}{m} = \frac{0,0013 \cdot 30 \cdot 30}{2} = 0,585\ cm^2$

Odabrane minimalne spone : Ø10 / 30 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

$f_{yw,\,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$; B500B , $f_{yw,d} = \frac{500}{1,15} = 434,8$ Mpa = 43,48 kN/cm^2

$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yw,d} \cdot m \cdot \text{ctg}\Theta = \frac{0,79}{30} \cdot (0,9 \cdot 55) \cdot 43,48 \cdot 2 \cdot 1$

$V_{Rd} = 56,68$ kN

$V_{Ed} > V_{Rd}$

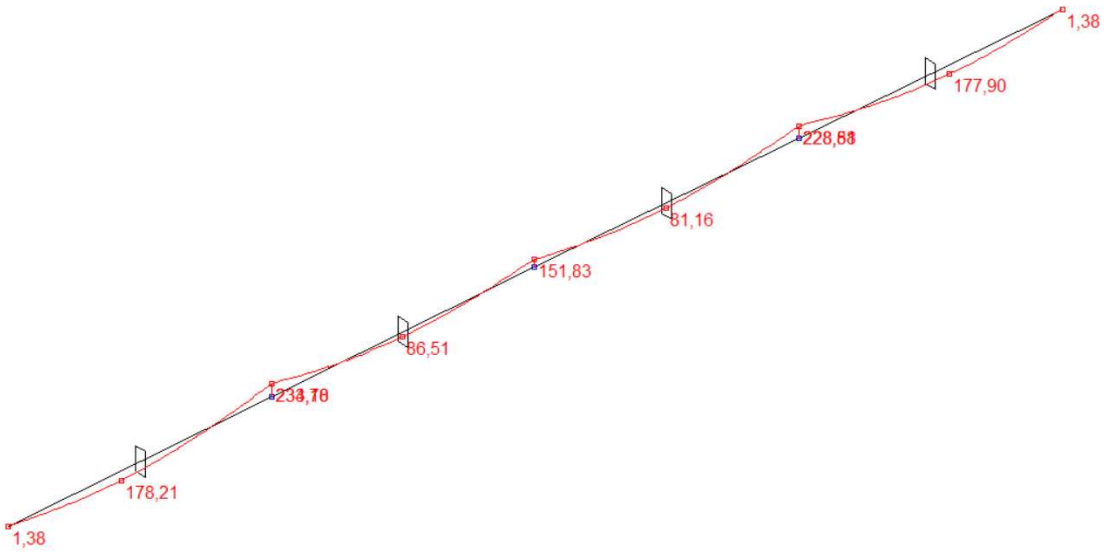
Na mjestu maksimalne poprečne si

$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0,585 \cdot 43,48 \cdot (0,9 \cdot 55)}{146,09} = 17,24$ cm

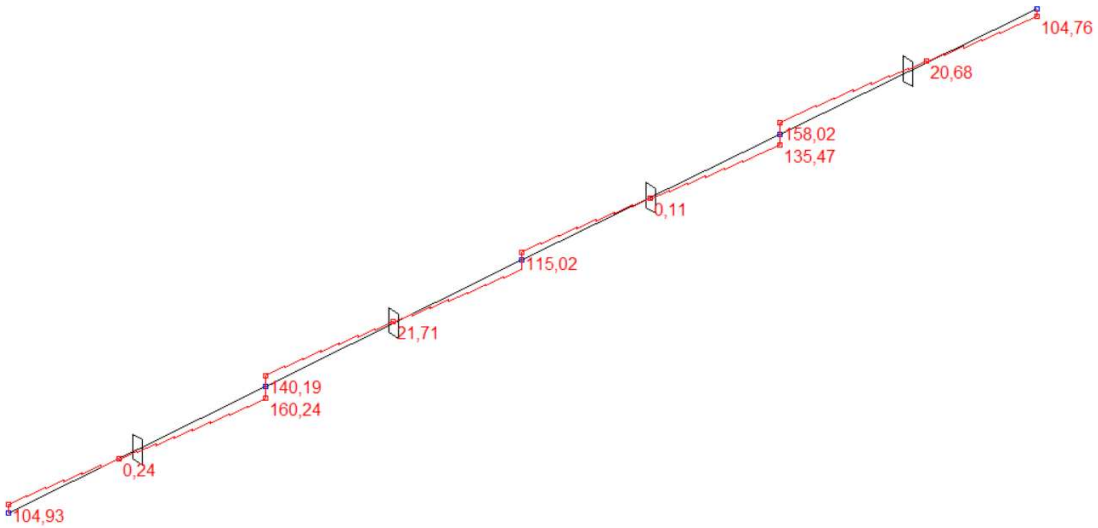
Postaviti spone Ø10/15 ($A_{sw} = 0,79\ cm^2$)

6.4.KONTROLA PUKOTINA GREDE POZICIJE 100

- Kontrola pukotina i progib grede proračunava se na granično stanje uporabljivosti. Mjerodavna kombinacija djelovanja za proračun graničnog stanja uporabljivosti je: 1.0 vlastita težina "+" 1.0 dodatno stalno "+" 1.0 uporabno



Slika 6.9.Moment (kNm)



Slika 6.10.Poprečna sila (kN)

<u>Polje</u> :

M_{Ed} = 178,21 kNm

Prognoza širine pukotine:

$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m})$

Proračun srednje deformacije armature:

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

E_{cm} = 35.00 GPa = 35000 MPa – modul elastičnosti betona

E_s = 200.0 GPa = 200000.0 MPa – modul elastičnosti armature

$f_{ctm} = 3.5$ MPa - za betone klase C 40/50

$k_t = 0.4$ - dugotrajno opterećenje

$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{35,0} = 5.71$

$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{5.71 \cdot 12,57}{30} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 55}{5.71 \cdot 12,57}}\right) = 14,00$ cm

$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = = \frac{17821}{\left(55 - \frac{14,00}{3}\right) \cdot 12,57} = 28,167$ kN /cm^2 =281,67MPa

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2.5 \cdot d_1} = \frac{12,57}{30 \cdot 2.5 \cdot 5.0} = 0.0335$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{281,67 - 0.4 \cdot \frac{3.5}{0.0335} \cdot (1 + 5.71 \cdot 0.021)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{281,67}{200000}$$

$$\frac{231,88}{200000} > \frac{169,00}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.0011$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}}$$

φ = 22 mm – promjer najdeblje šipke

k_1 = 0.8 - Rebrasta armatura

k_2 = 0.5 – Savijanje

k_3=3.4

k_4=0.425

$c = d_1 - \frac{\phi}{2} = 50 - \frac{22}{2} = 39$ mm - zaštitni sloj uzdužne armature

$S_{r,max} = 3.4 \cdot 3{,}9 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{22}{0.0335}$ =124,90mm

$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 124{,}90 \cdot 0.0011 = 0.14 \text{ mm} \leq 0.300 \text{ mm}$

→ pukotine zadovoljavaju

<u>Ležaj</u>:

M_{Ed} = 234,10 kNm

Prognoza širine pukotine:

$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m})$

Proračun srednje deformacije armature:

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

E_{cm} = 35.00 GPa = 35000 MPa – modul elastičnosti betona

E_s = 200.0 GPa = 200000.0 MPa – modul elastičnosti armature

$f_{ctm} = 3.5$ MPa - za betone klase C 40/50

$k_t = 0.4$ - dugotrajno opterećenje

$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{35{,}0} = 5.71$

$x = \frac{\alpha_e \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_e \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{5.71 \cdot 15{,}21}{30} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30 \cdot 55}{5.71 \cdot 15{,}21}}\right) = 15{,}18$ cm

$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_{s1}} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{s1}} = \frac{22410}{\left(55 \ \frac{15{,}18}{3}\right) \cdot 15{,}21} = 29{,}50 \text{kN/cm}^2 = 295{,}0 \text{Mpa}$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_{s1}}{A_{c,eff}} = \frac{A_{s1}}{b \cdot 2.5 \cdot d_1} = \frac{15,21}{30 \cdot 2.5 \cdot 5.0} = 0.04$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = \frac{295,0 - 0.4 \cdot \frac{3.5}{0.04} \cdot (1 + 5.71 \cdot 0.04)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{295,0}{200000}$$

$$\frac{252,0}{200000} > \frac{177,0}{200000}$$

$$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 0.00126$$

Proračun srednjeg razmaka pukotina:

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}}$$

φ = 22 mm – promjer najdeblje šipke

k_1 = 0.8 - Rebrasta armatura

k_2 = 0.5 – Savijanje

k_3=3.4

k_4=0.425

$c = d_1 - \frac{\phi}{2} = 50 - \frac{22}{2} = 39$ mm - zaštitni sloj uzdužne armature

$S_{r,max} = 3.4 \cdot 3,9 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{22}{0.04} = 106,76$ mm

$W_k = w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{s,m} - \varepsilon_{c,m}) = 106,76 \cdot 0.00126 = 0.134$ mm ≤ 0.300 mm

→ pukotine zadovoljavaju

Ostale grede na poziciji 100 armirati će se istom armaturom kao i ova greda jer su istih dimenzija 30x60, relativno istih raspona i manjih momenata i poprečnih sila.

6.5.KONTROLA PROGIBA GREDE POZICIJE 100

Progib kontroliramo za nefaktorizirano opterećenje i bez utjecaja puzanja.

Kontrola progiba za Polje 1:

Granični progib:

$V_{\lim} = \frac{L}{250} = \frac{700}{250} = 2{,}8$ cm

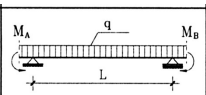
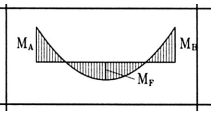
Beton: C 40/50; f_{ck}=40.0 MPa

$$E_{cm} = 9500 \cdot \sqrt[3]{\text{fck} + 8} = 9500 \cdot \sqrt[3]{40 + 8} \approx 35000\ MPa$$

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{2/3} = 0.3 \cdot (40.0)^{2/3} = 3.5\ MPa$$

Čelik: B500B ; E_s= 200.0 GPa

$$\alpha_{eI} = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200.0}{35} = 5.71$$

Red	Tip opterećenja	Dijagram momenata savijanja	Koeficijent k iz izraza (5.131)
7			$k = \frac{5}{48}(1 - 0{,}1\beta)$ $\beta = \lvert M_A + M_B \rvert / \lvert M_F \rvert$

$v_{tot} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}}$

$\beta = \lvert M_A + M_B \rvert / \lvert M_F \rvert = \lvert 234{,}10 + 151{,}83 \rvert / \lvert 86{,}51 \rvert$

$\beta = 4{,}46$

$k = \frac{5}{48} \cdot (1 - 0{,}1 \cdot \beta) = 0{,}104 \cdot (1 - 0{,}1 \cdot 4{,}46) = 0{,}0576$

Progib homogenog presjeka:

A_{s1} = 2Ø20= 6,28 cm^2

A_{s2} = 4Ø22 = 15,21 cm^2

$$I_l = \frac{b \cdot h^3}{12} + \alpha_{el} \cdot \left[A_{s1} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_2\right)^2 + A_{s2} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1\right)^2\right] =$$

$$= \frac{30 \cdot 60^3}{12} + 5{,}71 \cdot \left[6{,}28 \cdot \left(\frac{60}{2} - 5\right)^2 + 15{,}21 \cdot \left(\frac{60}{2} - 5\right)^2\right] =$$

$= 616692{,}44$ cm^4

$E_{c,eff} = E_{cm}$ = 35,0 GN/m^2 = 3500.0 kN /cm^2

$$\frac{I}{r_l} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_l} = \frac{8651}{3500 \cdot 616692{,}44} = 0{,}000004 \frac{1}{cm}$$

Progib potpuno raspucanog presjeka:

x =14,00cm (izračunato kod pukotina)

$$I_{II} = \frac{b \cdot x^3}{12} + b_x \cdot \left(\frac{x}{2}\right)^2 + \alpha_{el} \cdot [A_{s1} \cdot (d-x)^2 + A_{s2} \cdot (x-d_2)^2]$$

$$= \frac{30 \cdot 14^3}{12} + (30 \cdot 14) \cdot \left(\frac{14}{2}\right)^2 + 5{,}71 \cdot [6{,}28 \cdot (55-14)^2] =$$

$$= 87718{,}64 \text{ cm}^4$$

$$\frac{I}{r_{ll}} = \frac{M_{Ed}}{E_{c,eff} \cdot I_{ll}} = \frac{8651}{3500 \cdot 87718{,}64} = 0{,}0000282 \frac{1}{cm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{M_{cr}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_{S1}}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W = f_{ctm} \cdot \frac{b \cdot h^2}{6} = 0{,}35 \cdot \frac{30 \cdot 60^2}{6} = 6300 \text{ kNcm}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{6300}{\left(55 - \frac{14}{3}\right) \cdot 15{,}21} = 8{,}23 \text{ kN/cm}^2 = 82{,}3 \text{ MPa}$$

$\beta_1 = 1{,}0$ –Rebrasta armatura

$\beta_2 = 0{,}5$ –Dugotrajno opterećenje

$$\zeta = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s}\right)^2 = 1 - 1{,}0 \cdot 0{,}5 \cdot \left(\frac{82{,}3}{295{,}0}\right)^2 = 0{,}961$$

$$\frac{I}{r_m} = (1-\zeta) \cdot \frac{I}{r_l} + \zeta \cdot \frac{I}{r_{ll}} = (1-0{,}961) \cdot 0{,}000004 + 0{,}961 \cdot 0{,}0000282 = 0{,}000027 \frac{1}{cm}$$

k =0,0576

L = 700,0 cm

$$V_{tot,t=0} = k \cdot L^2 \cdot \frac{1}{r_{tot}} = 0{,}0576 \cdot 700^2 \cdot 0{,}000027 = 0{,}76 \text{ cm} < V_{lim} = 2{,}8 \text{ cm}$$

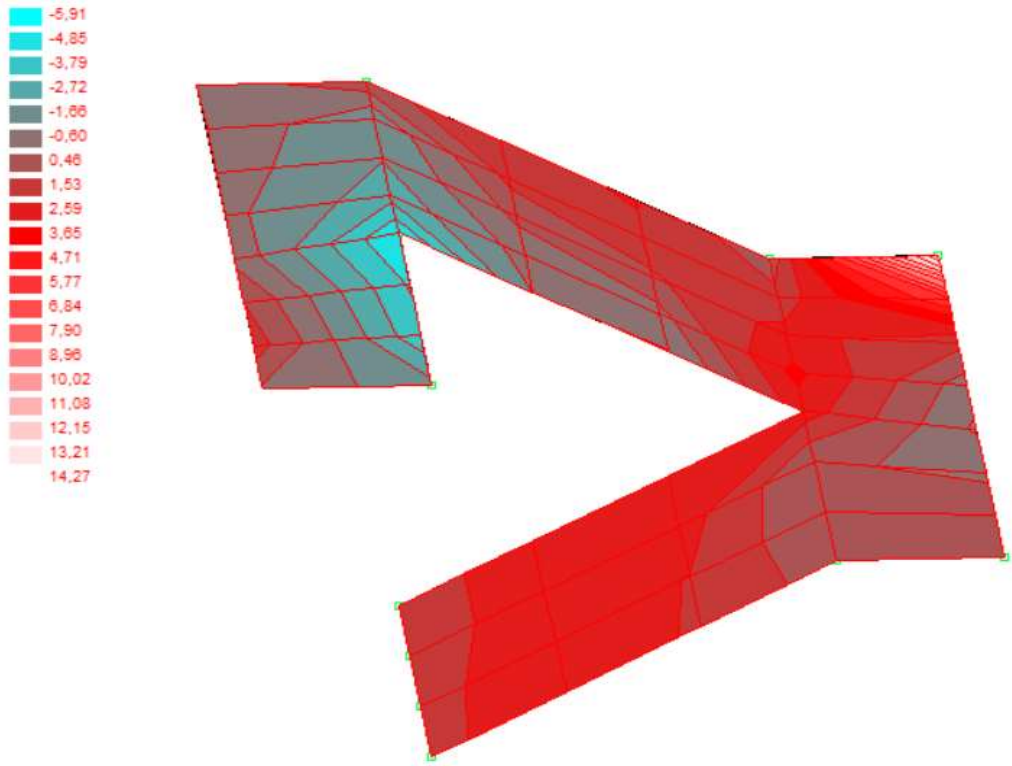
Greda zadovoljava !

7. PRORAČUN STUBIŠTA

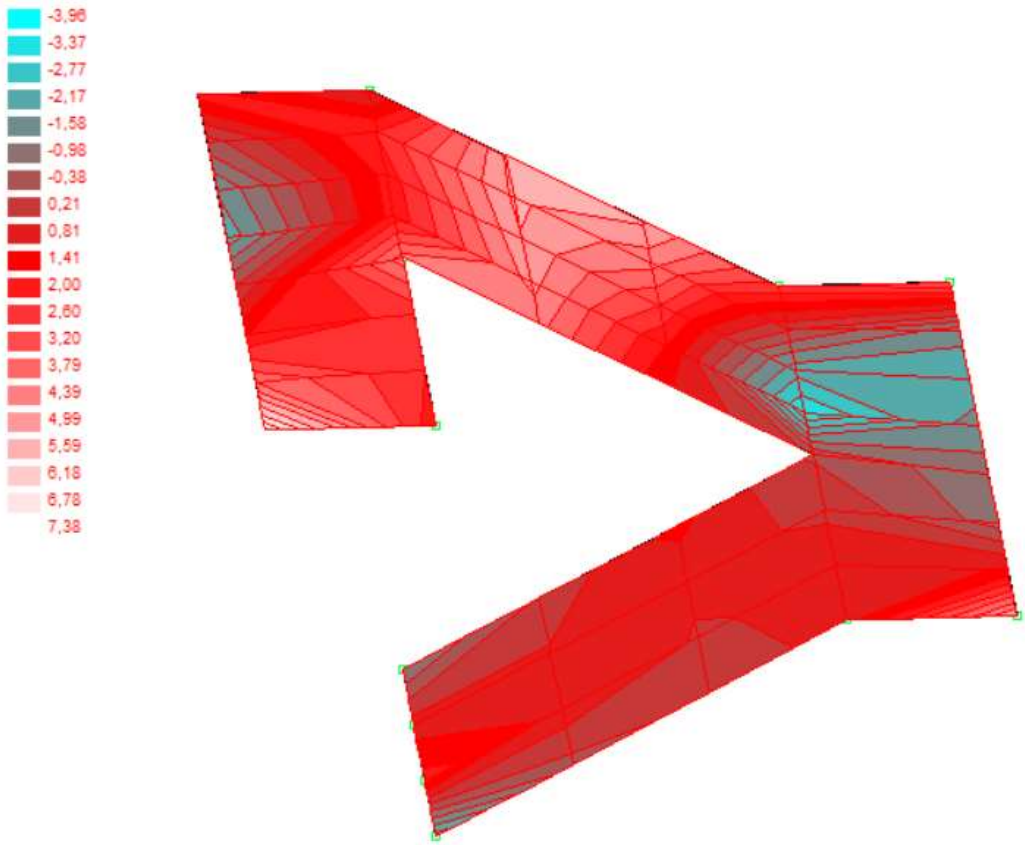
7.1.MJERODAVNE REZNE SILE

-Granično stanje nosivosti

Mjerodavna kombinacija : $M_{sd} = 1{,}35*(M_G + M\Delta\boldsymbol{g}) + 1{,}5*M_q$



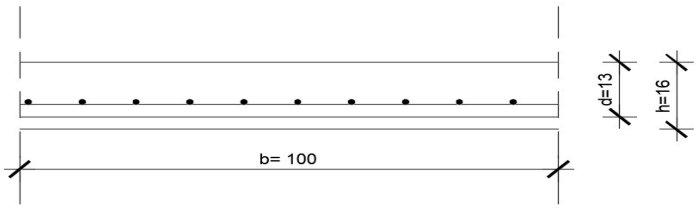
Slika 7.1. Moment Mx (kNm)



Slika 7.2. Momenti My (kNm)

7.2.DIMENZIONIRANJE STUBIŠTA

Polje



M_{Ed} = 10.02 kNm/m

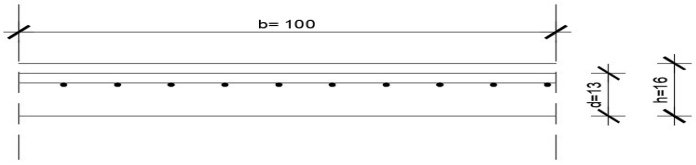
$$\mu_{sd} = \frac{M_{ed}}{b \ . \ d^2 . f_{cd}} = \frac{1002}{100 * 13^2 * 2{,}67} = 0{,}0222$$

Očitano: ε_{s1} = 10‰ , ε_{c2} = 0,9‰ , ζ= 0,971 , ξ= 0,083

A_{s1}= $M_{Ed}/\zeta*d*f_{yd}$= 1002/0,971*13*43,48 = 1,83 cm^2/m

Odabrano za sve ploče: R-196 (A_{s1}= 1,96 cm^2/m)

<u>Ležaj</u>



M_{Ed} = 14,27 kNm/m

$$\mu_{sd} = \frac{M_{ed}}{b \ . \ d^2 . f_{cd}} = \frac{1427}{100 * 13^2 * 2{,}67} = 0{,}0316$$

Očitano: ε_{s1} = 10‰ , ε_{c2} = 1,1‰ , ζ= 0,965 , ξ= 0,099

A_{s1}= $M_{Ed}/\zeta*d*f_{yd}$= 1427/0,965*13*43,48 = 2,62 cm^2/m

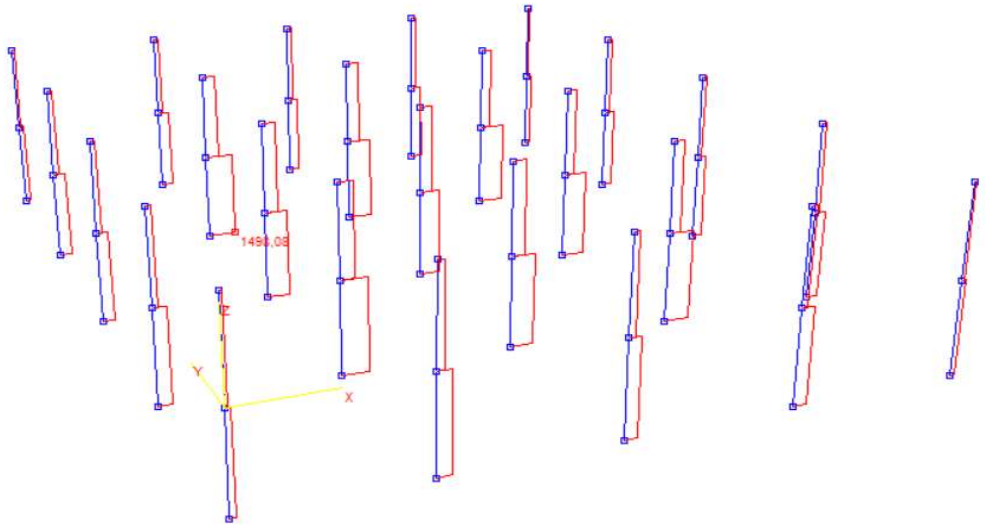
Odabrano za sve ploče: R-283 (A_{s1}= 2,83 cm^2/m)

8. PRORAČUN STUPOVA

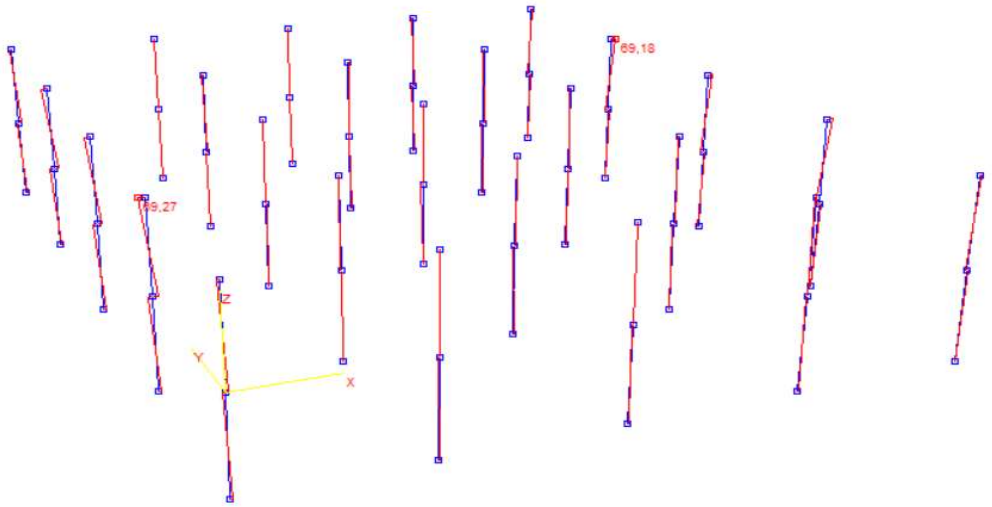
8.1.MOMENTI SAVIJANJA I UZDUŽNE SILE STUPOVA

Kombinacija opterećenja s VJETROM :

$$1{,}35\cdot(g+\Delta g)+1{,}5\cdot q+1{,}5\cdot W_x$$



Slika 9.1. Dijagram uzdužnih sila



Slika 9.2. Dijagram momenta savijanja

Tablica 9.1. Rezne sile u stupovima

		M(kNm)	N(kN)
1. Kombinacija	MaxN	69,18	-1498.08

8.2.DIMENZIONIRANJE STUPA

8.2.1. Određivanje dimenzija stupova

Najnepovoljniji utjecaj je na srednji stup. Vanjske stupove na koje otpada nešto manje vertikalno opterećenje nećemo razmatrati posebno već ćemo sve stupove tretirati kao da su središnji.

$$\left.\begin{aligned}
&N_{100} = \left(\gamma_g \cdot (g_{100} + \Delta g_{100}) + \gamma_q \cdot q_{100}\right) \cdot L_1 \cdot L_2 \\
&N_{100} = (1.35 \cdot 7.17 + 1.5 \cdot 3.5) \cdot 5{,}5 \cdot 7{,}0 \\
&N_{100} = 574{,}78 \text{ kN} \\
&N_{200} = \left(\gamma_g \cdot (g_{200} + \Delta g_{200}) + \gamma_q \cdot q_{200}\right) \cdot L_1 \cdot L_2 \\
&N_{200} = (1.35 \cdot 7{,}05 + 1.5 \cdot 2{,}0) \cdot 5{,}5 \cdot 7{,}0 \\
&N_{200} = 481{,}92\text{kN}
\end{aligned}\right\} \quad N = 1056{,}7 \text{ kN}$$

Klasa betona: C40/50 → $f_{cd} = \frac{40}{1.5} = 26.67$ MPa

Radi puzanja naprezanja u betonu ograničavamo na 45% tlačne čvrstoće betona.

Ac,potr= b ·h >(1,35 ·NG+ 1,5 ·NQ) / 0,45 ·fcd= 1056,7 / 0,45 ·2,67 = 879,48 cm2

Zbog simetričnosti konstrukcije, a uzimajući u obzir da je stup centrično opterećen, odabiremo kvadratni presjek stupa.

$a = \sqrt{A} = \sqrt{879{,}48} = 0.2965\ m = 29{,}65cm$

odabrano: $a = 30$ cm

8.2.2. Dimenzioniranje pomoću dijagrama interakcije

Rezne sile dobivene u programu *AspalathosLinear*su po teoriji I. reda.

Tablica 9.2. Rezne sile u stupovima

N (kN)	M (kNm)
-1498,08	69,18

Pretpostavljamo:

(za α=1,0 –simetrična armatura; β=d1/h = d2/h =0,1)

$$v_{sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} = \frac{-1498{,}08}{30 \cdot 30 \cdot 2.67} = -0{,}62$$

$$\mu_{Sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} = \frac{69{,}18 \cdot 100}{30 \cdot 30^2 \cdot 2.67} = 0{,}10$$

mehanički koeficijent armiranja ω_1= 0,05

ω_2= 0,05

$$A_{S1=}A_{S2=}\omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot h = 0.05 \cdot \frac{2.67}{43.48} \cdot 30 \cdot 30 = 2.76\ cm^2$$

Ukupna površina armature za simetrično armiranje

As1+ As2 = 2.76·2=5.52 cm^2

As,min = 0,1 · NEd / fyd = 0,1 · 1498,08 / 43,48 = 3,45 cm^2

As,min = 0,002 · Ac = 0,002 · 879,48 = 1.76 cm^2

Odabrane šipke: 4Ø14+4Ø14*(*A_s=6,16+6,16=12.32 cm^2)

8.2.3. Proračun poprečne armature stupa

Površinu poprečne armature uzima se kao kod greda ϕ10(As= 0.79 cm^2)

Razmak spona:

S= min (b= 30 cm ; 15×ϕ= 15×1.0= 15 cm)

ODABRANO: Spone ϕ10/15 cm

U blizini ležaja razmak spona umanjivamo faktorom 0.6 i razmak iznosi 10 cm.

9. PRORAČUN TEMELJA SAMCA ISPOD STUPA

9.1. DIMENZIONIRANJE TEMELJA

Temelj je proračunat za granično stanje nosivosti. Za dobivanje mjerodavnih naprezanja na spoju stup – temelj korištene su slijedeće kombinacije opterećenja:

$$1{,}35 \cdot g_{vl.težina} + 1{,}35 \cdot g_{dodatno\ stalno} + 1{,}5 \cdot q + 1{,}5 \cdot w_x$$

Iz navedene kombinacije dobivena jemaksimalna uzdužna sila i pripadni moment.
Odabrane mjerodavne sile na spoju:

1. kombinacija: $N_{max} = 1498{,}08\ \text{kN}$

$M_{pripadno} = 69{,}18\ \text{kNm}$

9.1.1. Preliminarno određivanje dimenzija temelja

Temelj je centrično opterećen zbog čega odabiremo kvadratni poprečni presjek.

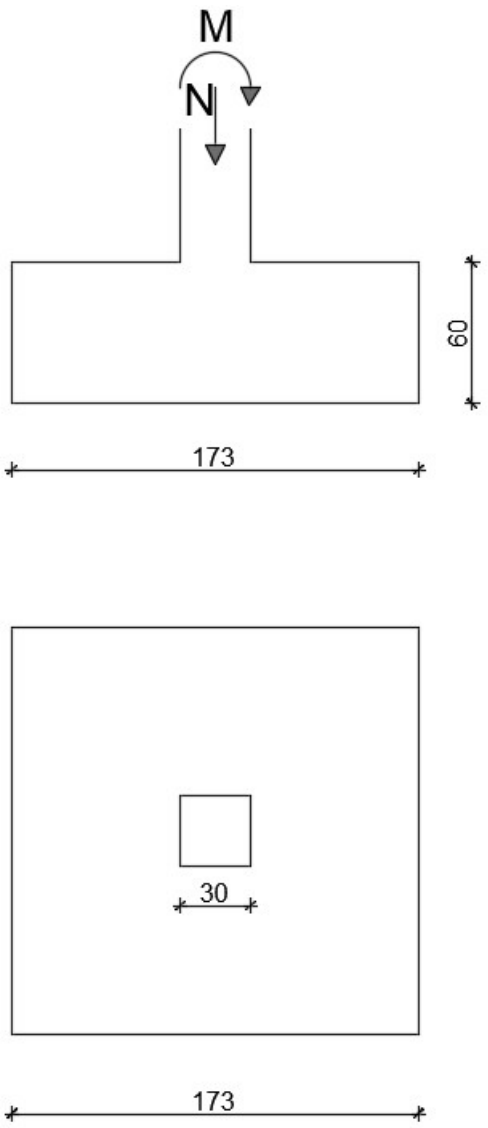
Dopuštena naprezanja u tlu (ovise o vrsti tla): $\sigma_{dop} = 0{,}54\ \text{MN/m}^2$

Širina i duljina temelja: $d = š = b = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{f^*_{cd}}{\sigma_{t,dop}}} = a_{stup} \cdot \sqrt{\frac{0{,}45 f_{ck}}{\sigma_{t,dop}}} =$

$$= 0{,}30 \cdot \sqrt{\frac{0{,}45 \cdot 40}{0{,}54}} = 1{,}73\ \text{m}$$

Visina temelja: $v = 2 \cdot a_{stup} = 2 \cdot 0{,}30 = 0{,}60\text{m} = 60\ \text{cm}$

Težina temelja: $N_t = 1{,}73 \cdot 1{,}73 \cdot 0{,}60 \cdot 25 = 44{,}90\ kN$



Slika 10.1.Preliminarne dimenzije temelja

9.2.NAPREZANJA NA DODIRNOJ PLOHI TEMELJ – TLO

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$A = 1{,}73 \cdot 1{,}73 = 2{,}99\ m^2$$

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{1{,}73 \cdot 1{,}73^2}{6} = 0{,}86\ m^3$$

1. kombinacija

$$N_{max} = 1498{,}08\ kN \qquad \rightarrow N_{Ed} = N_{max} + N_t = 1498{,}08 + 44{,}90 = 1542{,}98\ kN$$

$$M_{pripadno} = 69{,}18\ kNm$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{1542{,}98}{2{,}99} \pm \frac{69{,}18}{0{,}86} = 416{,}04 \pm 80{,}44$$

$$\sigma_1 = 496{,}48\ kN/m^2$$

$$\sigma_2 = 335.6\ kN/m^2$$

9.3. PRORAČUN ARMATURE TEMELJA

- **Momenti u presjeku 1-1**

$$M_{1-1} = \sigma_{1-1} \cdot b_1 \cdot \frac{b_1}{2} + (\sigma_1 - \sigma_{1-1}) \cdot \frac{b_1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot b_1$$

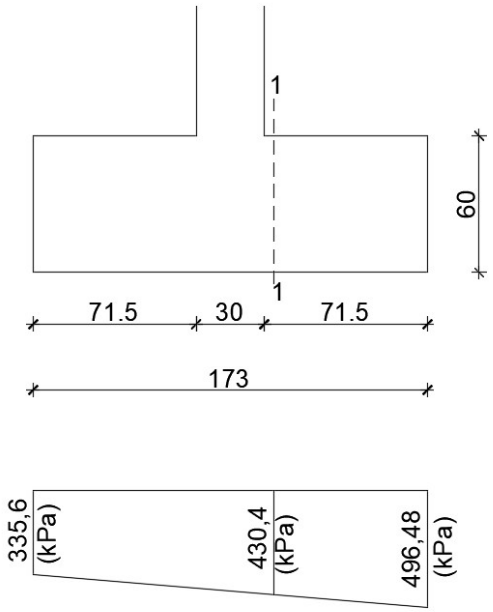
$$\sigma_{1-1} = \sigma_1 - \frac{b_1}{b} \cdot (\sigma_1 - \sigma_2)$$

1. kombinacija

$$\sigma_{1-1} = 496.48 - \frac{0.715}{1{,}73} \cdot (496{,}48 - 335.6) = 430.4\ kPa$$

$$M_{1-1} = 430.4 \cdot 0.715 \cdot \frac{0.715}{2} + (496.48 - 335.6) \cdot \frac{0.715}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot 0.715$$

$$M_{1-1} = 137.43\ kNm$$



Slika 10.2. Naprezanje ispod temelja

Mjerodavni moment za proračun armature:

$M_{sd}^{1-1} = 137.43\ \text{kNm}$

Klasa betona: C40/50 → $f_{ck} = 40\ \text{MPa}$ → $f_{cd} = \frac{40}{1,5} = 26,67\ \text{MPa} = 2,67\ \text{kN/cm}^2$

Zadana armatura: B500B → $f_{yk} = 500\ \text{MPa}$ → $f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78\ \text{MPa} = 43,48\ \text{kN/cm}^2$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{137.43 \cdot 100}{100 \cdot 55^2 \cdot 2,67} = 0,017$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10.0$ ‰, $\varepsilon_{c2} = 0,7$ ‰, $\xi = 0,065$, ζ=0,977

$$A_{s1} = \frac{M_{ed,1-1}}{f_{yd} \cdot \zeta \cdot d} = \frac{137,43 \cdot 100}{43,48 \cdot 0,977 \cdot 55} = 5,88\ \text{cm}^2/\text{m}'$$

$$A_{s1} = \frac{5,88}{1,73} = 3,40\left(\frac{\text{cm}^2}{\text{m}'}\right)$$

Odabrana armatura:

$$A_{s1,\text{potrebno}} = 3,40\left(\frac{\text{cm}^2}{\text{m}}\right)$$

U donju zonu temelja:

Odabrana armatura: mreža Q385 ($A_{s1} = 3.85\ \text{cm}^2/\text{m}$)

Konstruktivna armatura u gornjoj zoni: mreža Q226 ($A_{s1} = 2,26\ \text{cm}^2/\text{m}$)

10. PRILOZI

10.1. ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- DONJA ZONA

10.2. ARMATURA PLOČE POZICIJA 100- GORNJA ZONA

10.3. ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- DONJA ZONA

10.4. ARMATURA PLOČE POZICIJA 200- GORNJA ZONA

10.5. ARMATURNI PLAN GREDE

10.6. ARMATURNI PLAN STUBIŠTA

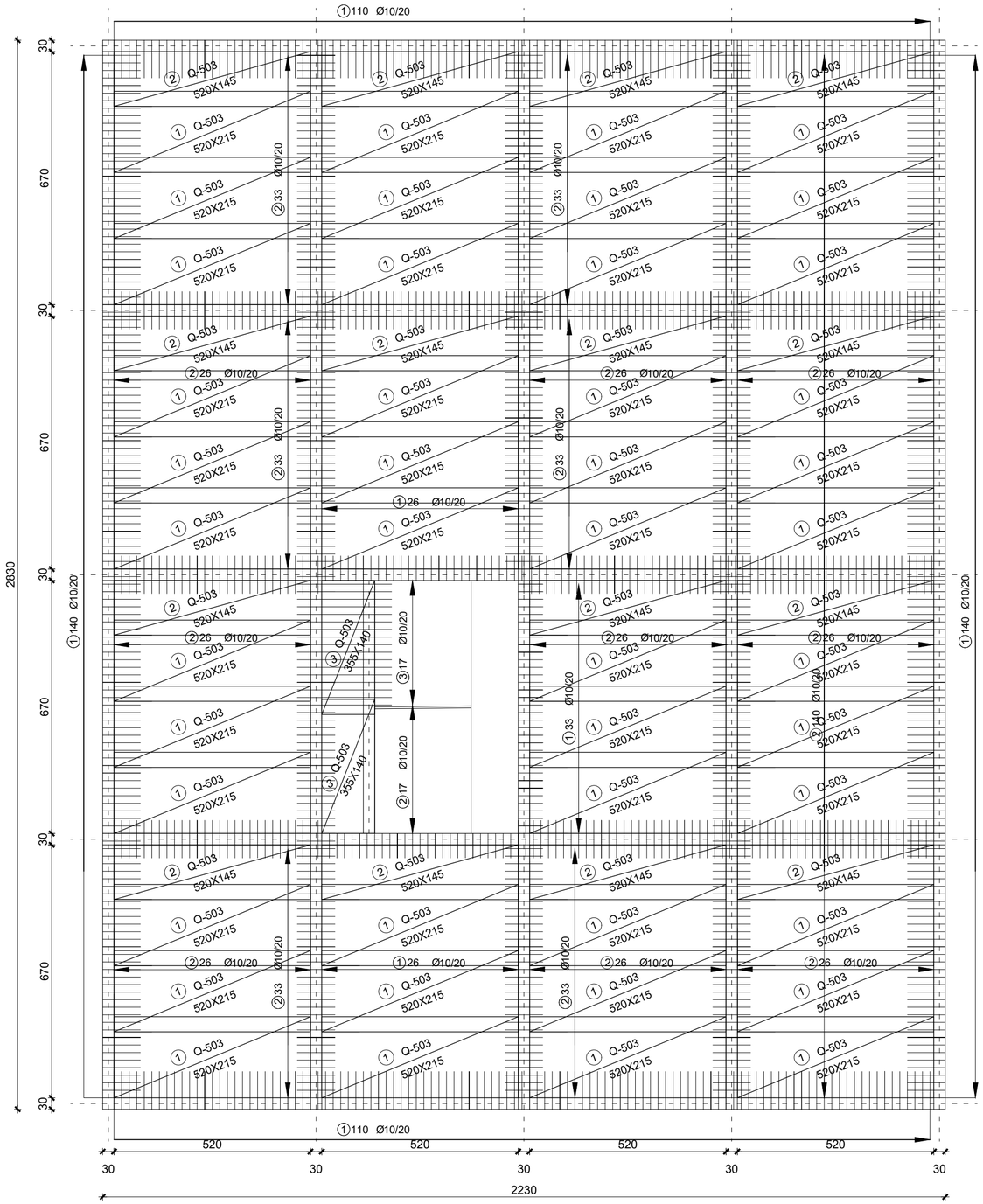
11.*LITERATURA*

Radnić J.,Harapin A. Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta.
Fakultet građevinarstva arhitekture i geodezije Splitu, studeni 2013.

V. Herak Marović: Betonske konstrukcije 2, nastavni tekst (predavanja, vježbe) na web stranici

V. Herak Marović: Betonske konstrukcije 1, nastavni tekst (predavanja, vježbe) na web stranici

ARMATURA PLOČA POZICIJE 100 (DONJA ZONA) M 1:100



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

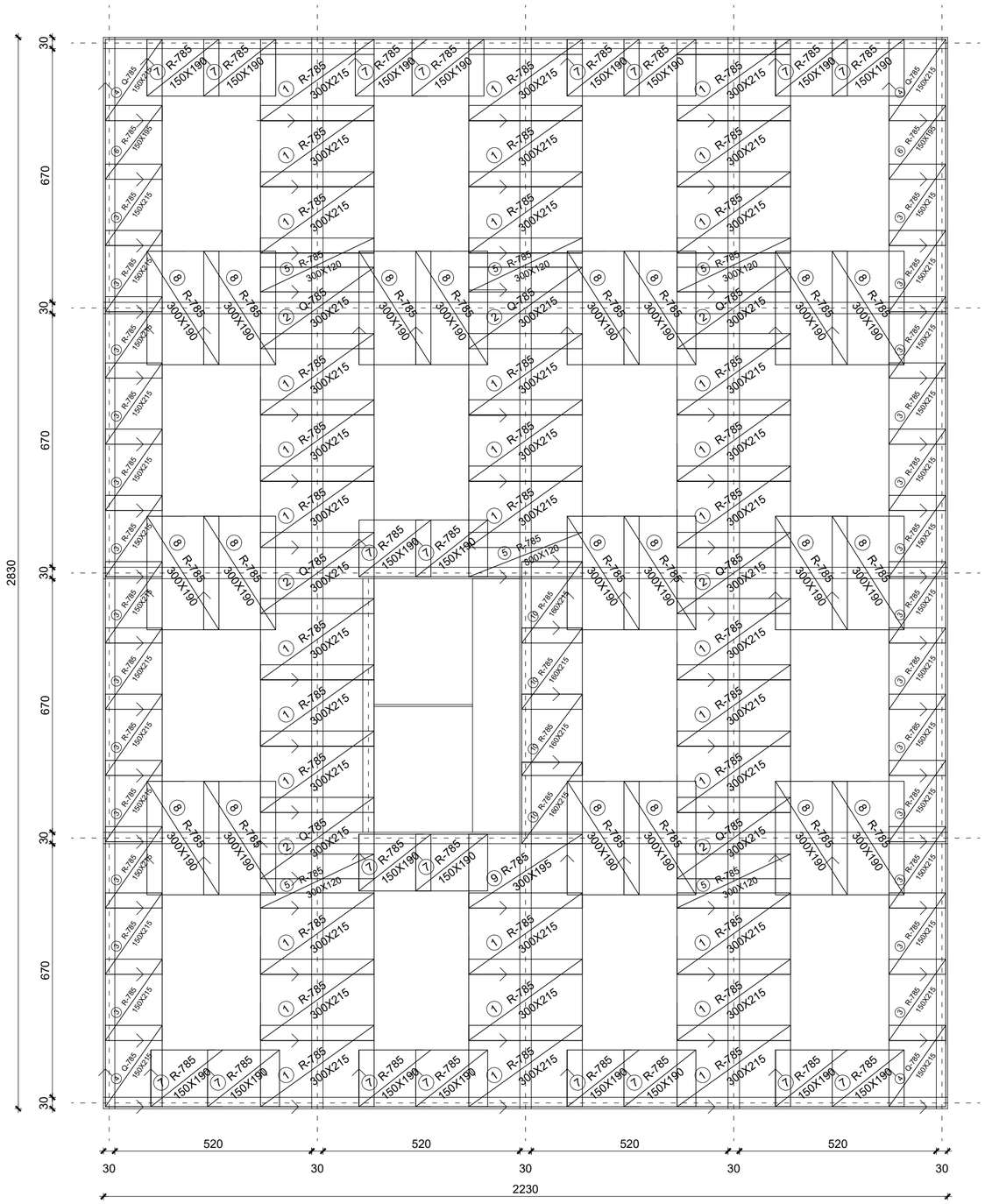
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-503	30 520	520x215	48	8,03	4309,2
2	Q-503	30 520	520x145	16	8,03	968,7
3	Q-503	30 355	355x140	2	8,03	79,8
					UKUPNO: (KG)...	5357,7

ISKAZ REBRASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	30 100	10	0,617	585	130	469,2
2	170	10	0,617	598	170	627,2
3	350	10	0,617	17	350	22,6
					UKUPNO: (KG)...	1118,9

Betonske konstrukcije II		
TEMA	ARMIRANO BETONSKA KONSTRUKCIJA	
STUDENT	Ante Mandić ; 1707	
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN POZ 100	MJERILO 1:100
DATUM	rujan,2018.	BR. PRILOGA 10.1

ARMATURA PLOČA POZICIJE 100 (GORNJA ZONA) M 1:100

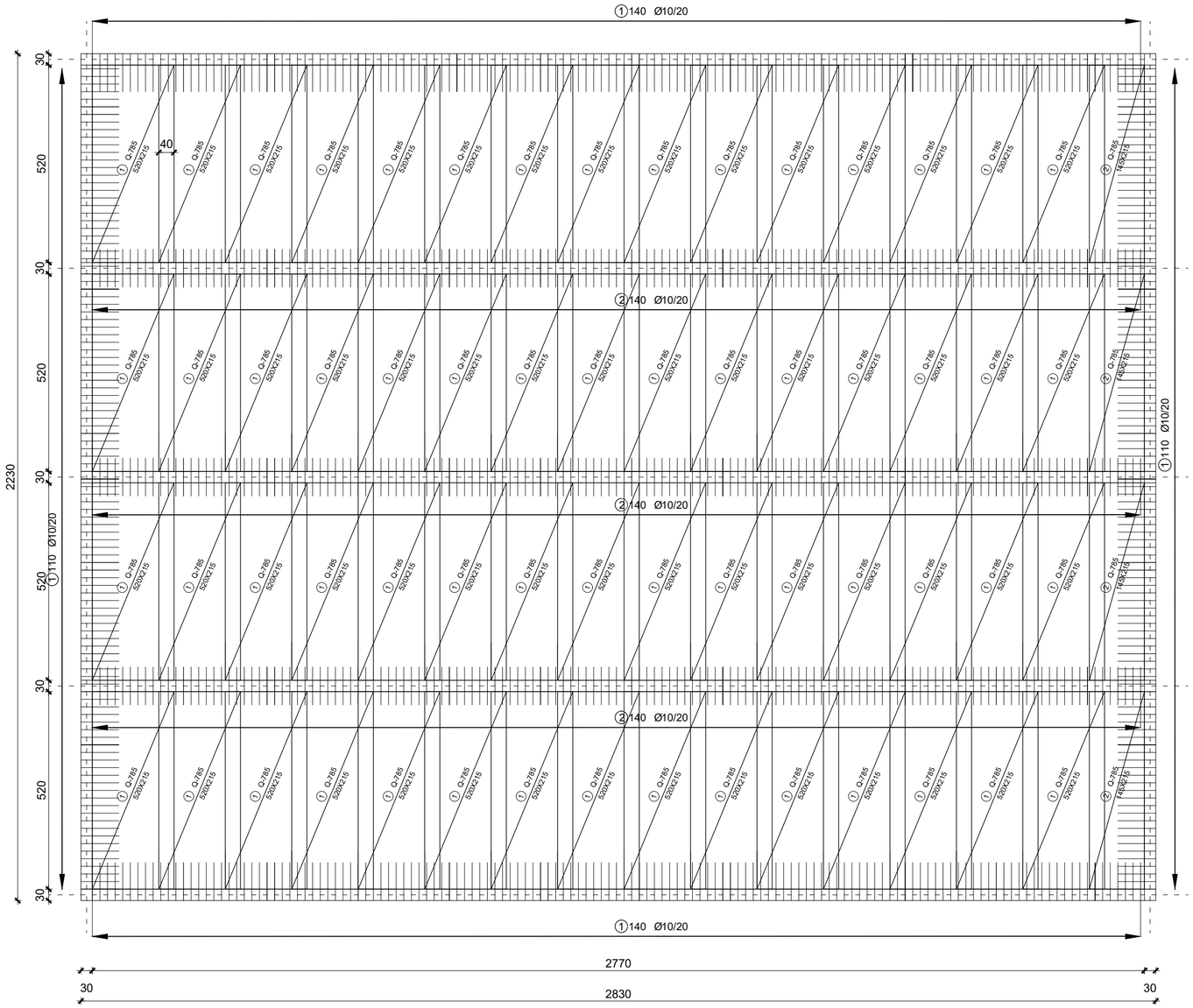


ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	R-785	150 / 300	300x215	33	7,35	1564,4
2	Q-785	150 / 215	300x215	7	12,46	562,5
3	R-785	150 / 215	150x215	26	7,35	616,3
4	Q-785	150 / 215	150x215	4	12,46	160,7
5	R-785	150 / 300	300x120	6	7,35	158,7
6	R-785	150 / 195	195x150	2	7,35	42,9
7	R-283	150 / 190	190x150	19	7,35	398,0
8	R-283	150 / 300	300x190	20	7,35	837,9
9	R-283	150 / 300	300x195	1	7,35	42,9
10	R-283	150 / 215	215x160	4	7,35	101,1
				UKUPNO:	(KG)...	4485,4

Betonske konstrukcije II		
TEMA	ARMIRANO BETONSKA KONSTRUKCIJA	
STUDENT	Ante Mandić ; 1707	
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN POZ 100	MJERILO 1:100
DATUM	rujan,2018.	BR. PRILOGA 10.2

ARMATURA PLOČA POZICIJE 200 (DONJA ZONA) M 1:100



ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

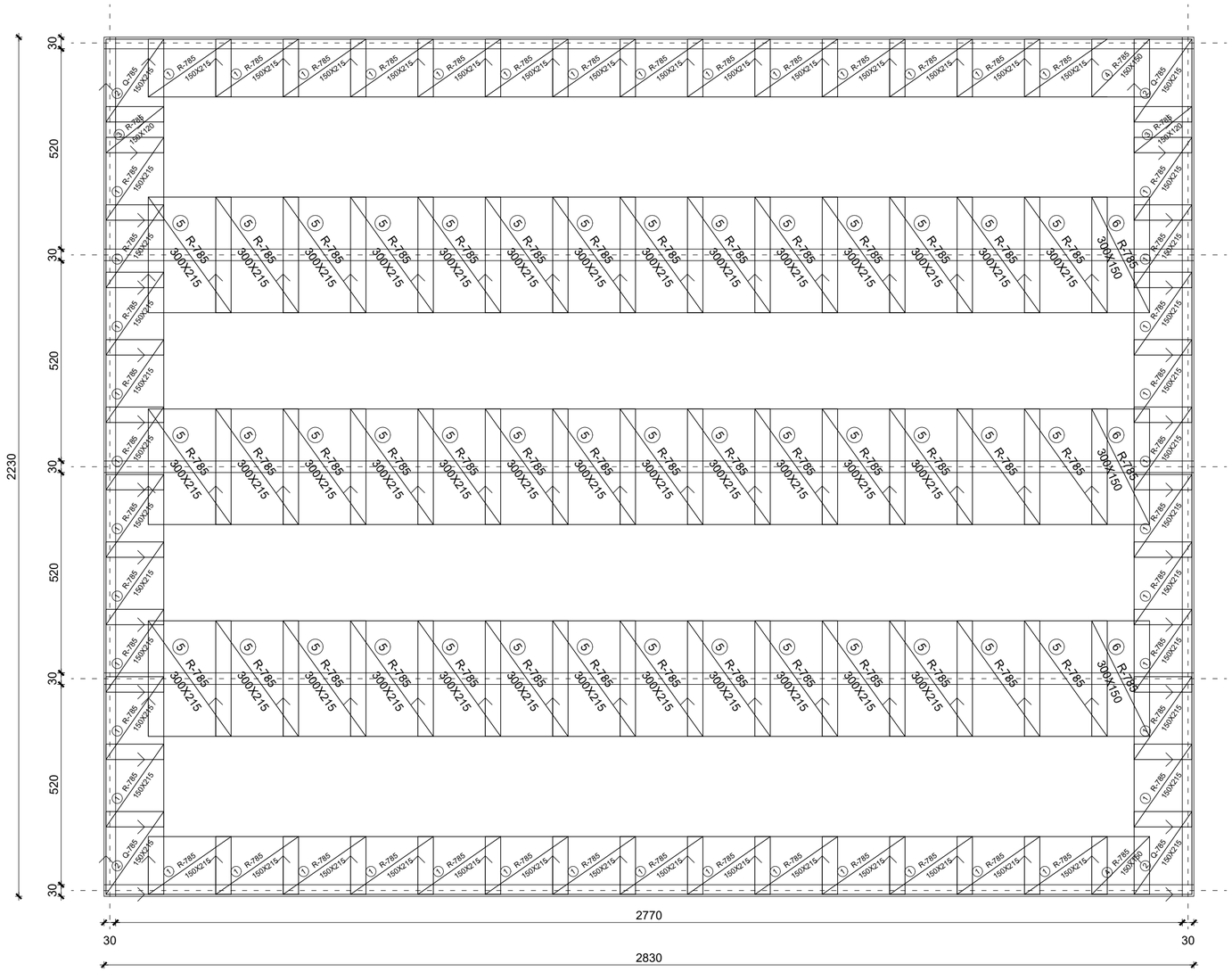
POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	Q-785	520	520x215	60	12,46	8358,17
2	Q-785	520	520x145	4	12,46	375,79
					UKUPNO: (KG)...	8733,96

ISKAZ REBRASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	50 100	10	0,617	500	130	401,1
2	170	10	0,617	420	170	440,54
					UKUPNO: (KG)...	841,64

Betonske konstrukcije II			
TEMA	ARMIRANO BETONSKA KONSTRUKCIJA		
STUDENT	Ante Mandić ; 1707		
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN POZ 200	MJERILO	1:100
DATUM	rujan,2018.	BR. PRILOGA	10.3

ARMATURA PLOČA POZICIJE 200 (GORNJA ZONA) M 1:100

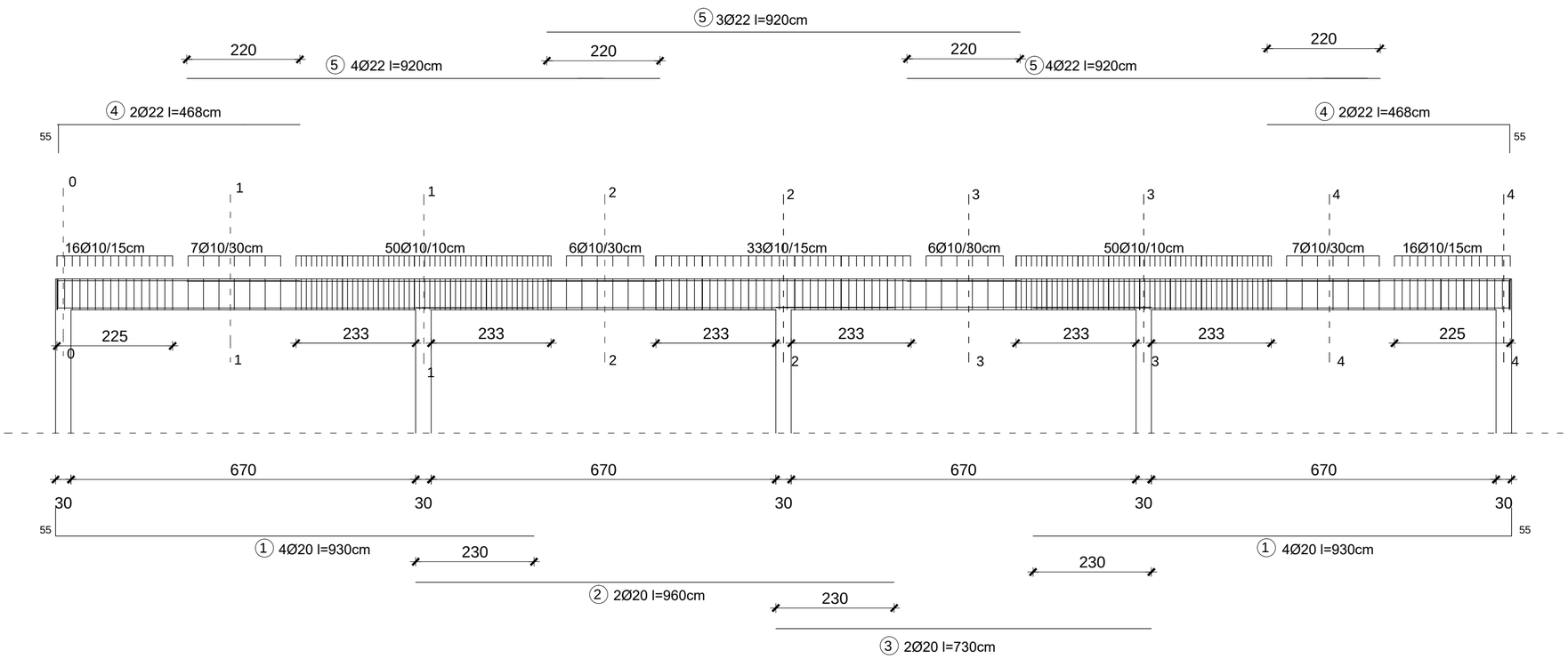


ISKAZ MREŽASTE ARMATURE
Čelik B500B

POZ.	TIP MREŽE	OBLIK	DIMENZIJE (cm)	KOM.	MASA (kg/m2)	UKUPNA MASA
1	R-785	150 / 215	150x215	48	7,35	1137,78
2	Q-785	150 / 215	150x215	4	12,46	160,7
3	R-785	120 / 150	150x120	2	7,35	24,46
4	R-785	150 / 150	150x150	2	7,35	33,1
5	R-785	300 / 215	300x215	42	7,35	1991,1
6	R-785	300 / 150	300x150	3	7,35	99,22
					UKUPNO: (KG)...	3446,36

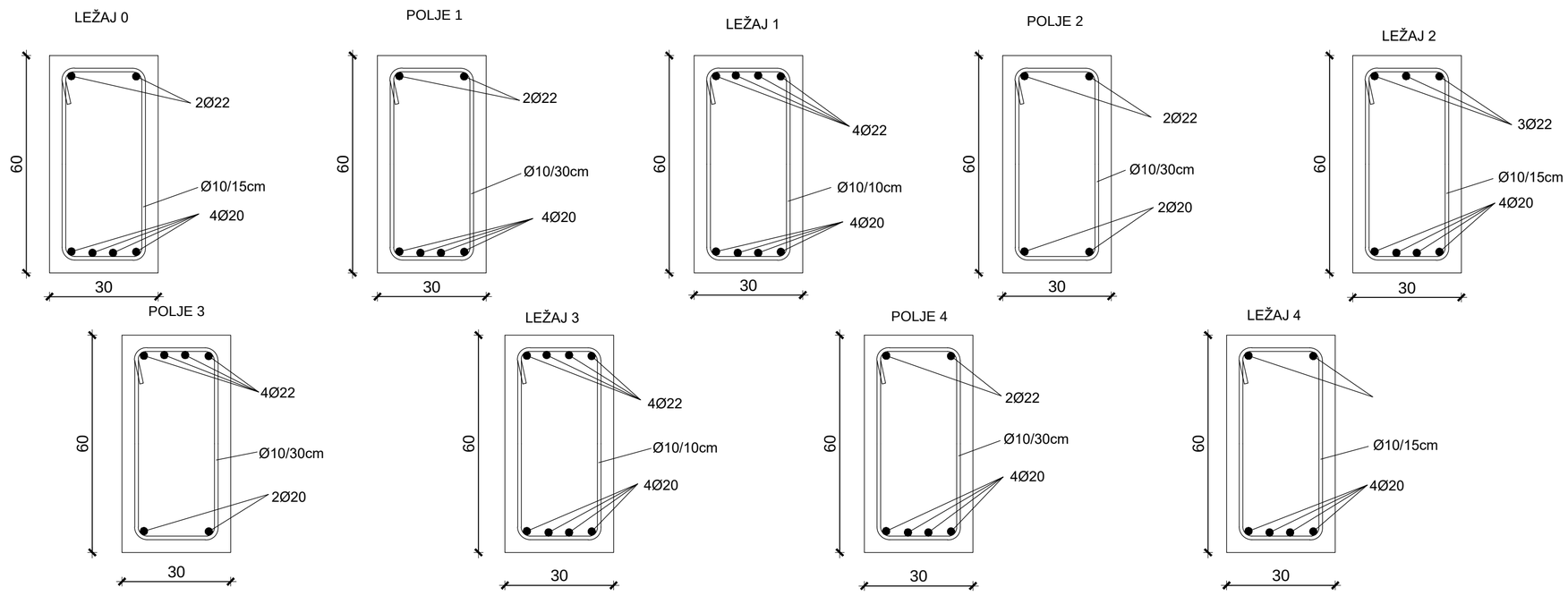
Betonske konstrukcije II		
TEMA	ARMIRANO BETONSKA KONSTRUKCIJA	
STUDENT	Ante Mandić ; 1707	
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN POZ 200	MJERILO 1:100
DATUM	rujan,2018.	BR. PRILOGA 10.4

ARMATURA KONTINUIRANOG NOSAČA M 1:75



ISKAZ REBRASTE ARMATURE
Čelik B500B

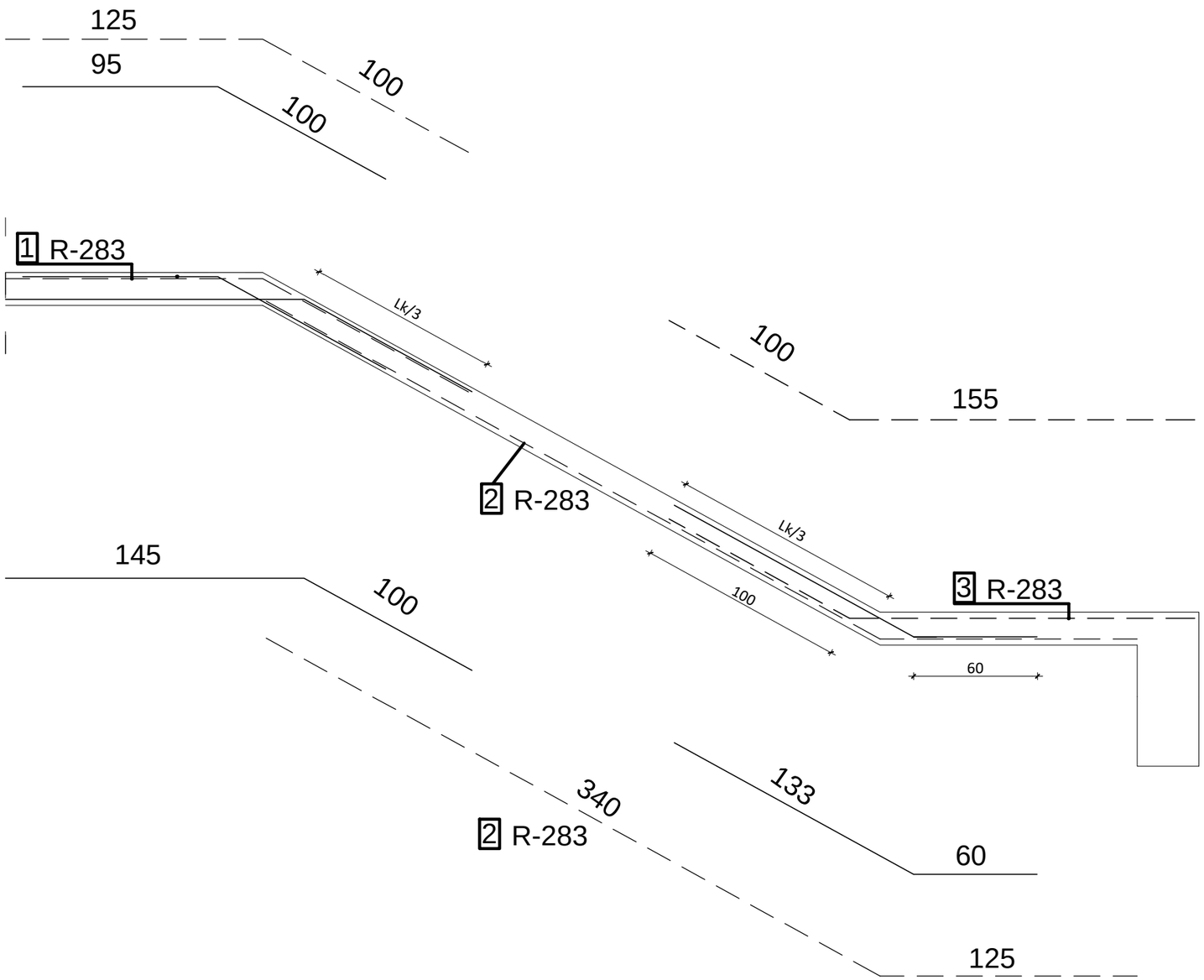
POZ.	OBLIK	Ø	JED. MASA (kg/m)	KOM.	L(cm)	MASA (kg)
1	55 930	20	2,466	8	985	194,3
2	960	20	2,466	2	960	47,3
3	730	20	2,466	2	730	36,0
4	468 55	22	2,984	4	523	62,4
5	920	22	2,984	11	920	301,9
6	162	10	0,617	191	162	190,9
					UKUPNO: (KG)...	832,8



Betonske konstrukcije II

TEMA	ARMIRANO BETONSKA KONSTRUKCIJA	
STUDENT	Ante Mandić ; 1707	
SADRŽAJ	ARMATURNI PLAN POZ 100	MJERILO 1:75
DATUM	rujan,2018.	BR. PRILOGA 10.5

ARMATURNI PLAN STUBIŠTA M 1:25



OBLIK I DIMENZIJE (cm)	PROFIL (mm)	DULJINA (m)	KOM.	UKUPNA DULJINA	MASA (kg/m)	UKUPNA MASA (kg)
ŠIPKE - SPECIFIKACIJA						
95 100	Φ10	1,95	18	19,0	0,617	11,72
145 100	Φ10	2,45	13	31,8	0,617	19,62
133 60	Φ10	1,63	10	16,3	0,617	10,06
			UKUPNA MASA = 41,4 kg			

POZ.	OBLIK MREŽE	TIP MREŽE	DIMENZIJE (cm)	MASA (kg/m^2)	BROJ MREŽA	UKUPNA MASA (kg)
MREŽE - SPECIFIKACIJA						
1.	225 220	R-283	220x225	2,77	2	27,4
2.	465 220	R-283	220x465	2,77	2	56,67
3.	255 220	R-283	220x255	2,77	2	31,1
				UKUPNA MASA = 115,17 kg		

RAZRED BETONA: C40/50
ARMATURA: B500B
ZAŠTITNI SLOJ BETONA: C=3 cm