Statički proračun stambene zgrade

Jurić, Josipa

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:123:803145

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

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

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Josipa Jurić

Split, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Statički proračun stambene zgrade

Završni rad

Split, 2018.

Statički proračun stambene zgrade

Sažetak:

U radu je prikazan statički proračun stambene zgrade. Stambena zgrada sastoji se od prizemlja, dvije etaže i ravnog krova. Nosiva konstrukcija građevine izvedena je od armiranog betona. Projekt sadrži: tehnički opis, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata, karakteristične građevinske nacrte i armaturne planove.

Ključne riječi:

Stambena zgrada, Statički proračun

Static calculation of apartment building

Abstract:

The static design of apartment building is presented in this work. The apartment building consist of two stories, ground floor and flat roof. Structure of building is made od reinforced concrete. The work include tehnical description of the structure, calcuation of the main structural elemenets as well as characteristic structural plans and reinforcement plans.

Keywords:

Apartment building, Static calculation

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ: **PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **Josipa Jurić**

BROJ INDEKSA: **4194**

KATEDRA: **Katedra za teoriju konstrukcija**

PREDMET: **Građevna statika 1**

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Tema:

Statički proračun stambene zgrade

Opis zadatka:

Na temelju zadane tlocrtne podloge, potrebno je izraditi 3-D proračunski model građevine u programu ″SciaEngineer″. Na temelju dobivenih rezultata proračunavaju se određeni nosivi elementi zgrade, te za proračunate elemente potrebno je napraviti armaturne planove.
Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- proračun
- građevne nacrte

Voditeljica završnog rada: Doc. dr. sc. Nikolina Živaljić
Neposredni voditelj završnog rada: Doc. dr. sc. Ivan Balić

U Splitu, rujan 2018.

SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS 3
- **1.1 Opis i konstrukcijski sustav građevine** 3
- **1.2 Geotehnički izvještaj** 3

2. 3-D PRORAČUNSKI MODEL GRAĐEVINE 4

3. ANALIZA OPTEREĆENJA 5
- **3.1 Vlastita težina elemenata konstrukcije (G0)** 5
- **3.2 Etaže-ploče** 5
  - 3.2.1 Stalno djelovanje (G1) 5
  - 3.2.2 Promjenjivo djelovanje (Q) 6
- **3.3 Etaže-balkoni** 7
  - 3.3.1 Stalno djelovanje (G1) 7
  - 3.3.2 Promjenjivo djelovanje (Q) 8
- **3.4 Krov** 8
  - 3.4.1 Stalno djelovanje (G1) 8
  - 3.4.2 Promjenjivo djelovanje (Q) 9
- **3.5 Stubište** 10
  - 3.5.1 Stalno djelovanje (G1) 10
  - 3.5.2 Promjenjivo djelovanje (Q) 10

4. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA 11
- **4.1 Međukatna ploča** 11
- **4.2 Krovna ploča** 12
- **4.3 Stubište** 13

5. KOMBINACIJE DJELOVANJA 14

6. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE 15
- **6.1 Prikaz modela 1. i rezultata proračuna** 17
- **6.2 Prikaz modela 2. i rezultata proračuna** 21
  - 6.2.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja 28
  - 6.2.2 Kontrola progiba međukatne ploče 29

7. PRORAČUN KROVNE PLOČE 30
- **7.1 Prikaz modela i rezultata** 30
  - 7.1.1 Dimenzioniranje na moment savijanja 37
- **7.2 Kontrola progiba i pukotina krovne ploče** 38
  - 7.2.1 Kontrola progiba 38
  - 7.2.2 Kontrola pukotina 39

8. PRORAČUN GREDA 42
- **8.1 Međukatna greda** 43
  - 8.1.1 Prikaz rezultata proračuna 43

8.1.2 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja. 45
8.1.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu..... 48
8.1.4 Kontrola progiba 50
8.2 Krovna greda 52
8.2.1 Prikaz rezultata proračuna 52
8.2.2 Kontrola progiba 54
8.2.3 Kontrola pukotina..... 55

9. PRORAČUN STUPOVA 57

10. PRORAČUN TEMELJA 59

11. GRAFIČKI PRILOZI 60

12. LITERATURA 61

1. TEHNIČKI OPIS

1.1 Opis i konstrukcijski sustav građevine

Na temelju arhitektonskih nacrta u koje spada tlocrt karakteristične etaže i dva presjeka, napravljen je 3-D proračunski model u programu ″SciaEngineer″ na kojem će biti izvršene sve analize vezane uz statički proračun građevine. Arhitektonski nacrti zgrade priloženi su u grafičkim prilozima.
Građevina je stambene namjene, a sastoji se od prizemlja i dva kata.

Glavni nosivi konstrukcijski sustav sastoji od armirano betonskih zidova i stupova te međukatnih konstrukcija koje su također izrađene od armiranog betona, lijevane na licu mjesta debljine d=16 cm. Stubišta su izvedena od armiranog betona debljine 16 cm kao i krovna ploča.

Vertikalna nosiva konstrukcija građevine su vanjski i unutarnji zidovi debljine 20 cm. Temeljenje je izvedeno na trakastim temeljima od armiranog betona ispod nosivih zidova i stupova širine 60 cm.

U proračunu su dane osnovne dimenzije armature za pojedine konstruktivne elemente, elementi koji se ne proračunavaju armiraju se konstruktivno.

Za sve betonske radove predviđen je beton klase C 25/30, te armatura B 500. Skidanje podupirača za ploče vrši se nakon postignute min. 80% čvrstoće.

Za temelje je uporabljena ista klasa betona C 25/30.

Svi računalni proračuni su izvršeni u programu ″SciaEngineer″, dok su ostali podaci i detalji relevantni za objekt dani su kroz projektna rješenja.

1.2 Geotehnički izvještaj

Matična stijena nalazi se oko 90 cm od površine terena, temeljenje građevine izvest će se na njoj. Nakon iskopa potrebno je ručno očistiti temeljnu plohu od ostataka razlomljenog materijala.

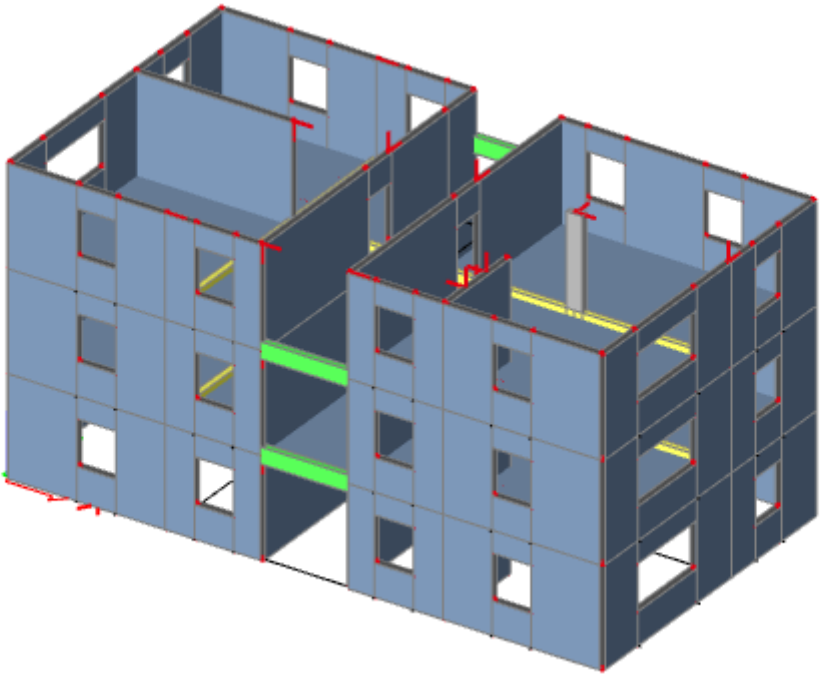
Zatim je potrebno neravnine i udubine popuniti i izravnati podložim betonom klaseC 16/20 do projektirane kote temeljenja.

Ukoliko naiđemo na kavernu veće dubine i manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje materijala, sanaciju je potrebno izvesti tako da se materijal ukloni do dubine 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor se zapuni podbetonom do projektirane kote.

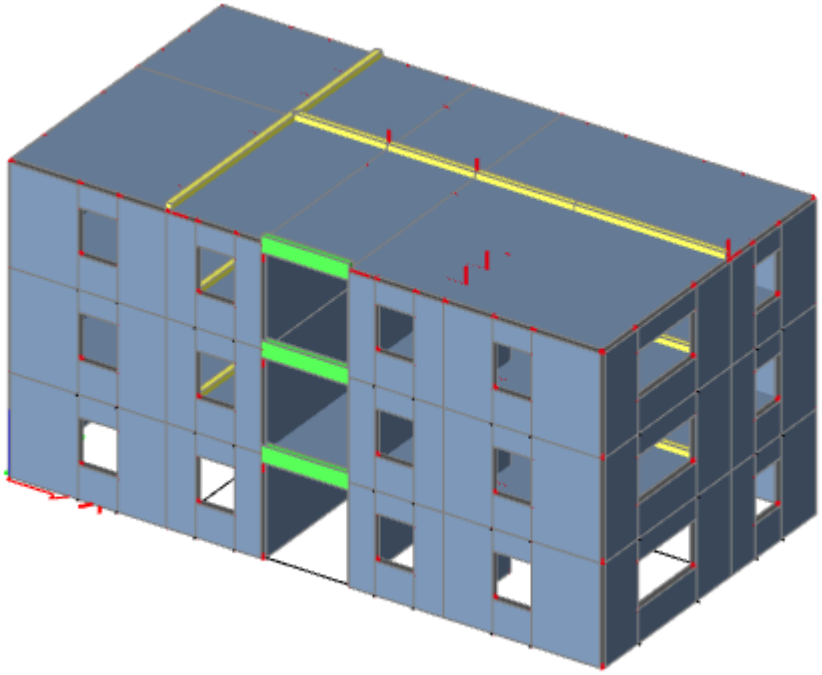
Dopuštena centrična naprezanja tla, na detaljno očišćenim naslagama matične stijene, uzeta su za osnovna opterećenja 400 kPa.

2. 3-D PRORAČUNKI MODEL GRAĐEVINE

Na slikama je prikazan proračunski model armirano betonske konstrukcije.



Slika 2.1 Proračunski model ab konstrukcije – pogled 1



Slika 2.2 Proračunski model ab konstrukcije – pogled 2

3. ANALIZA OPTEREĆENJA

Podaci o osnovnim djelovanjima

Osnovna opterećenja, na čiji utjecaj se dokazuje mehanička otpornost i stabilnost predmetne građevine, podijeljena su:

Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
G0	Stalno djelovanje - vlastita težina elemenata nosive konstrukcije.
G1	Stalno djelovanje - ostalo stalno djelovanje: pokrov, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd., zidni paneli.
Qi	Promjenjivo - uporabno djelovanje: uporabno opterećenje, pokretna oprema.
W	Vjetar.
S	Snijeg.

Tablica 3.1 Podaci o osnovnim djelovanjima

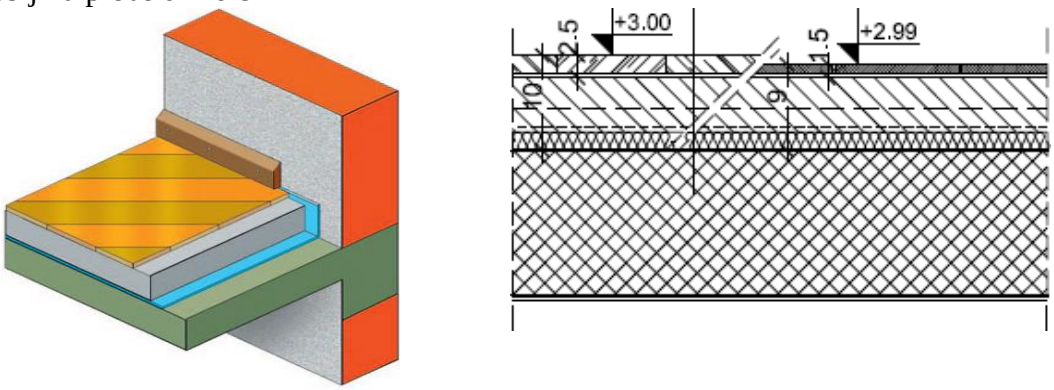
3.1 Vlastita težina elemenata konstrukcije (G0)

Stalno opterećenje uključeno je u proračun prema slijedećem:
- Specifična težina armiranog betona iznosi g=25.0 kN/m^3.
- Stalno opterećenje od vlastite težine elemenata armirano betonske konstrukcije sadržano je u proračunskom modelu, sukladno dimenzijama poprečnih presjeka i zadanoj specifičnoj težini.

3.2 Etaže-ploče

3.2.1 Stalno djelovanje (G1)

Debljina ploče d=16 cm



Slika 3.1 Grafički prikaz slojeva međukatne konstrukcije stambenog prostora

	d(m)	γ(kN/m^3)	d*γ(kN/m^2)
Parket ili keramičke pločice	0.025	9.6	0.24
Lagano armirani cementni namaz	0.055	22.0	1.21
PE folija	-	-	-
EPS termoizolacija	0.002	0.12	0.00024
Zaglađeni podgled stropa	0.005	15.0	0.075
dodatno stalno opterećenje	-	-	0.75

Tablica 3.2 Opterećenje na pločama

Ukupno stalno opterećenje g= **2.3** kN/m^2
Napomena: u dodatno stalno opterećenje spadaju instalacije, ostali stalni teret.
Napomena: Opterećenje od slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu AB ploče.

3.2.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	q_k [kN/m^2]	Q_k[a] [kN]
1	A	A1	Nestambena potkrovlja	Neprikladna za stanovanje no pristupačna potkrovlja do 1,8 m svijetle visine	1,5	1
2		A2	Prostori za stanovanje i kućanske djelatnosti	Stropovi sa zadovoljavajućom poprečnom raspodjelom opterećenja[b] u stambenim zgradama i kućama, sobama s krevetima, bolnicama (spavaonicama), sobama u hotelima i prenoćištima i pripadajuće kuhinje i kupaonice	1,5	–
3		A3		A2, ali bez zadovoljavajuće poprečne raspodjele opterećenja	2,0[c]	1

Tablica 3.3 Uporabna opterećenja stropova

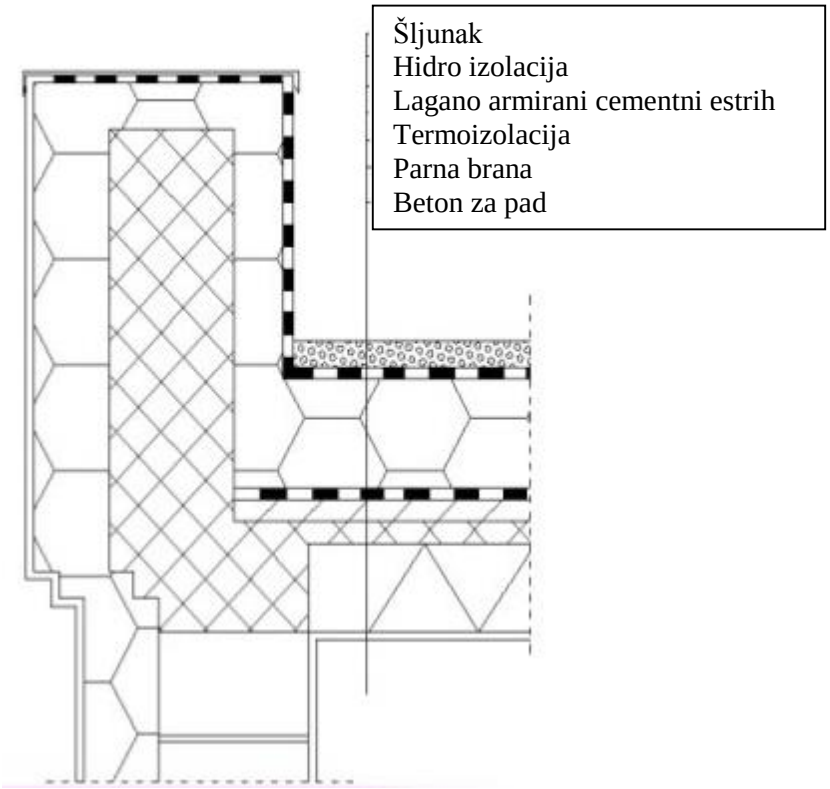
Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

q=**1.5** kN/m^2

3.3 Krov

3.3.1 Stalno djelovanje (G1)

Debljina ploče d=16 cm



Slika 3.2. Grafički prikaz slojeva konstrukcije neprohodnog ravnog krova

	d(m)	γ(kN/m^3)	d*γ(kN/m^2)
Šljunak	0.08	18.0	1.44
Hidro izolacija	0.003	10.0	0.03
Lagano armirani cementni estrih	0.04	22.0	0.88
Termoizolacija	0.06	0.2	0.012
Parna brana	-	-	-
Beton za pad	0.07	23.0	1.61

Tablica 3.4 Opterećenje na krovnu ploču

Ukupno stalno opterećenje g= **4.0** kN/m^2
Napomena: Opterećenja od slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu AB ploče.

3.4.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

Krov		q_k [a] [kN/m^2]	Q_k [kN]
Kategorija H	nagib krova ≤ 20°	0,6	1,0
	nagib krova ≥ 40°	0,0	1,0
[a] Za nagibe između 20° i 40° vrijednost q_k može se odrediti linearnom interpolacijom.			
NAPOMENA 1: Opterećenje q_k djeluje na ploštini A koja predstavlja cijelu ploštinu krova.			
NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenja djeluju vert kalno na horizontalnu projekc ju krovne plohe.			

Tablica 3.5 Uporabna opterećenja neprohodnih krovova

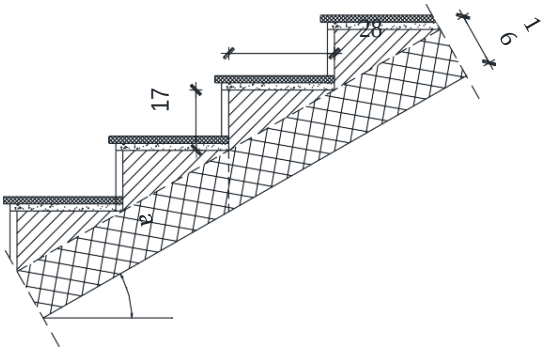
Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

q=**0.6** kN/m^2

3.5 Stubište

3.5.1 Stalno djelovanje (G1)

Debljina ploče d=16 cm



Slika 3.5 Grafički prikaz slojeva konstrukcije 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	0.01	20.0	0.20
Stuba	0.07	24.0	1.68

Tablica 3.6 Opterećenje na stubištu

Ukupno stalno opterećenje g= **2.5** kN/m^2
Napomena: Opterećenja od slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu AB ploče.

3.5.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

19	S^a	S1	Stubišta i stubišni podesti	Stubišta i stubišni podesti u stambenim i uredskim zgradama i ambulantama, bez teške opreme	3	2
20		S2		Sva stubišta i stubišni podesti koji se ne mogu razvrstati u S1 ili S3	5	2
21		S3		Pristupi i stubišta koji vode do tribina bez nepomičnih sjedala, a služe kao izlazi za nuždu	7,5	3
22	P^a		Pristupi, balkoni i sl.	Krovne terase, trijemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti	4	2

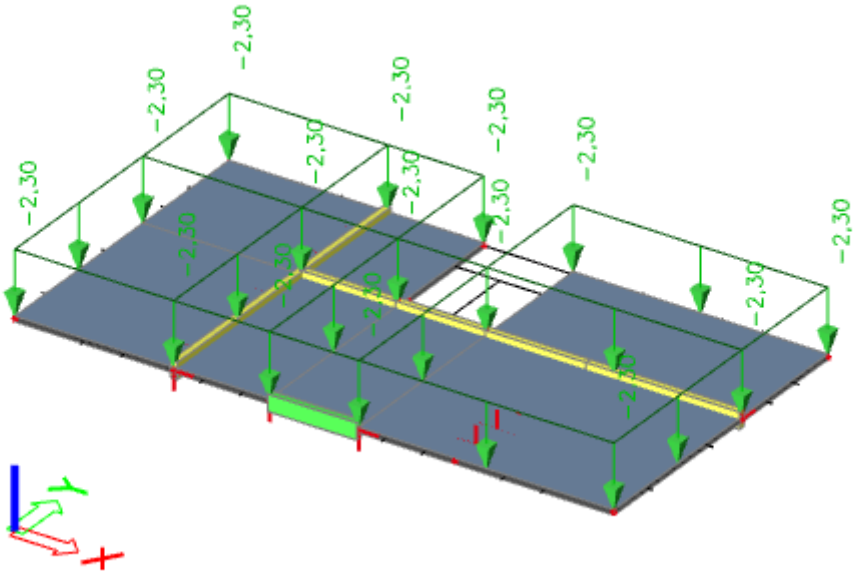
Tablica 3.7 Uporabna opterećenja stubišta i stubišnih podesta

Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

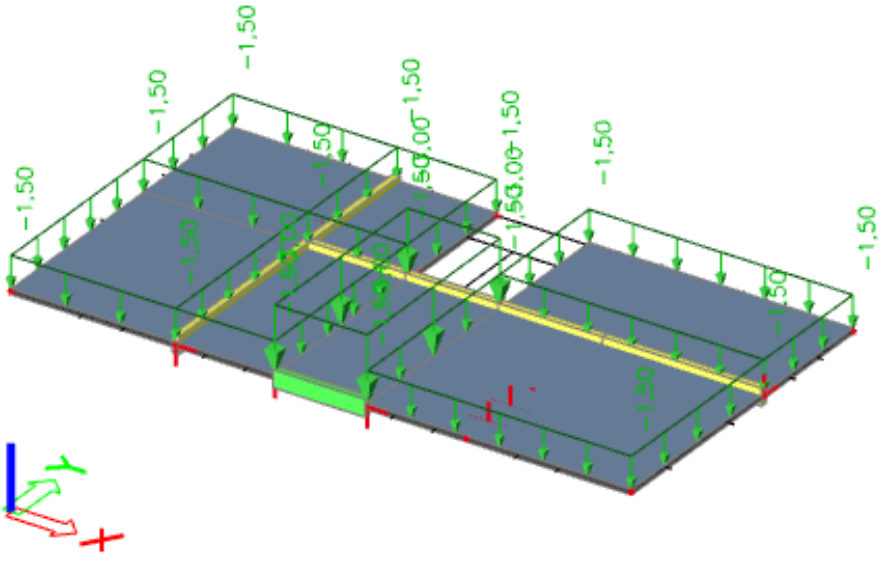
q=**3.0** kN/m^2

4. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA

4.1 Međukatna ploča

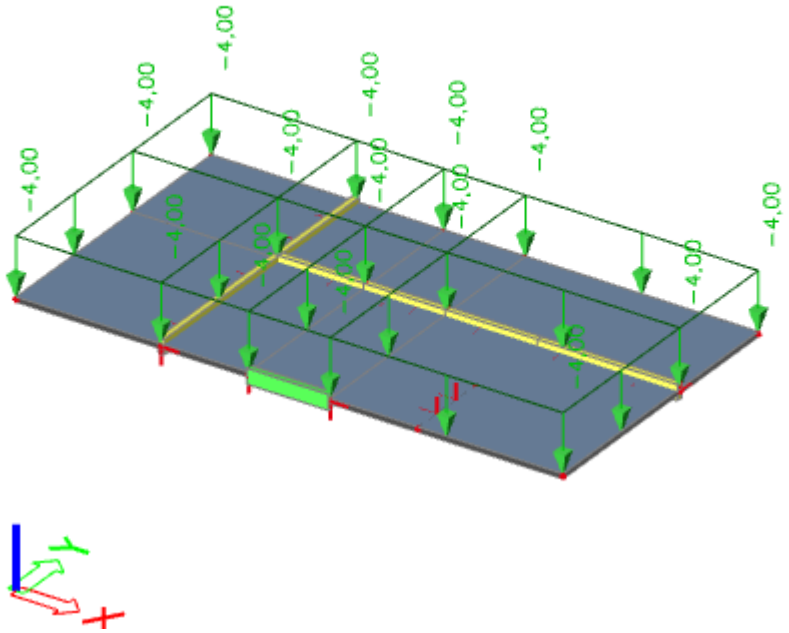


Slika 4.1 Dodatno stalno djelovanje G1(kN/m^2)

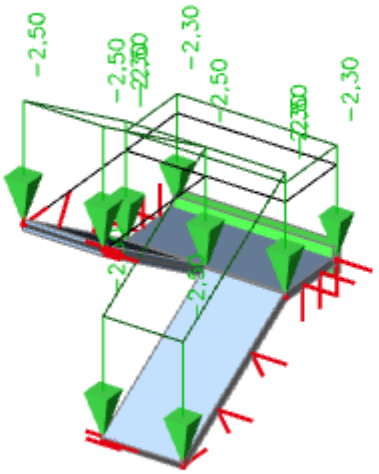


Slika 4.2 Promjenjivo djelovanje Q(kN/m^2)

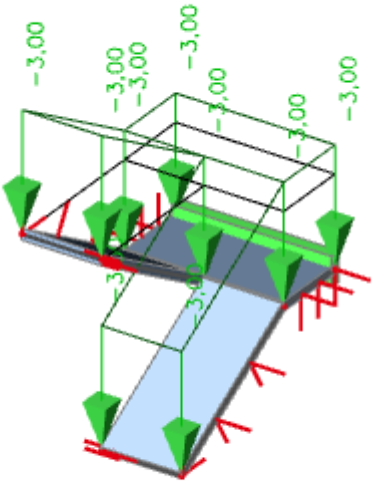
4.2 Krovna ploča


-4,00
-4,00
-4,00

4.3 Stubište



Slika 4.5 Dodatno stalno djelovanje G1(kN/m^2)



Slika 4.6 Promjenjivo djelovanje Q(kN/m^2)

5. KOMBINACIJE DJELOVANJA

Za dokaz nosivosti elemenata konstrukcije predmetne građevine osnovna djelovanja kombiniraju se za pojedina granična stanje i iznose:

Granično stanje nosivosti GSN-1 1.35*G + 1.5*Q

G-vlastita težina + dodatno stalno djelovanje Q-vodeće promjenjivo djelovanje

Granično stanje nosivosti koristimo za dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije.

Granično stanje uporabljivosti

GSU-1 (česta kombinacija) $1.0 \cdot G + \Psi 1i \cdot Q$

$1.0 \cdot G + 0.5 \cdot Q$

Ψ_{1i}=0.5 za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za čestu kombinaciju.
- koristi se za kontrolu progiba ploča i greda, te za kontrolu pukotina ploča i greda.

GSU-2 (nazovistalna kombinacija) $1.0 \cdot G + \Psi 2i \cdot Q$

$1.0 \cdot G + 0.3 \cdot Q$

Ψ_{2i}=0.3 za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za nazovistalnu kombinaciju.
- koristi za ograničenje tlačnog naprezanja u armirano betonskim elementima, te za kontrolu dugotrajnih progiba.

6. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE

U ovom poglavlju prikazuju se unutarnje sile i progibi modela međukatne ploče. Model ima postavljene zglobove, odnosno oslobođen zaokret na rubovima.

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0{,}159 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}135^2 \cdot 16{,}67 \cdot 1000 = 48{,}3\ kNm$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = \ 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 13.5 = 2.02\ cm^2/m$$

$$A_{s,min} = \ 0.6 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} = 0.6 \cdot 100 \cdot \frac{13.5}{500} = 1.62\ cm^2/m$$

$$A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.31 \cdot 100 \cdot 13.5 \cdot \frac{16.67}{434.8} = 16.04\ cm^2/m$$

Za proračun armature ploča usvaja se $\zeta \approx 0.9$.

Potrebna armatura:

$$A_{s1} \ = M_{Ed} \cdot \frac{100}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = M_{Ed} \cdot \frac{100}{0.9 \cdot 13.5 \cdot 43{,}48} = M_{Ed} \cdot 0.189$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature

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

$$k = 1{,}0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1{,}0 + \sqrt{\frac{200}{135}} = 2{,}21 \leq 2{,}0 \;\rightarrow\; k = 2{,}0$$

$$k_1 = 0{,}15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0{,}0$$

$$C_{Rdc} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} = \frac{0{,}18}{1{,}5} = 0{,}12$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{2{,}26}{1350} = 0{,}0017$$

$$V_{Rd,c} = \left[0{,}12 \cdot 2{,}0 \cdot (100 \cdot 0{,}0017 \cdot 25{,}0)^{1/3} + 0{,}15 \cdot 0{,}0\right] 1000 \cdot 135 = 52{,}5\ kN/m$$

$$V_{Rd,c,min} = \left[\upsilon_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] b_w \cdot d$$

$$\upsilon_{min} = 0{,}035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0{,}035 \cdot 2{,}0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0{,}495$$

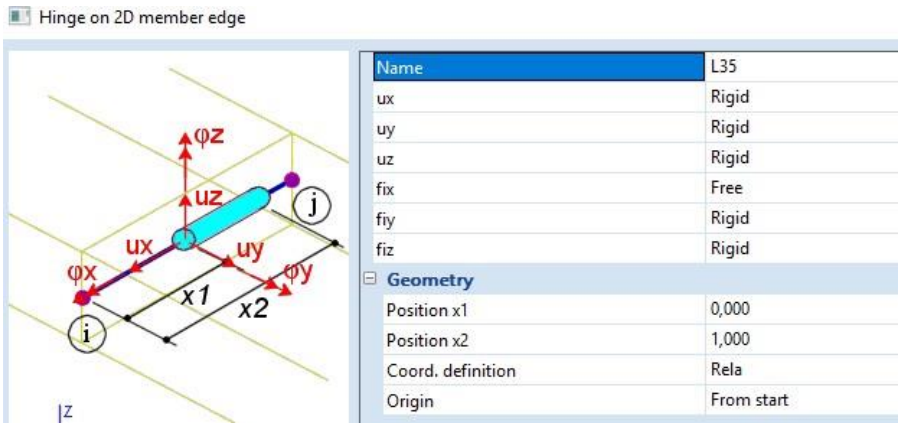
$$k_1 = 0{,}15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0{,}0$$

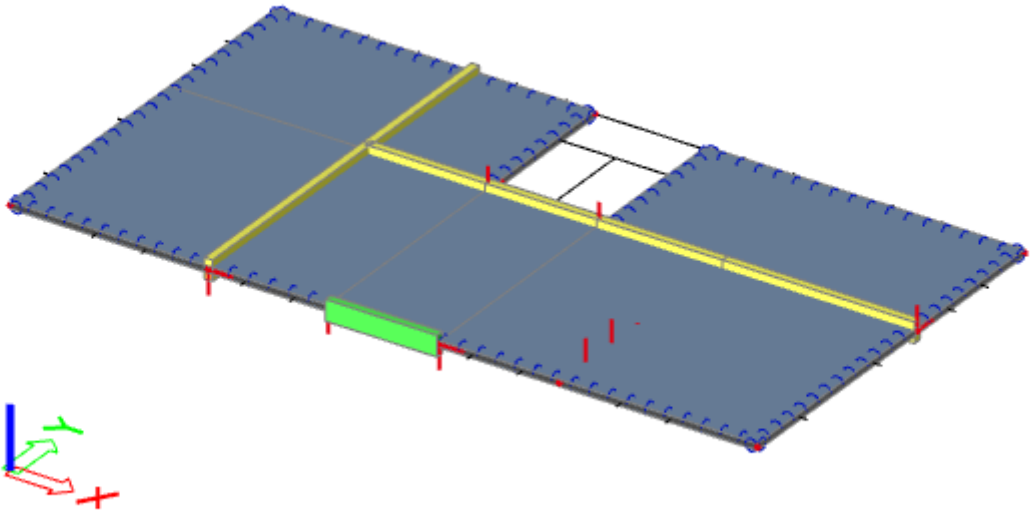
$$V_{Rd,c,min} = [0{,}495 + 0{,}15 \cdot 0{,}0]1000 \cdot 135 = 67\ kN/m$$

6.1 Prikaz rezultata proračuna

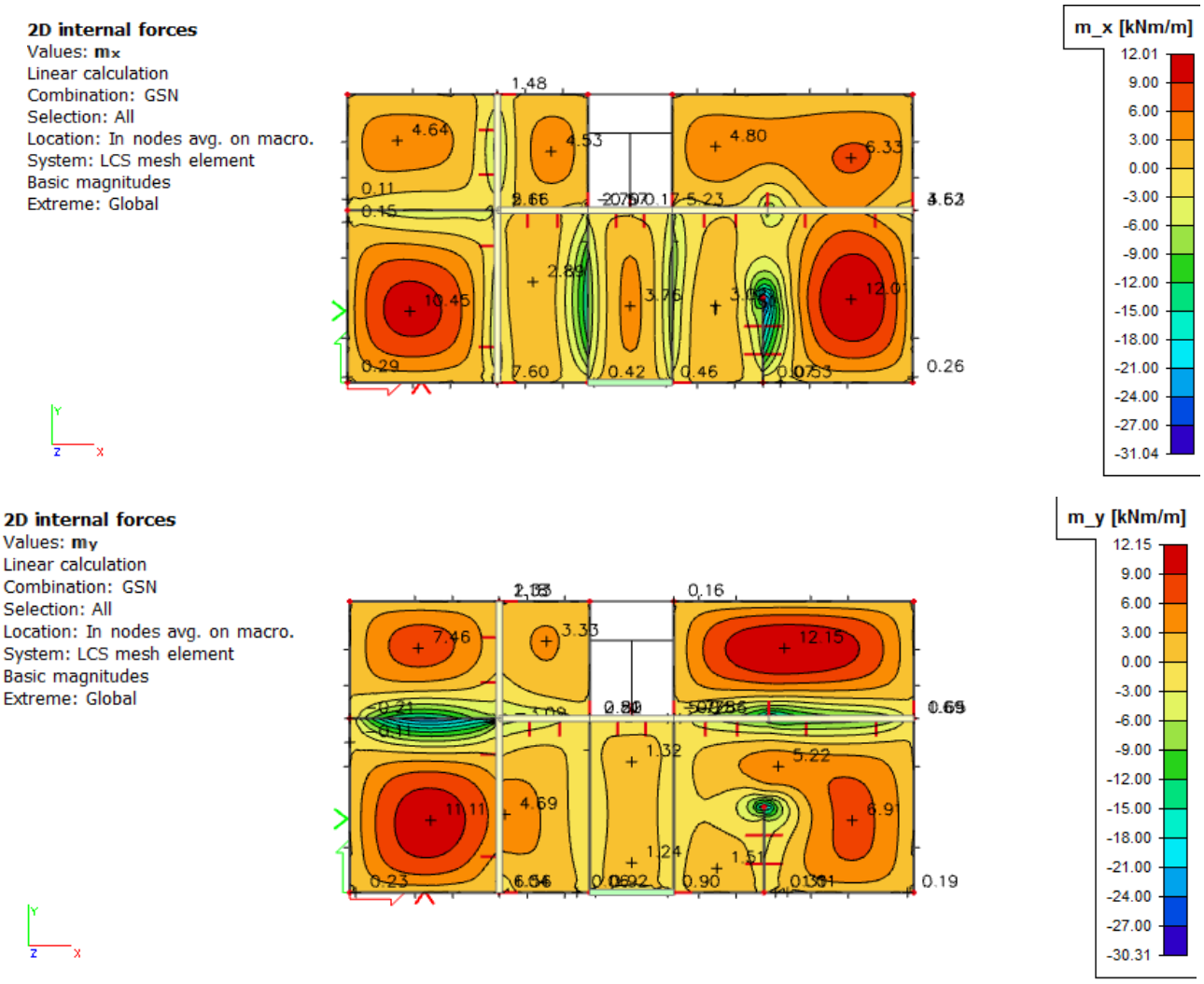
-dopuštamo zaokret na rubovima ploče(zbog prerapodijele momenata sa ruba na moment u polju i nad ležajem, odnosno, povećanja tih momenata jer oni pokazuju realnije ponašanje ploče).



Slika 6.1 Prikaz oslobađanja zaokreta na rubovima ploče

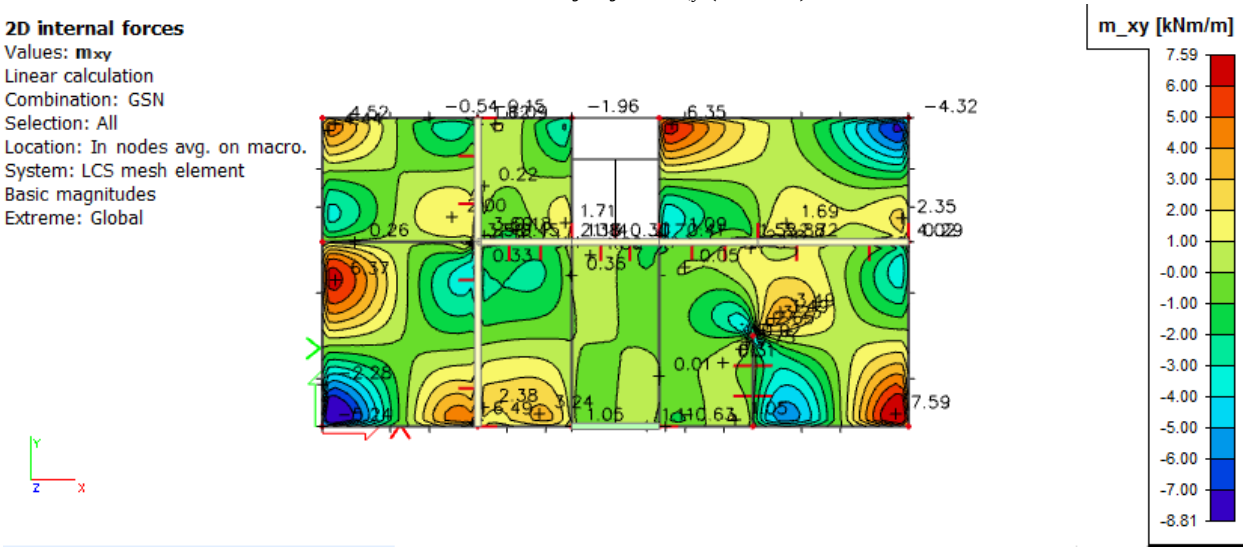


Slika 6.1 Prikaz modela

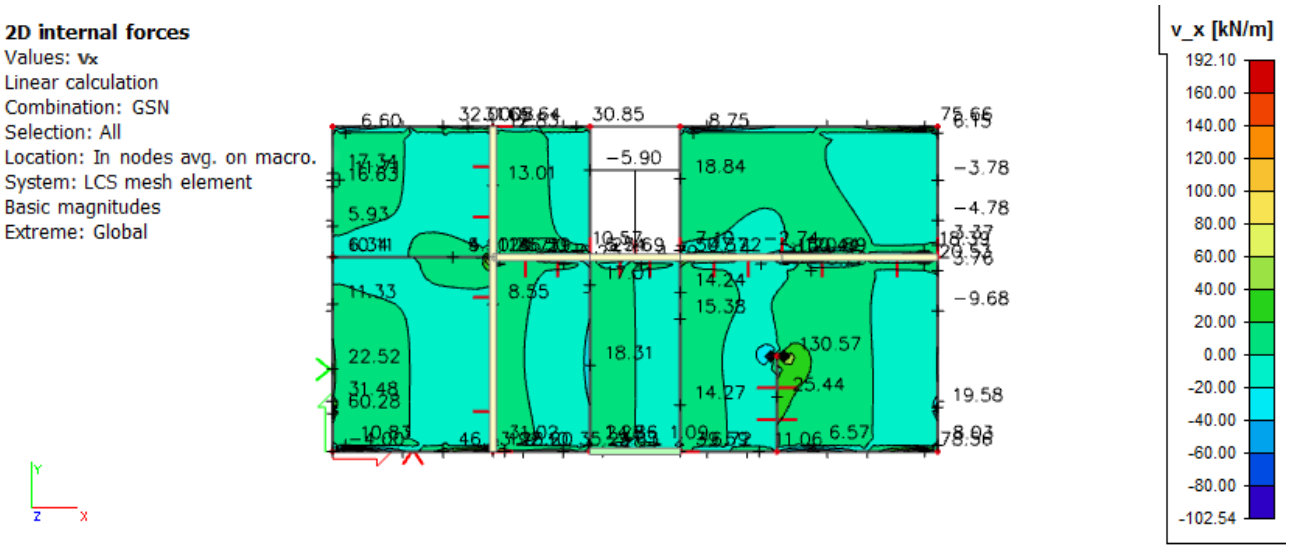


Slika 6.2 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSN-1

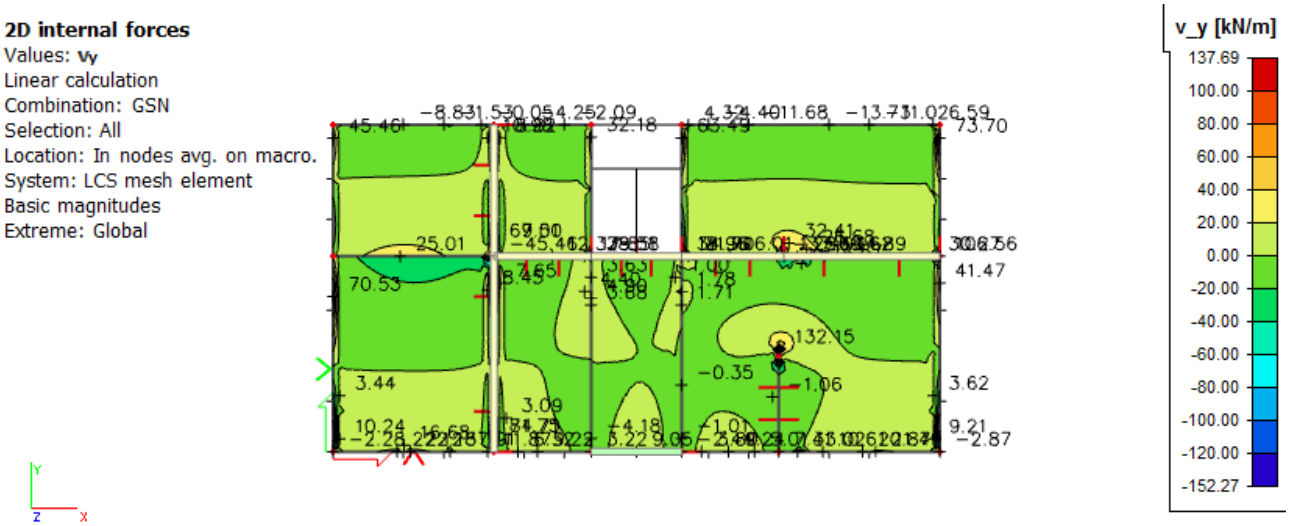
Slika 6.3 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSN-1



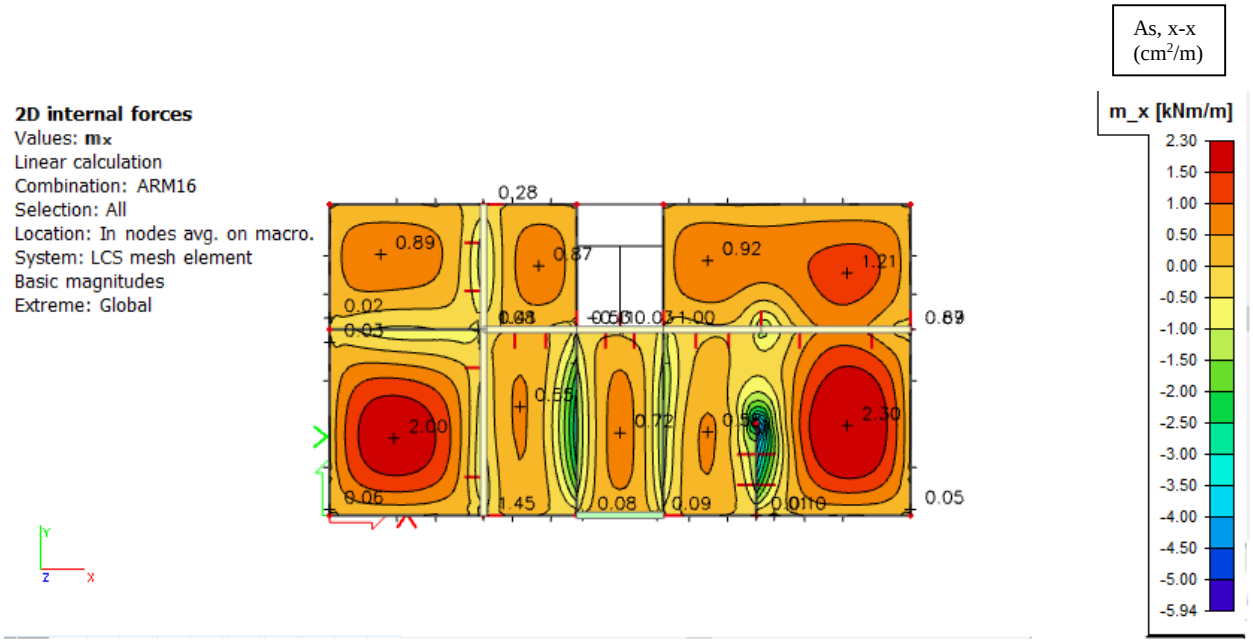
Slika 6.4 Moment savijanja $M_{Ed,xy}$ (kNm/m) za GSN-1



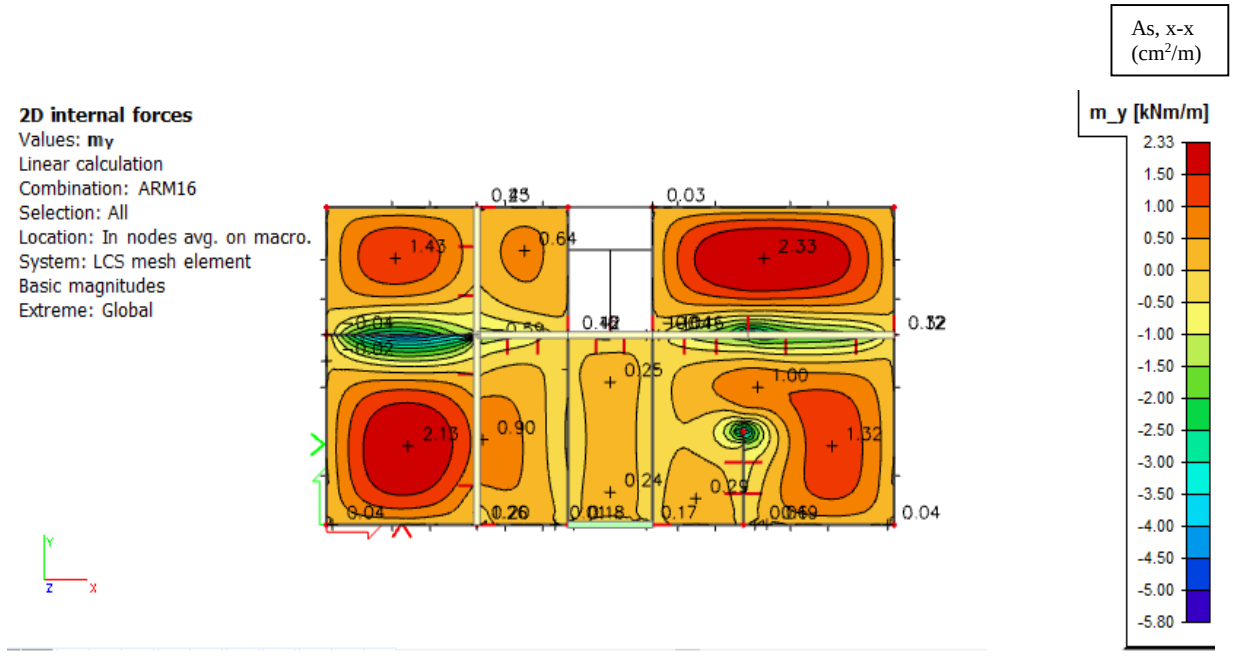
Slika 6.5 Poprečne sile $V_{Ed,x}$ (kN/m) za GSN-1



Slika 6.6 Poprečne sile $V_{Ed,y}$ (kN/m) za GSN-1

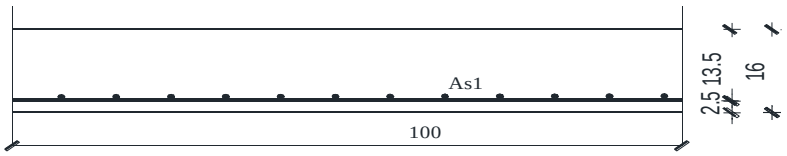


Slika 6.7 Armatura u ploči smjer As,x-x (cm²/m) za GSN-1



Slika 6.8 Armatura u ploči smjer As,y-y (cm²/m) za GSN-1

6.1.1 Dimenzioniranje ploče na moment savijanja



Slika 6.22 Poprečni presjek ploče

h=16 cm

zaštitni sloj: a=2.0 cm; d=13.5 cm

Beton: C 25/30 f_{ck}=25.0 MPa E_{cm}=30.0 GPa

Armatura: B 500B

f_y=500 MPa

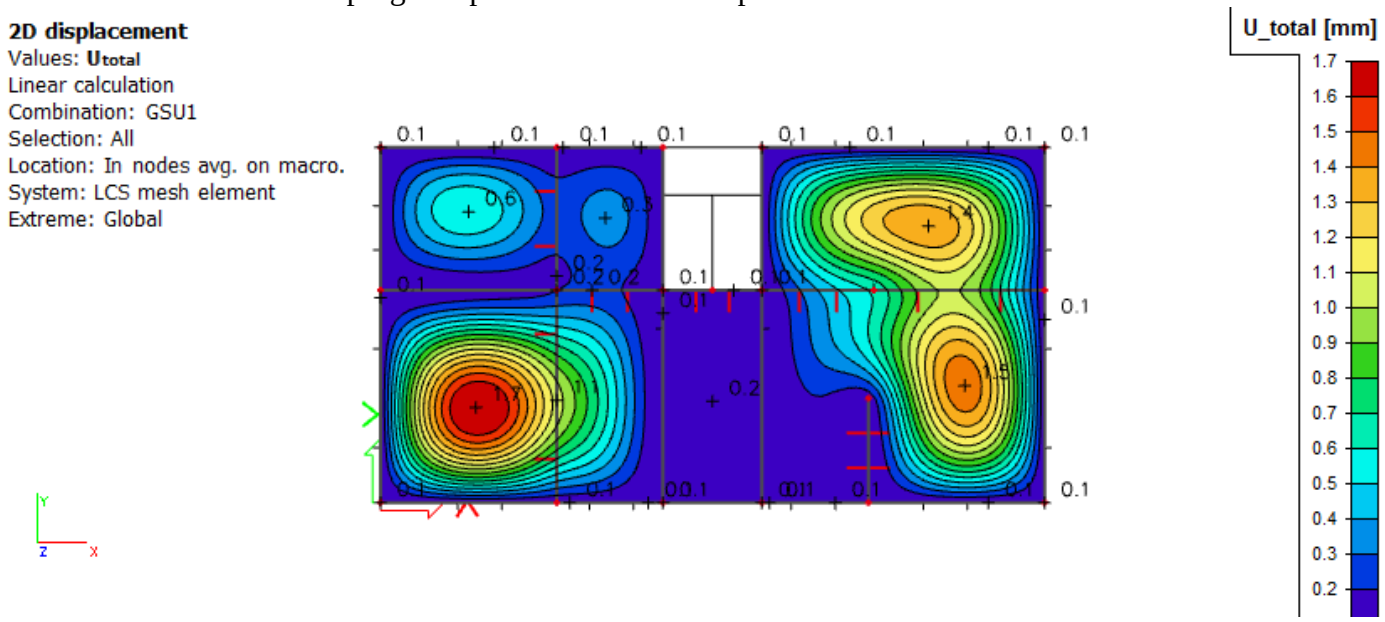
Napomena: Zbog preraspodjele dobivenu armaturu potrebno je umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.

Armatura u polju 2,33 cm^2*1.25=2,91 cm^2 Armatura na ležaju 4,5 cm^2*0.85=3,83 cm^2

ODABRANA ARMATURA
Polje Q-335 (3,35 $cm^{2/}$m) Ležaj Q-385 (3,85 cm^2/m)

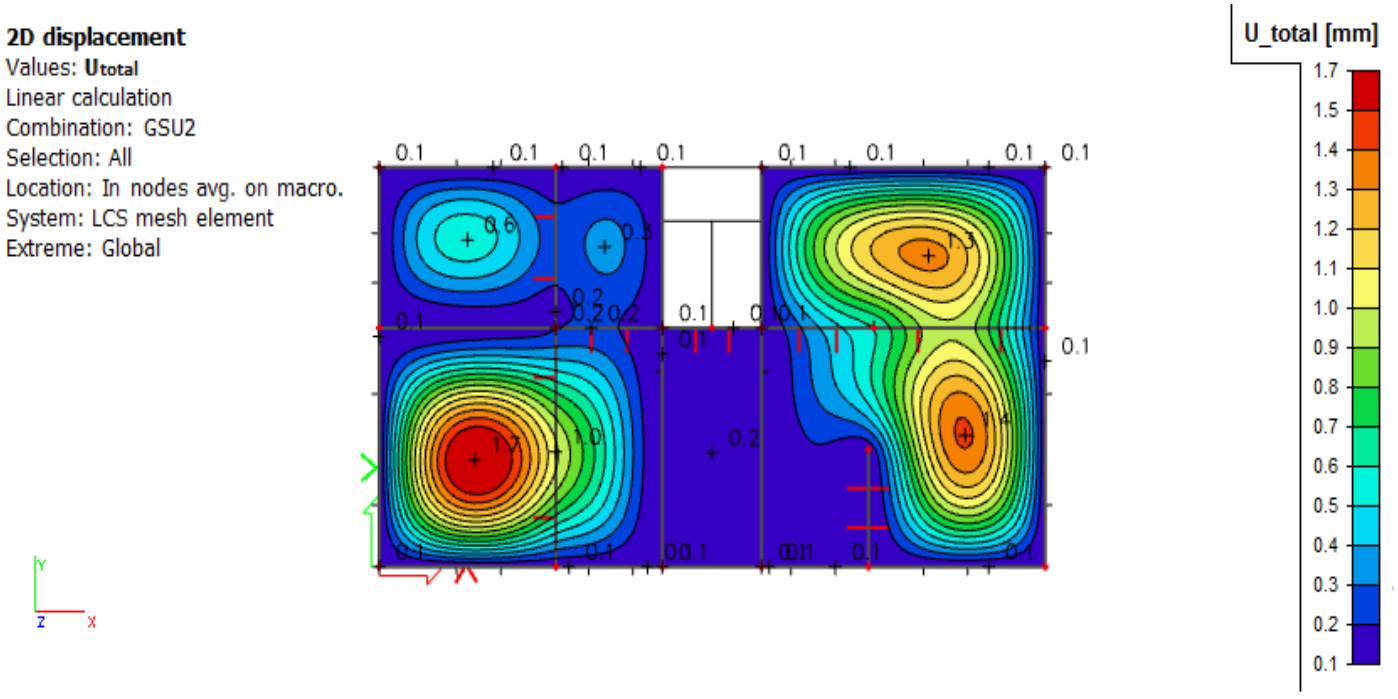
Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke Φ10 u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm.

6.1.2 Kontrola progiba i pukotina međukatne ploče



Slika 6.23 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 1,7 mm; L=5000mm
Dozvoljen progib L/1000 =5,0mm
Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

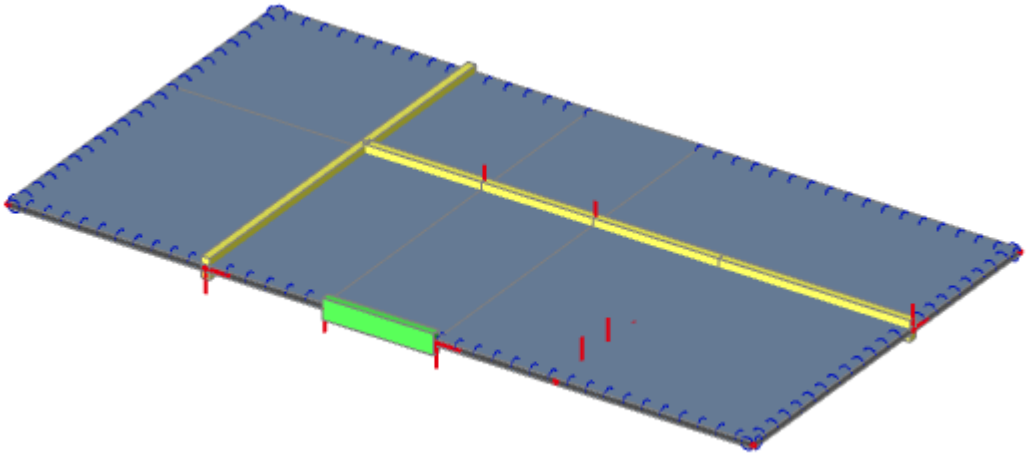


Slika 6.24 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

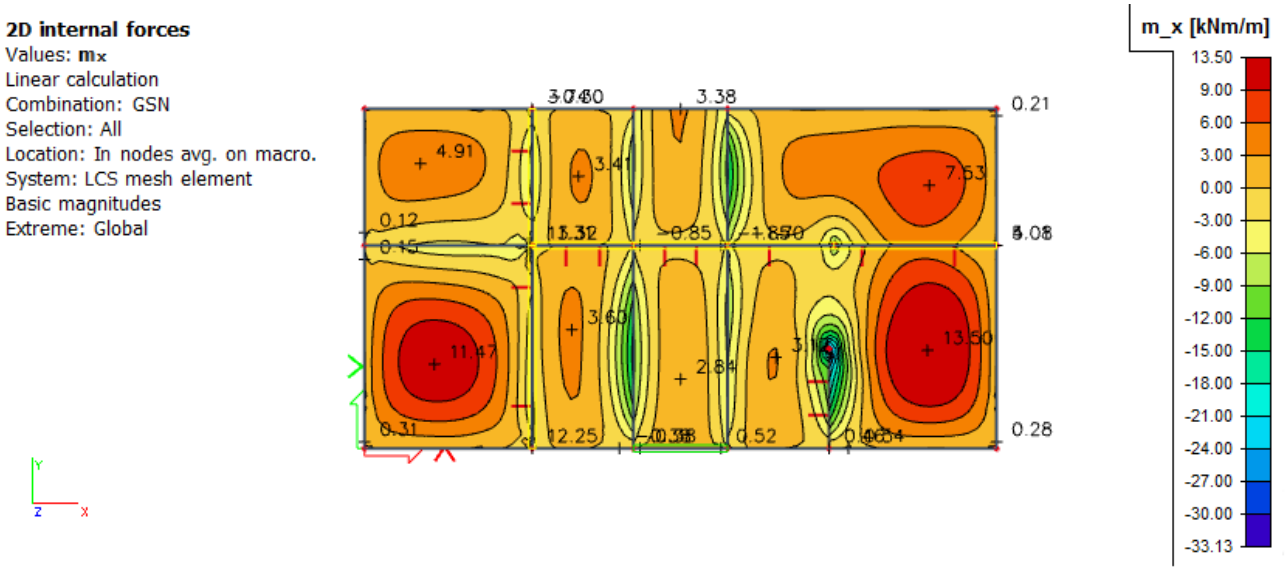
Najveći progib iznosa je 1,7 mm; L=5000
Dozvoljen progib L/1250 =4,0 mm
Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

7. PRORAČUN KROVNE PLOČE

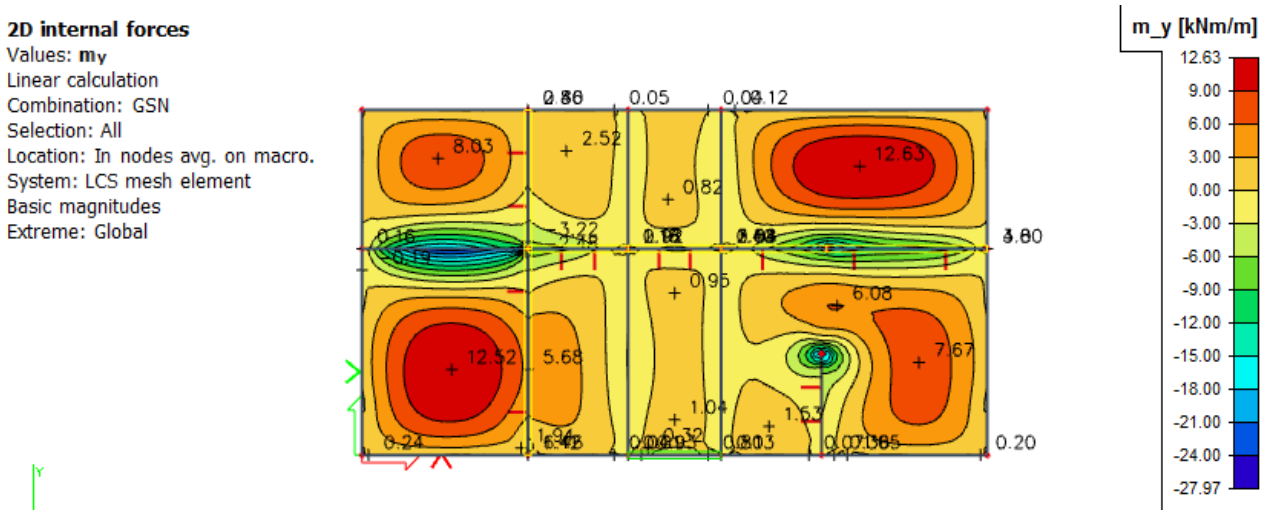
7.1 Prikaz modela i rezultata



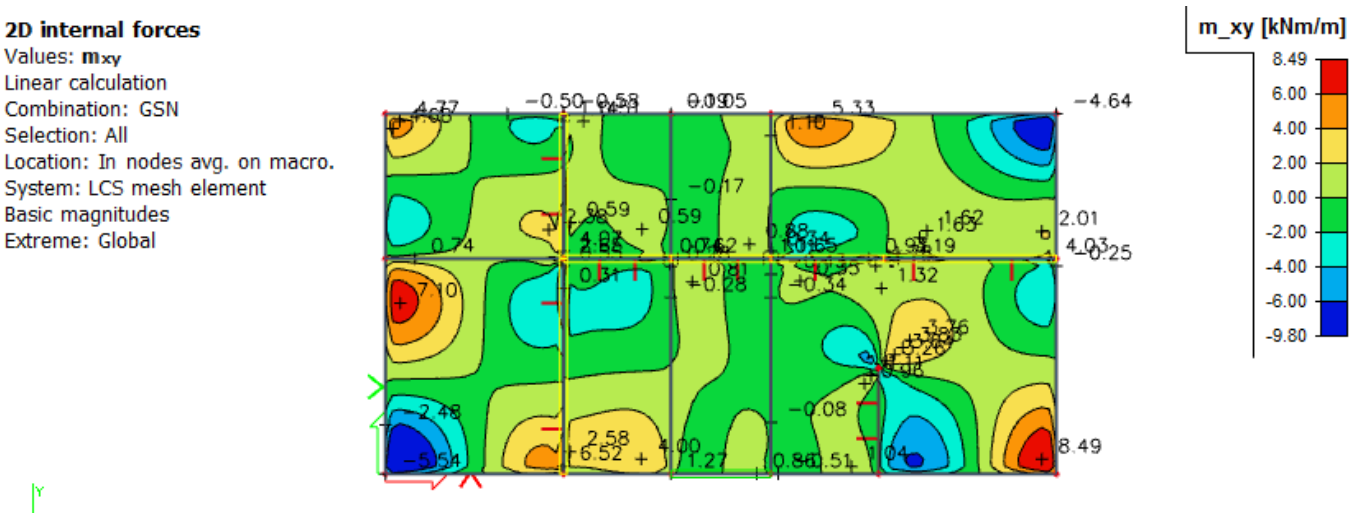
Slika 7.1 Prikaz modela



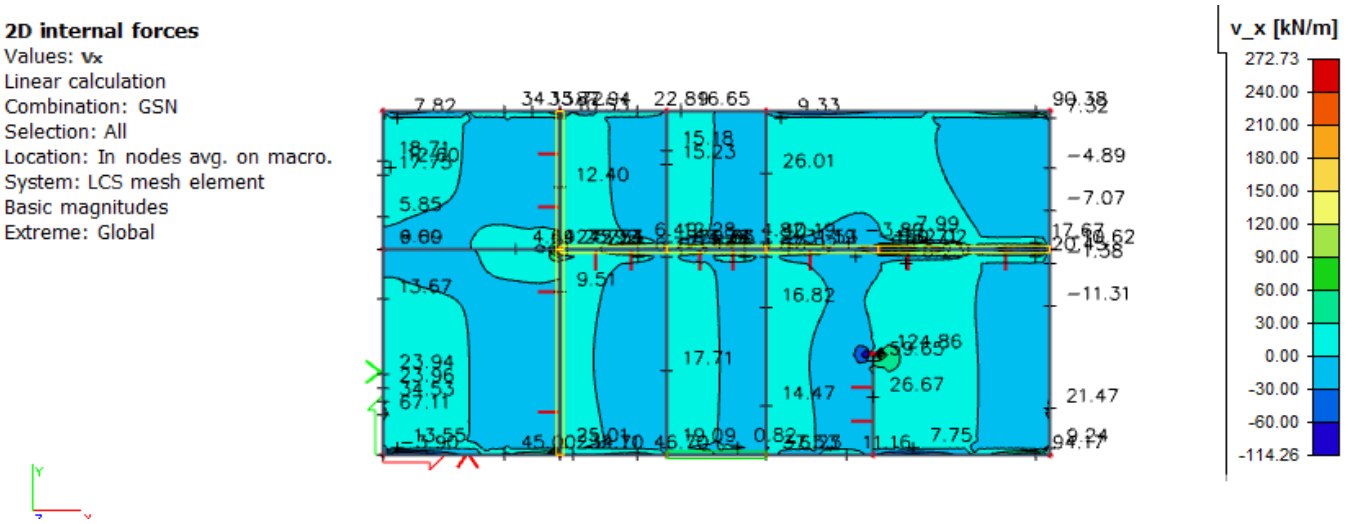
Slika 7.2 Moment savijanja (polje) $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSN



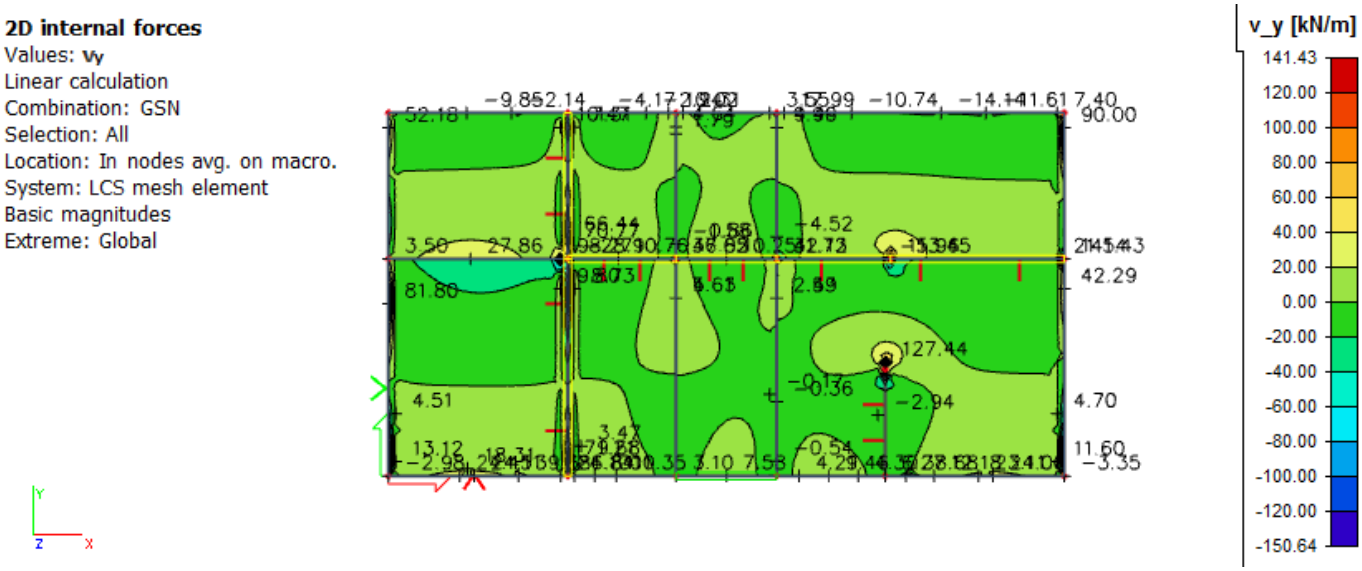
Slika 7.3 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSN-1



Slika 7.6 Moment savijanja $M_{Ed,xy}$ (kNm/m) za GSN-1



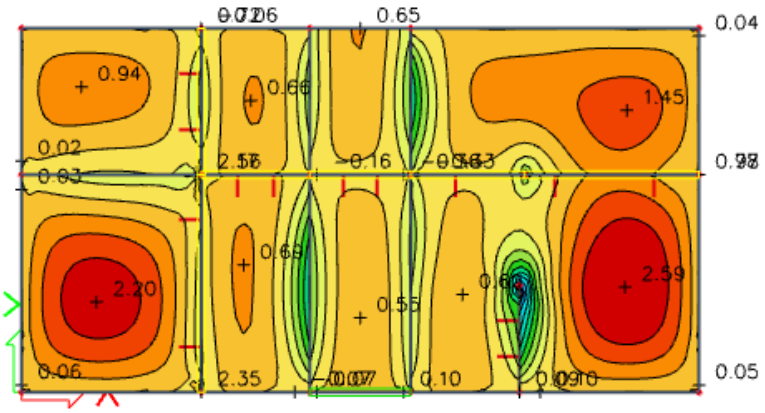
Slika 7.7 Poprečne sile $V_{Ed,x}$ (kN/m) za GSN-1



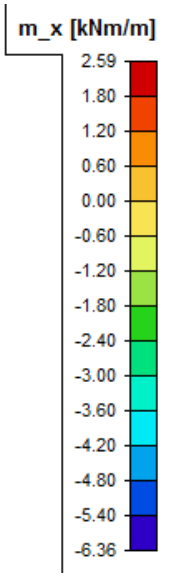
Slika 7.8 Poprečne sile $V_{Ed,y}$ (kN/m) za GSN-1

As, x-x (cm^2/m)

2D internal forces
Values: m_x
Linear calculation
Combination: ARM16
Selection: All
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element
Basic magnitudes
Extreme: Global



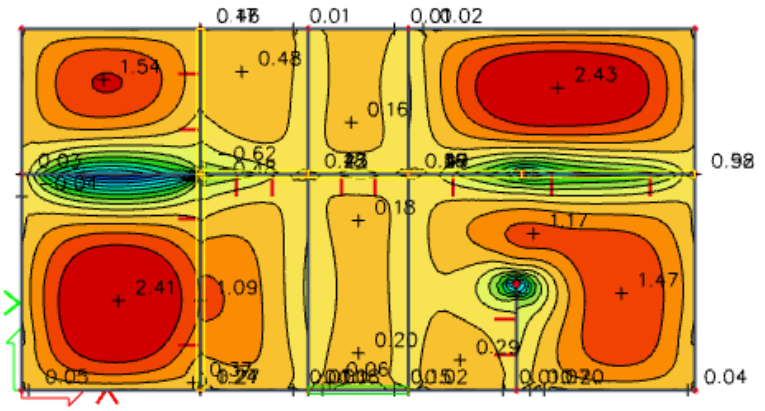




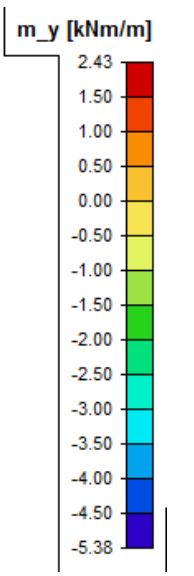
Slika 7.9 Armatura u ploči smjer As,x-x (cm^2/m) za GSN

As, x-x (cm^2/m)

2D internal forces
Values: m_y
Linear calculation
Combination: ARM16
Selection: All
Location: In nodes avg. on macro.
System: LCS mesh element
Basic magnitudes
Extreme: Global

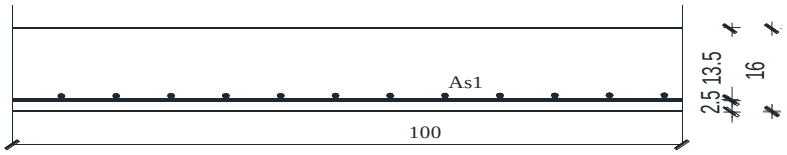






Slika 7.10 Armatura u ploči smjer As,y-y (cm^2/m) za GSN

7.1.1 Dimenzioniranje na moment savijanja



Slika 8.13 Poprečni presjek ploče

h=16 cm
zaštitni sloj: a=2.0 cm; d=13.5 cm

Beton: C 25/30 f_{ck}=25.0 MPa E_{cm}=30.0 GPa

Armatura: B 500B
f_y=500 MPa

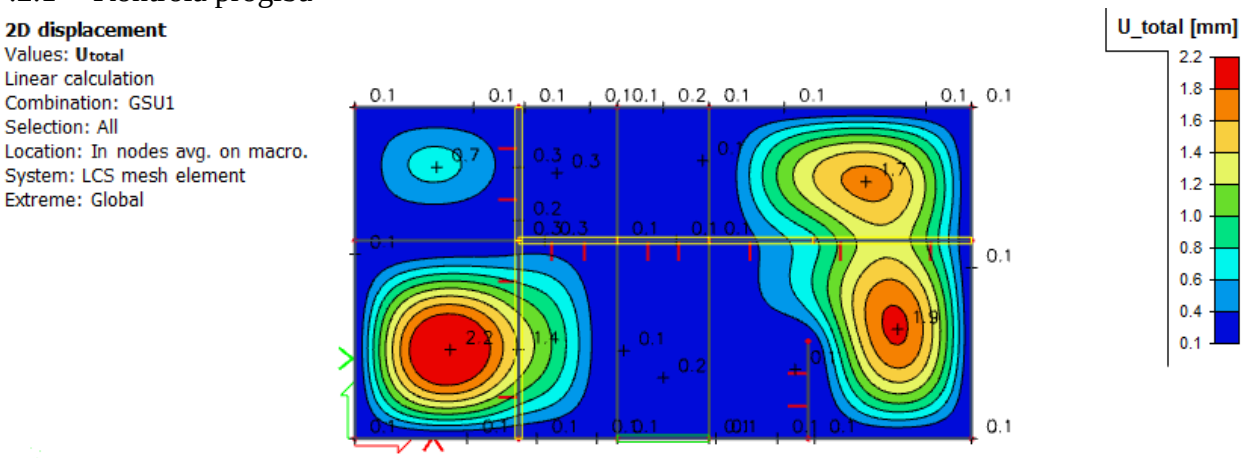
Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % i povećati u polju 25%.
Armatura u polju 2.59 cm^2*1.25=3.24 cm^2 Armatura na ležaju 4.20 cm^2*0.85=3.57 cm^2

ODABRANA ARMATURA:
Polje Q-335 (3.35 $cm^{2/}$m)
Ležaj Q-385 (3.85 cm^2/m)

Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke Φ10 u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm.

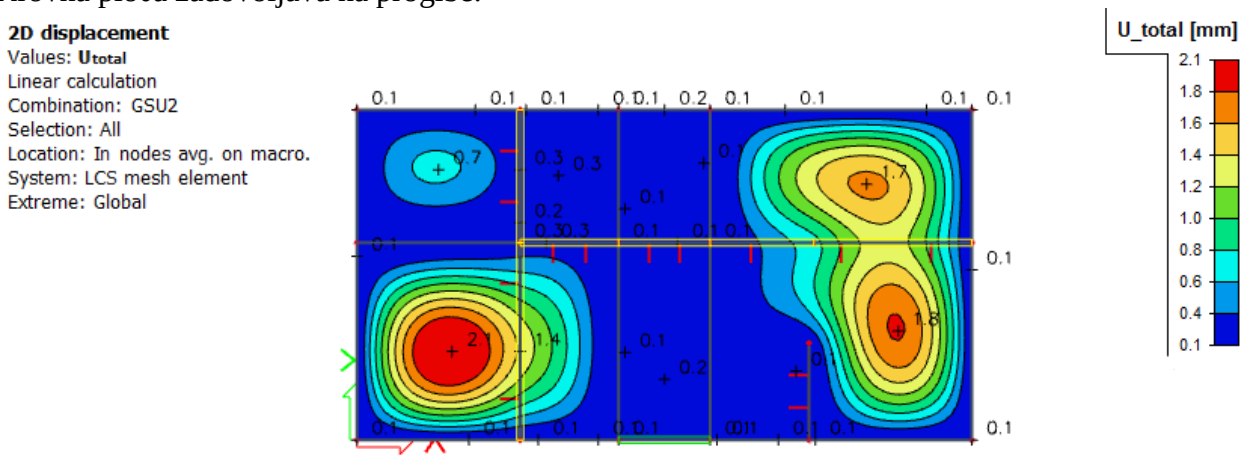
7.2 Kontrola progiba i pukotina krovne ploče

7.2.1 Kontrola progiba



Slika 7.14 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 2,2 mm; L=5000 mm
Dozvoljen progib L/1000 =5,0 mm
Krovna ploča zadovoljava na progibe.

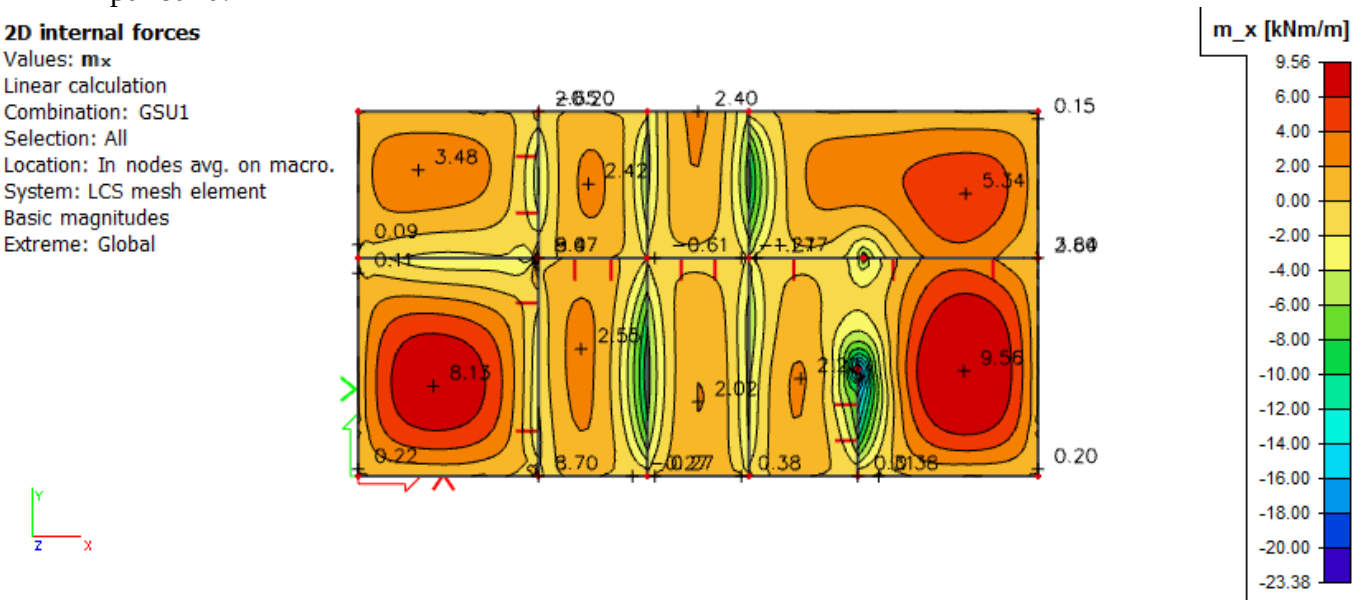


Slika 7.15 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

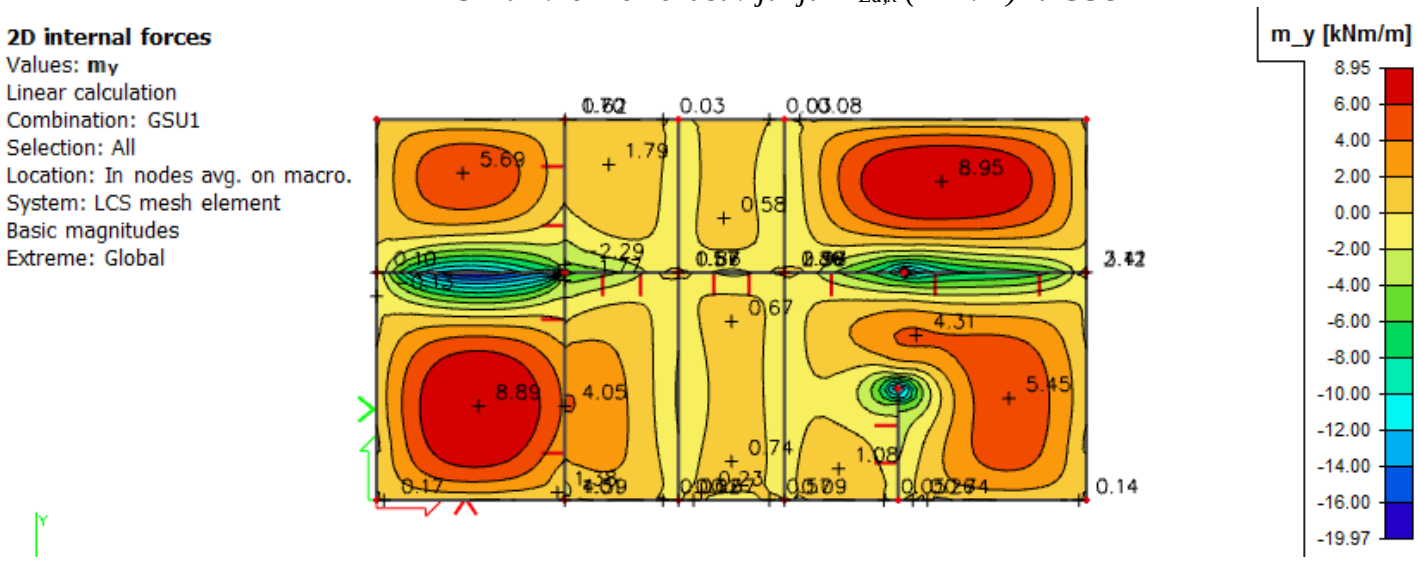
Najveći progib iznosa je 2,1 mm; L=5000 mm
Dozvoljen progib L/1250 =4,0 mm
Krovna ploča zadovoljava na progibe.

7.2.2 Kontrola pukotina

Od priloženih dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.



Slika 7.16 Moment savijanja $M_{Ed,x}$ (kNm/m) za GSU-I



Slika 7.17 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm/m) za GSU-1

Mjerodavni moment M=9.56 kNm/m

Prognoza širine pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$određuje se prema izrazu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}\left(1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff}\right)}{E_s} \geq 0{,}6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{7{,}0 \cdot 3.35}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 13{,}5}{7{,}0 \cdot 2{,}26}}\right) = 2.84\ cm$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{956}{\left(13{,}5 - \frac{2.84}{3}\right) \cdot 3.35} = 22.73 \frac{kN}{cm^2} = 227.3\ MPa$$

Za C 25/30 $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2{,}6\ MPa$

A_{s1} = Q-335 = 3.35 cm^2

$E_{cm} = 30{,}0\ GPa = 30000 MPa$ – modul elastičnosti betona

$E_s = 210{,}0\ GPa = 210000 MPa$ – modul elastičnosti armature

$k_t = 0{,}4 - dugotrajno\ opterećenje$

$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7{,}0 - odnos\ modula\ elastičnosti$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100(2{,}5 \cdot 2{,}5)} = 0{,}00536$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{227.3 - 0{,}4 \frac{2{,}6}{0{,}00536}(1 + 7{,}0 \cdot 0{,}00536)}{210000} \geq 0{,}6 \cdot \frac{227.3}{210000}$$

$$0.000124 \geq 0{,}000649$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0{,}000649$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\Phi = 7{,}0$ mm
$C = 20\ mm$ – Zaštitni sloj uzdužne armature
$k_1 = 0{,}8$ – Rebrasta armatura
$k_2 = 0{,}5$ - Savijanje
$k_3 = 3{,}4$
$k_4 = 0{,}425$

$$s_{r,max} = 3{,}4 \cdot 20 + 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}425 \cdot \frac{7{,}0}{0{,}00536} = 290.01$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 290.01 \cdot 0{,}000649 = 0{,}188\ mm < w_g = 0{,}3\ mm$$

- Pukotine zadovoljavaju!

8. PRORAČUN GREDA

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0{,}159 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}47^2 \cdot 16{,}66 \cdot 1000 = 117{,}03\ kNm$$

Minimalna i maksimalna armatura za grede:

$$A_{s,min}^{polje} = 0{,}0015 \cdot b_w \cdot d = 0{,}0015 \cdot 20 \cdot 47 = 1{,}14\ cm^2$$

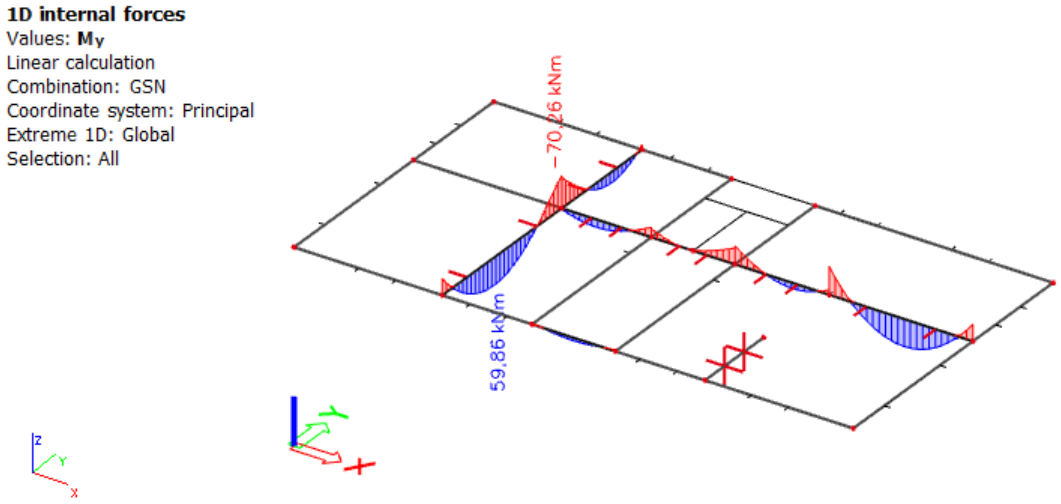
$$A_{s,min}^{ležaj} = 0{,}0015 \cdot b_{eff} \cdot d = 0{,}0015 \cdot 93.1 \cdot 47 = 6{,}56\ cm^2$$

$$A_{s,max}^{polje} = 0{,}31 \cdot b_w \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0{,}31 \cdot 20 \cdot 47 \cdot \frac{16{,}66}{434{,}8} = 11{,}16\ cm^2$$

$$A_{s,max}^{ležaj} = 0{,}85 \cdot b_{eff} \cdot h_f \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0{,}85 \cdot 93.1 \cdot 50 \cdot \frac{16{,}66}{434{,}8} = 151.3\ cm^2$$

8.1 Međukatna greda

8.1.1 Prikaz rezultata proračun

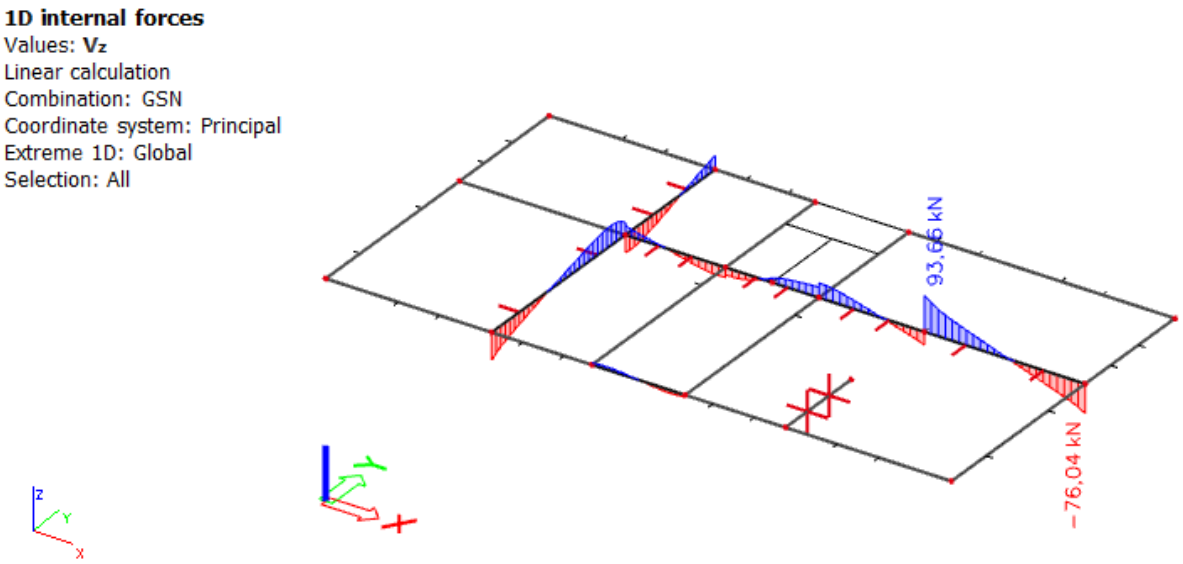


Slika 8.1 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm) za GSN-1

Napomena: Preraspodjela momenta savijanja u gredama, moment u polju povećati za 30 % , a moment nad ležajem smanjiti za 15 %.

$M_{max,polje1}$= 59.86 ·1.30 = 77.82 kNm

$M_{max,ležaj}$ = 70.26 · 0.85 = 59.72 kN

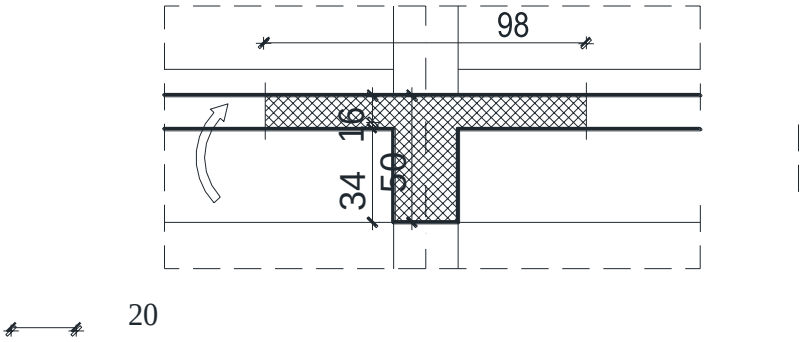


Slika 8.2 Poprečne sile $V_{Ed,z}$ (kN) za GSN-1

8.1.2 Dimenzioniranje ploče na momet savijanja

Utjecajna širina: $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5}$

$$b_{eff} = 20 + \frac{0{,}7 \cdot 560}{5} = 98.4\ cm$$



Slika 8.3 Poprečni presjek grede (polje1)

$$M_{Ed} = 77.82\ kNm$$

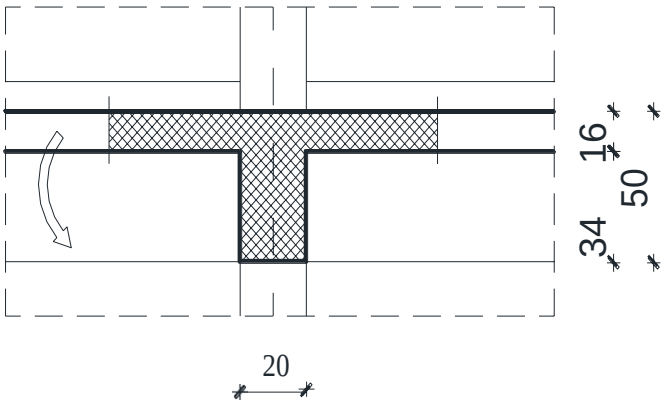
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7782}{98{,}4 \cdot 47^2 \cdot 1{,}67} = 0.021$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10{,}0\ ‰ \quad \varepsilon_{c2} = 0{,}8\ ‰ \quad \xi = 0{,}074 \quad \zeta = 0{,}974$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7782}{0{,}974 \cdot 47 \cdot 43{,}5} = 3.91 cm^2$$

Odabrano 2Ø16 (As=4,02 cm^2)

Ležaj :



Slika 8.5 Poprečni presjek grede (ležaj)

$$M_{Ed} = 59.72\ kNm$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{fw} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{5972}{20 \cdot 47^2 \cdot 1{,}67} = 0{,}081$$

Očitano: $\varepsilon_{s1} = 10{,}0\ ‰$ $\varepsilon_{c2} = 1{,}9\ ‰$ $\xi = 0{,}160$ $\zeta = 0{,}941$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{5972}{0{,}941 \cdot 47 \cdot 43{,}5} = 3{,}10 cm^2$$

Odabrano 2Ø16 (As=4,02 cm^2)

8.1.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 93.66\ kN$$

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

$$k = 1{,}0 + \sqrt{\frac{200}{d}}^{1} = 1{,}0 + \sqrt{\frac{200}{470}} = 1{,}65 \leq 2{,}0 \ \rightarrow k = 1{,}65$$

$$k_1 = 0{,}15$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_C} = 0{,}0$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0{,}18}{\gamma_c} = \frac{0{,}18}{1{,}5} = 0{,}12$$

$$\sum A_s = 2Ø16 + 2Ø16 = 4{,}02 + 4{,}02 = 8{,}04\ cm^2$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_C} = \frac{8{,}04}{20 \cdot 50} = 0{,}008$$

$$V_{Rd,c} = \left[0{,}12 \cdot 1{,}65(100 \cdot 0{,}008 \cdot 25{,}0)^{1/3} + 0{,}15 \cdot 0{,}0\right] \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} = 50520{,}74\ N = 50{,}52\ kN$$

$$V_{Rd,c} \geq \left[v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}\right] \cdot b_w \cdot d$$

$$k_1 = 0{,}15$$

$$v_{min} = 0{,}035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0{,}035 \cdot 1{,}65^{3/2} \cdot 25{,}0^{1/2} = 0{,}374$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} = 0{,}0$$

$$V_{Rd,c} \geq 0{,}374 \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} \geq 35156\ N = 35{,}16\ kN$$

Uvjet je zadovoljen!

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 93{,}66\ kN$$

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

$$v = 0{,}6\left[1{,}0 - \frac{f_{ck}}{250}\right] = 0{,}6\left[1{,}0 - \frac{25}{250}\right] = 0{,}54$$

$$V_{Rd,max} = 0{,}5 \cdot 0{,}54 \cdot 200 \cdot 470 \cdot 16{,}66 = 4230846\ N = 423{,}08\ kN > V_{Ed,max}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{93{,}66}{423{,}08} \approx 0{,}22 \ \rightarrow V_{Ed} = 0{,}22\ V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = min\{0{,}75 \cdot d; 30{,}0\ cm\} = min\{0{,}75 \cdot 47 = 34{,}5; 30{,}0\ cm\}$$

$$s_{max} = 30\ cm$$

$$\rho_{min} = 0{,}00090$$

Potrebna računska poprečna armatura:

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0{,}0009 \cdot 30 \cdot 20}{2} = 0{,}27 cm^2$$

Odabrane minimalne spone: Ø8/20 ($A_{sw} = 0{,}50\ cm^2$)

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s};\ B500B \quad \rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1{,}5} = 434{,}8\ MPa = 43{,}48\ kN/cm^2$$

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot ctg\theta$$

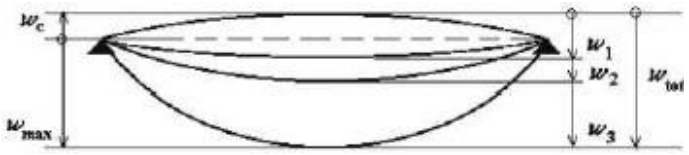
$$V_{Rd,s} = \frac{0{,}50}{30} \cdot (0{,}9 \cdot 47) \cdot 43{,}48 \cdot 2 = 61{,}31\ kN$$

$$V_{Ed} > V_{Rd,s}$$

Postaviti spone Ø8/20 ($A_{sw} = 0{,}50\ cm^2$).

Na mjestima spoja greda sa stupom i na mjestima spoja greda sa zidovima potrebno je progustiti spone, pa uzimamo razmak između spona 15 cm.

8.1.4 Kontrola progiba

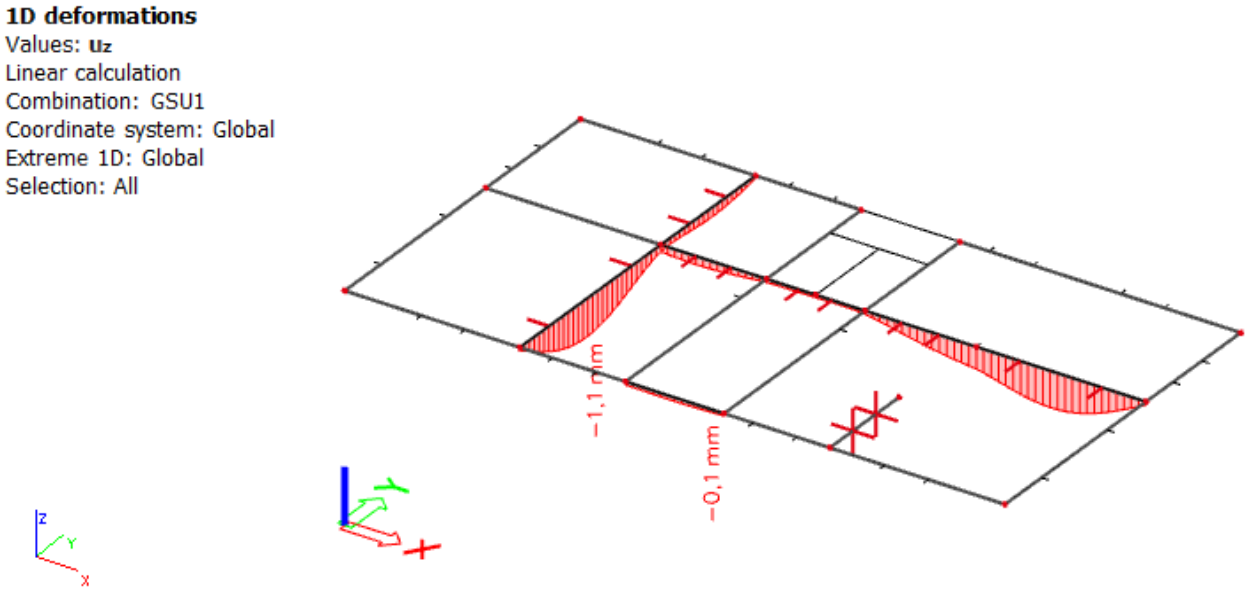


Slika 8.6 Prikaz progiba grede

w_c -nadvišenje neopterećenog konstruktivnog elementa
w_1 - početni progib od stalnog opterećenja
w_2 - dugotrajni progib od stalnog opterećenja
w_3 - progib od promjenjivog opterećenja
w_{max} – ukupni progib

Konstrukcija	**w_{max}**	**$w_{2+}w_3$**
krovišta	L/200	L/250
Prohodna krovišta	L/250	L/300
stropovi	L/250	L/300
stropovi/krovovi sa žbukom ili drugim krhkim završnim slojevima ili nesavitljivim pregradama	L/300	L/350
stropovi koje podupiru stupovi (osim ako je progib uzet u obzir u sklopu proračuna za granično stanje nosivosti)	L/400	L/500
kada w_{max} može narušiti izgled zgrade	L/250	–

Tablica 8.1 Ograničenje vertikalnih progiba za karakterističnu kombinaciju



Slika 8.7 Progib grede (mm) za kombinaciju GSU-1

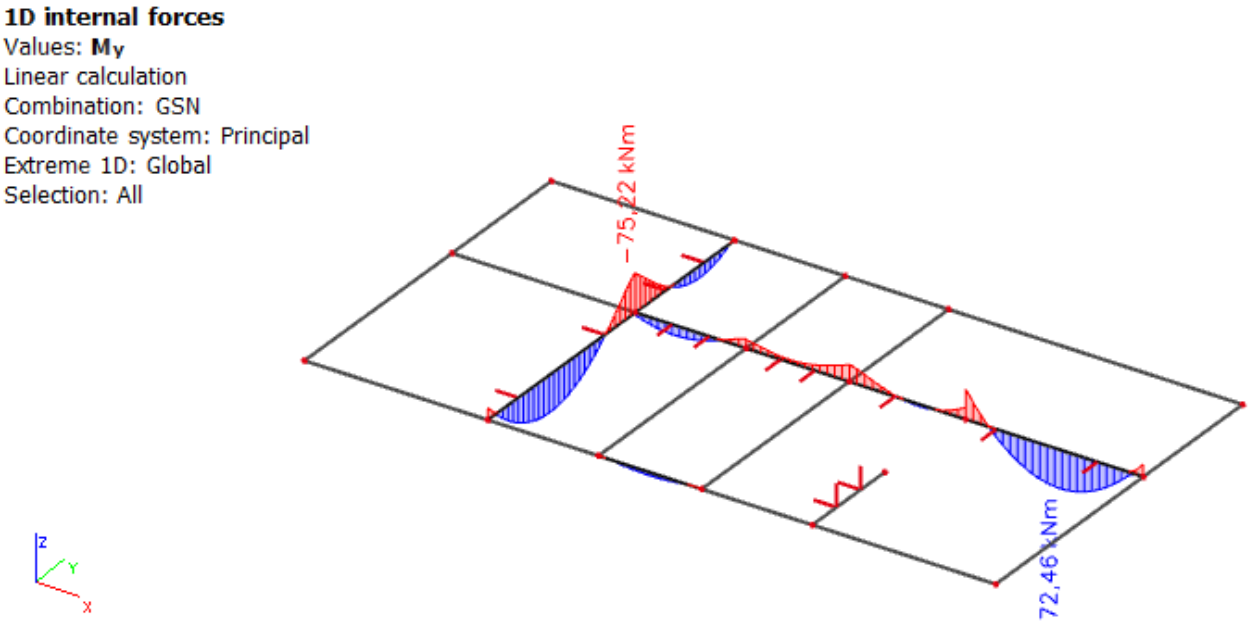
Najveći progib iznosa je 1,1 mm

Dozvoljen progib L/1250 =5800/1250=4,64 mm

Međukatna greda zadovoljava na progibe.

8.2 Krovna greda

8.2.1 Prikaz rezultata proračuna

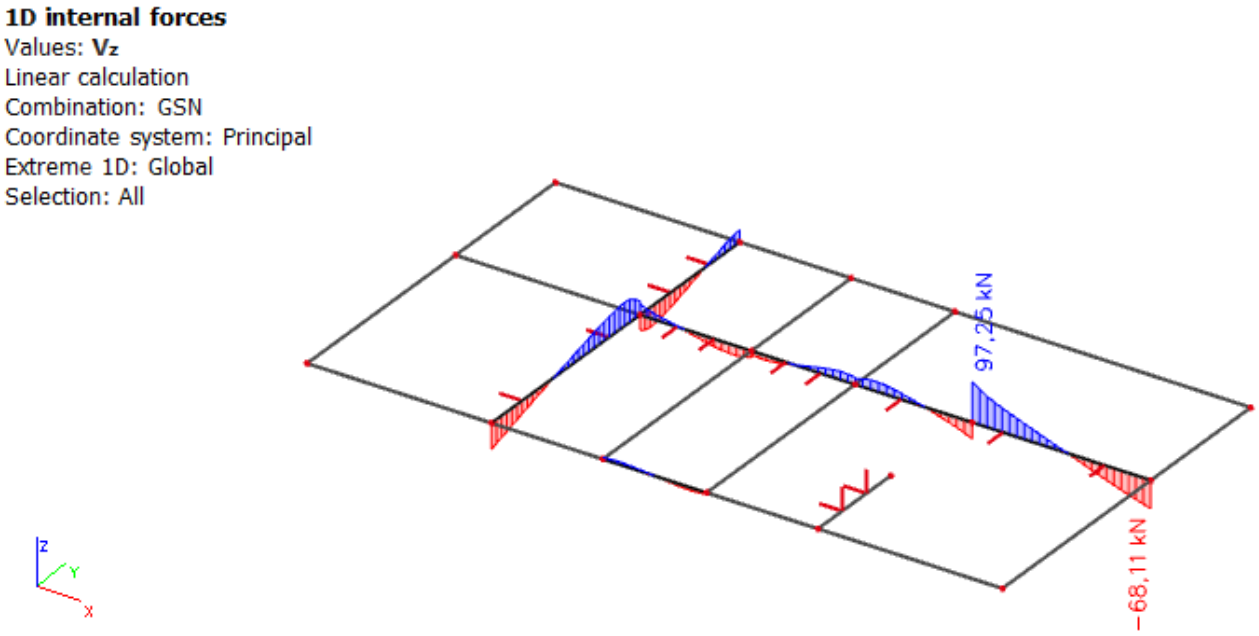


Slika 8.8 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm) za GSN-1

Napomena: Preraspodjela momenta savijanja u gredama, moment u polju povećati za 30 % , a moment nad ležajem smanjiti za 15 %.

Mmax,polje1=72,46*1.30= 94,2 kNm

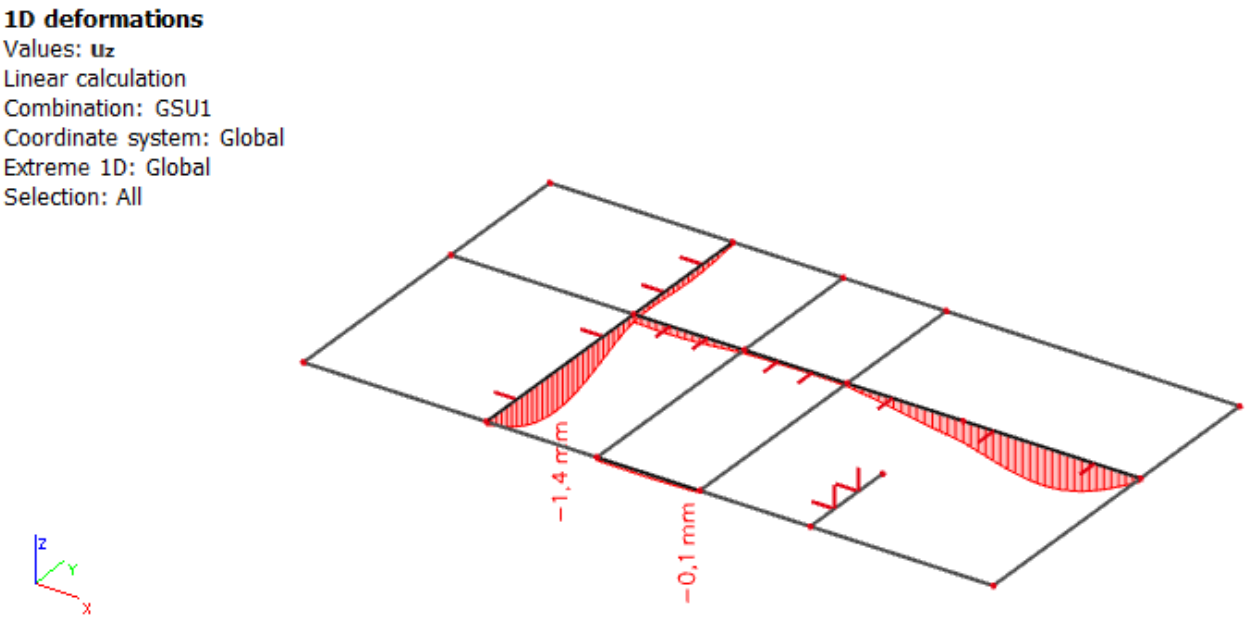
Mmax,ležaj= 75,22*0.85= 63,94 kN



Slika 8.9 Poprečne sile $V_{Ed,z}$ (kN) za GSN-1

Nema velikih promjena u momentnom dijagramu ni u dijagramu poprečnih sila pa se krovna greda armira isto kao i međukatne grede.

8.2.2 Kontrola progiba



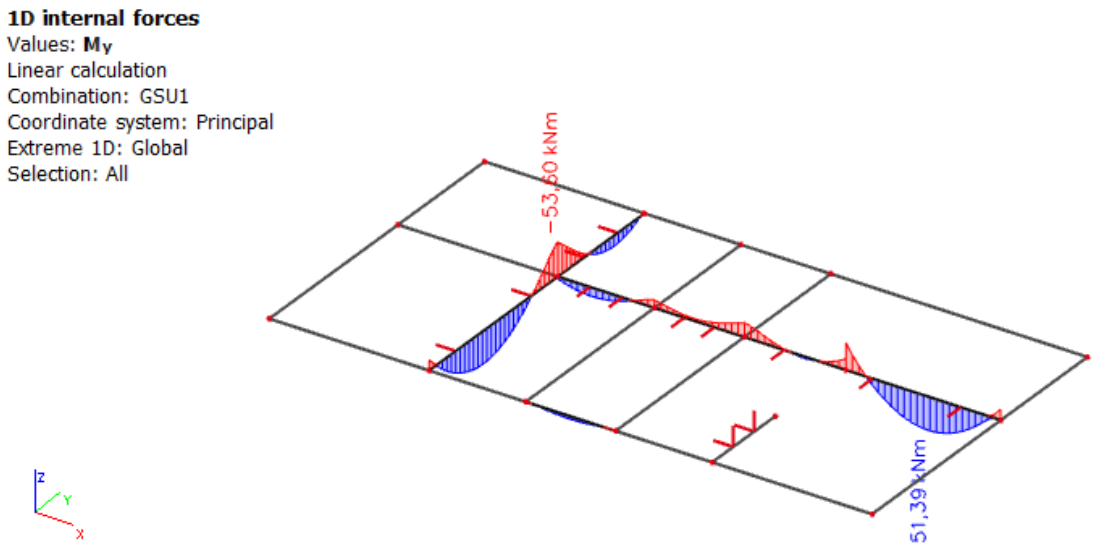
Slika 8.10 Progib grede (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 1,4 mm Dozvoljen progib:

$$\frac{L}{1250} = \frac{5800}{1250} = 4{,}64\ mm$$

Krovna greda zadovoljava na progibe.

8.2.3 Kontrola pukotina



Slika 8.11 Moment savijanja $M_{Ed,y}$ (kNm) za GSU-1

Mjerodavni moment M=53,60 kNm

Prognoza širine pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

Vrijednost $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ određuje se prema izrazu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0{,}6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{5360}{\left(47 - \frac{10{,}18}{3}\right) \cdot 4{,}02} = 30{,}57 \frac{kN}{cm^2} = 305{,}7\ MPa$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{7{,}0 \cdot 4{,}02}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 47}{7{,}0 \cdot 4{,}02}}\right) = 10{,}18\ cm$$

Za C 25/30 $\Rightarrow f_{ct,eff} = 2{,}6\ MPa$

$A_{s1} = 2\Phi 16 = 4{,}02 cm^2$

$E_{cm} = 30{,}0\ GPa = 30000 MPa$ – modul elastičnosti betona

$E_s = 210{,}0\ GPa = 210000MPa$ – modul elastičnosti armature

$k_t = 0{,}4 - dugotrajno\ opterećenje$

$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7{,}0 - odnos\ modula\ elastičnosti$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{4{,}02}{20(2{,}5 \cdot 4)} = 0{,}02$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{305{,}7 - 0{,}4\frac{4{,}02}{0{,}02}(1 + 7{,}0 \cdot 0{,}02)}{210000} \geq 0{,}6 \cdot \frac{305{,}7}{210000}$$

$$0{,}00101 \geq 0{,}000873$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0{,}000873$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\Phi = 12{,}0$ mm

C=25 mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0{,}8$ – Rebrasta armatura

$k_2 = 0{,}5$ - Savijanje

$k_3 = 3{,}4$

$k_4 = 0{,}425$

$$s_{r,max} = 3{,}4 \cdot 25 + 0{,}8 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}425 \cdot \frac{16{,}0}{0{,}002} = 221$$

Karakteristična širina pukotine:

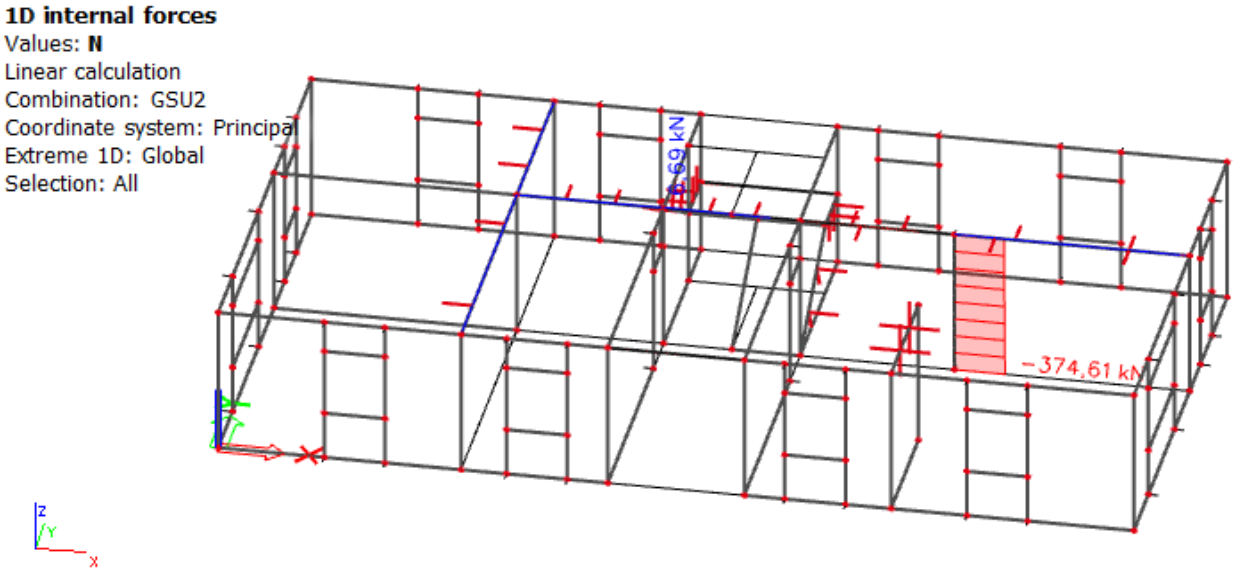
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 270{,}45 \cdot 0{,}000873 = 0{,}19\ mm < w_g = 0{,}3\ mm$$

- Pukotine zadovoljavaju!

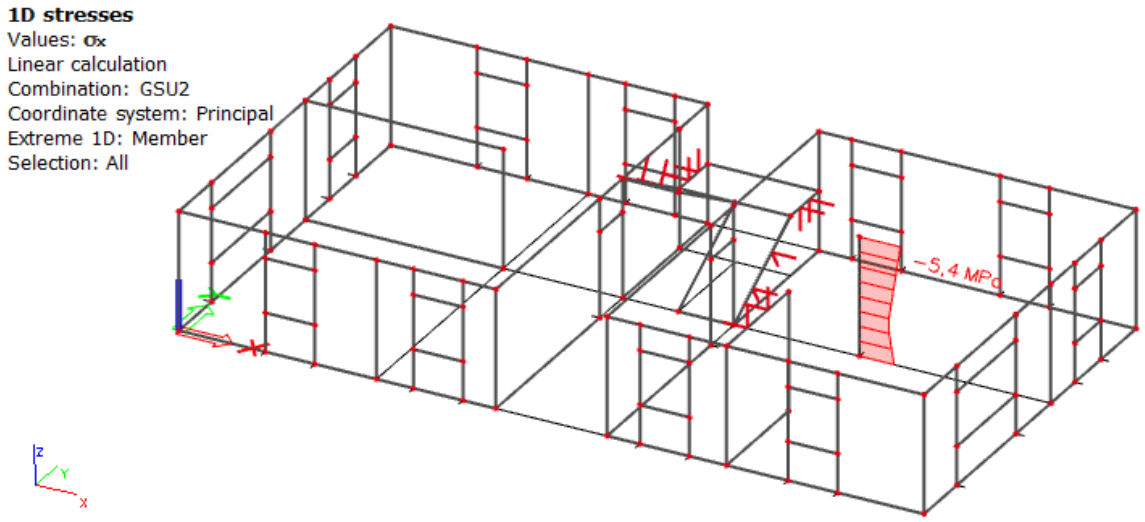
9. PRORAČUN STUPOVA

Za stupove koji ne preuzimaju sile potresa:
-Minimalne dimenzije presjeka stupova b_{min}=20 cm.
-Horizontalni razmak vertikalne armature stupova ≤ 40 cm.
-Min. i max. % armature za stupove: $A_{s,min}$=0.003·b·h; $A_{s,max}$=0.040·b·h
-$A_{s,min}$=4ϕ12

Ograničenja naprezanja u betonu Ograničenje srednjeg tlačnog naprezanja:
$\sigma_c \leq 0.45\ f_{ck}$ za nazovistalnu kombinaciju
GSU2=1.0G + Ψ_2Q=1.0G + 0.3Q
za C25/30,
$\sigma_c \leq 0.45*25=11.25$ MPa



Slika 9.1 Uzdužne sile u stupovima N_{Ed} (kN) za GSU-2



Slika 9.2 Srednje tlačno naprezanje u stupovima $\sigma_{c,Ed}$ (MPa) za GSU-2

Beton: C25/30; f_{ck}=25Mpa

Kontrolira se srednje tlačno naprezanje u stupu za nazovistalnu kombinaciju:

GSU-2 = 1.0G +Ψ_{2i}*Qi = 1.0G +0.3Q1

$\sigma_{c,ed} \leq 0.45\ f_{ck}$

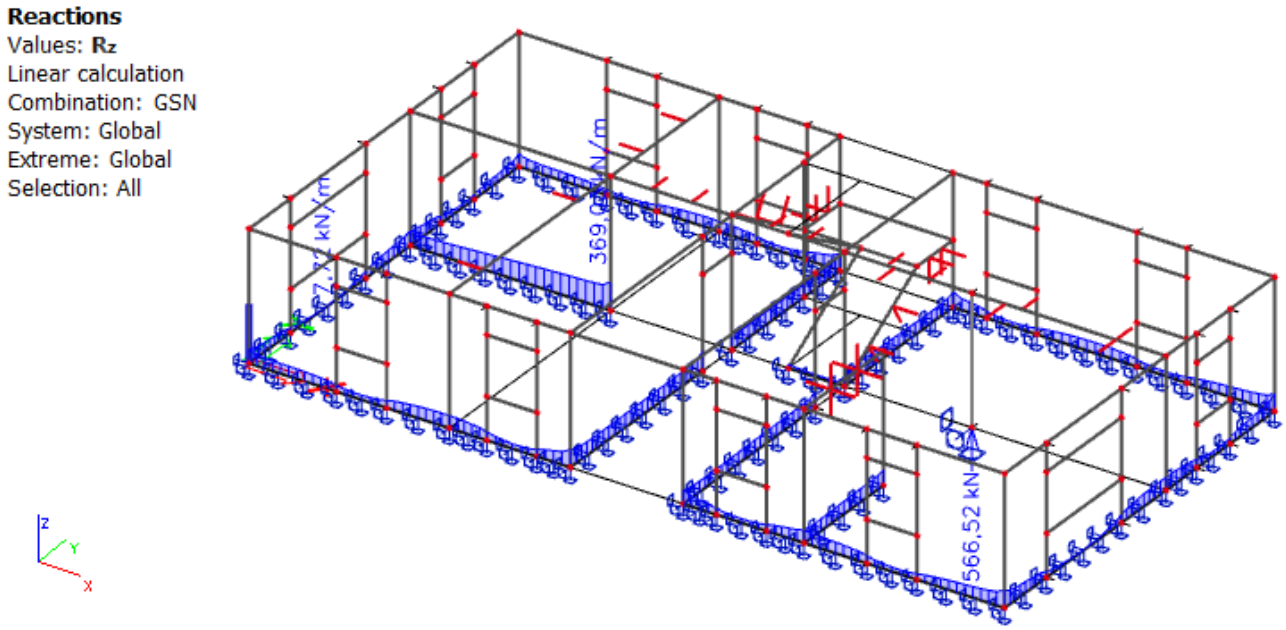
za C 25/30;

0.45 f_{ck} = 0.45*25 = 11.25 MPa

U niti jednom stupu nije prekoračeno srednje tlačno naprezanje.

10. PRORAČUN TEMELJA

Slijede rezultati iz globalnog modela, veza zidova sa podlogom je u numeričkom modelu modelirana kao upeta. Prikazane su linijske reakcije na mjestima oslanjanja zidova na temeljne trake.
Najmanje dimenzije poprečnog presjeka betonskih temeljnih greda: $h_{w,min}$ = 0.5 m.
Najmanji omjer armiranja betonskih temeljnih greda: $\rho_{b,min}$ = 0.004.



Slika 10.1 Linijske reakcije na mjestima oslanjanja zidova na temeljne trake [kN/m] za kombinaciju GSN-1

Odabrana je maksimalna linijska reakcija u iznosu od 369,0 kN/m. Vrijednost dopuštenog kontaktnog naprezanja je 400 kN/m^2.

Širina temeljne trake određena je na sljedeći način:

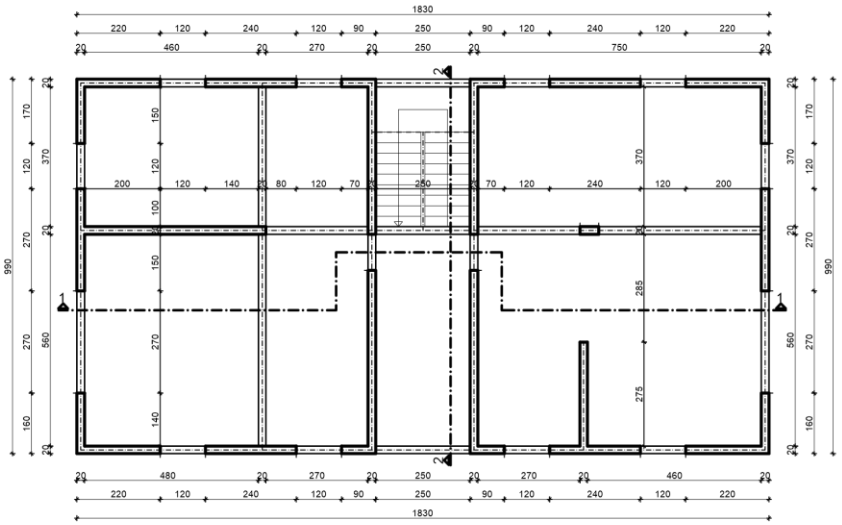
$$b \geq \frac{369}{400} = 0{,}9$$

Usvoje na širina temeljne trake je 1,0 m; b/h=100/50 cm.

11. GRAFIČKI PRILOZI

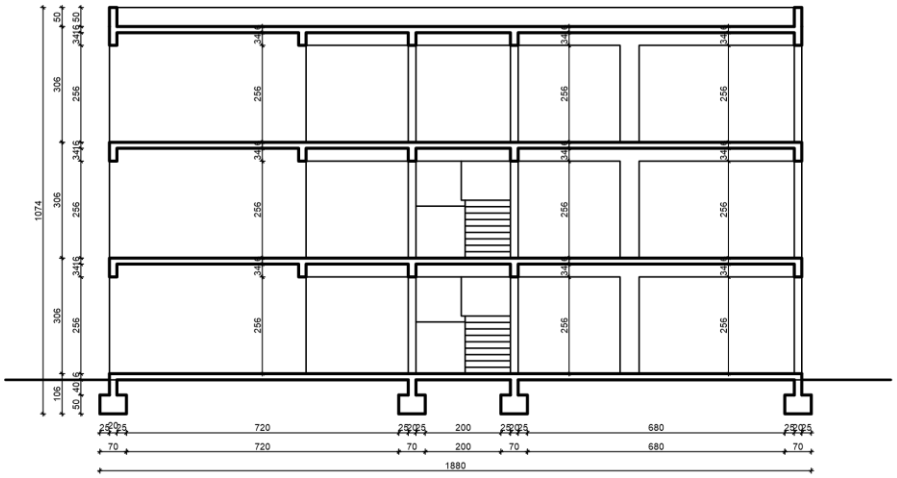
- Tlocrt karakteristične etaže	M 1:100
- Presjek 1-1	M 1:100
- Presjek 2-2	M 1:100
- Armatura međukatne ploče-donja zona	M 1:100
- Armatura međukatne ploče-gornja zona	M 1:100
- Armatura krovne ploče-donja zona	M 1:100
- Armatura krovne ploče-gornja zona	M 1:100
- Armatura grede i stupa	M 1:100

TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE
M 1:100



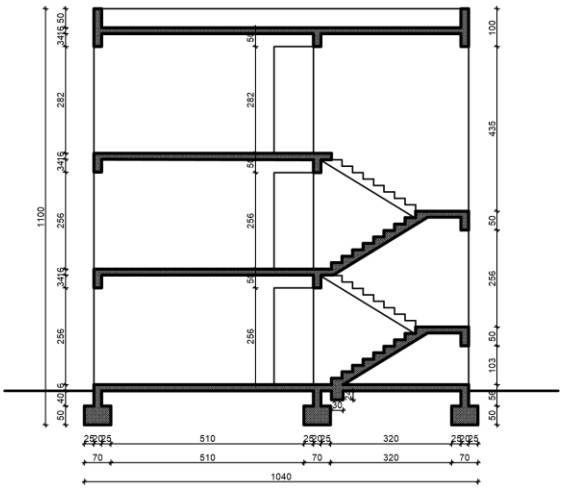
ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : tlocrt karakteristične etaže	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 1

PRESJEK 1-1
M 1:100



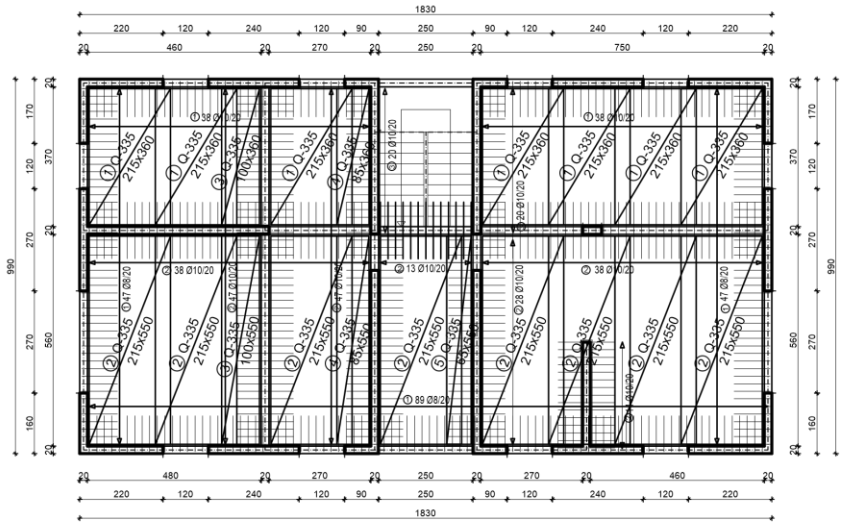
ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : presjek 1-1	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 2

PRESJEK 2-2
M 1:100



ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : presjek 2-2	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 3

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE
DONJA ZONA M 1:100



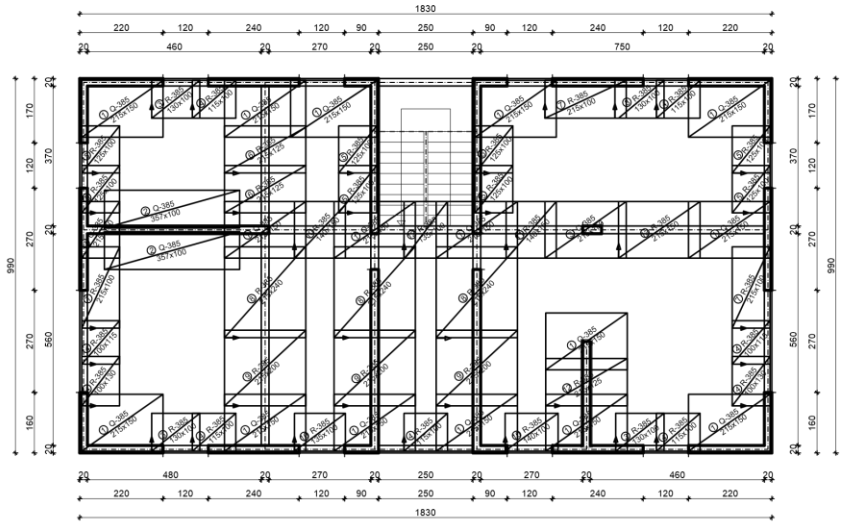
① Ø8 L=150 x 259 (kom)

② Ø10 L=150 x 136(kom)

③ Ø10 L=75 x40(kom)

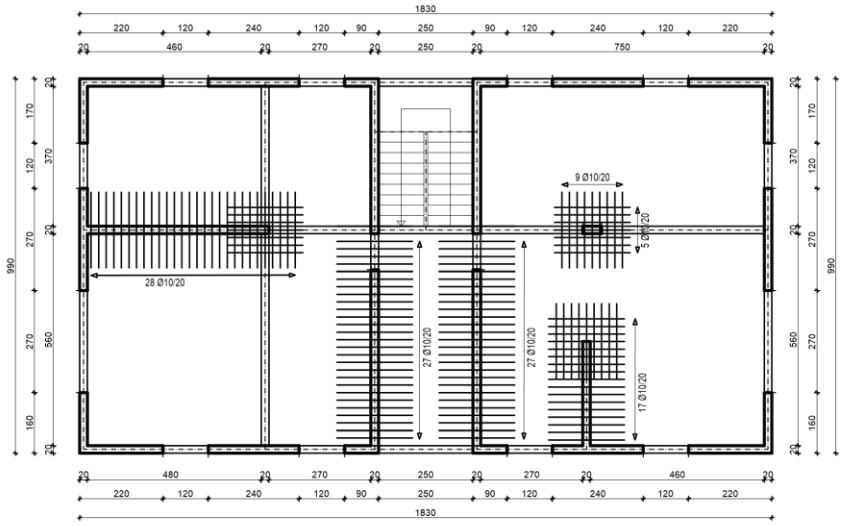
ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : armatura međukatne ploče (donja zona)	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 4

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE
GORNJA ZONA (MREŽE) M 1:100



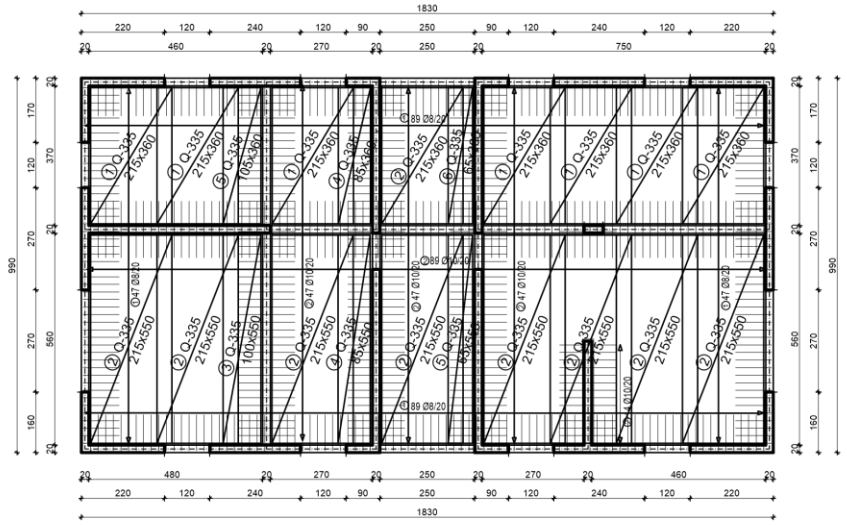
ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : armatura međukatne ploče (gornja zona)	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 5

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE
GORNJA ZONA (ŠIPKE) M 1:100

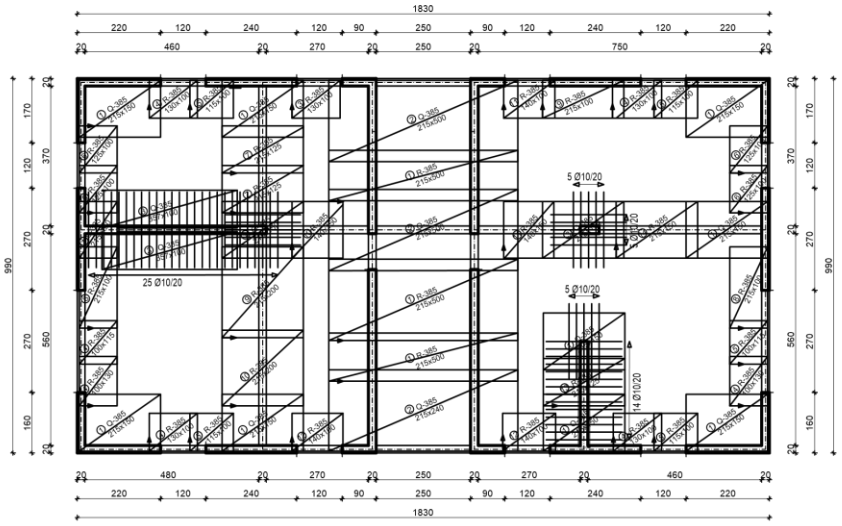


ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : armatura međukatne ploče (gornja zona)	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 6

ARMATURA KROVNE PLOČE
DONJA ZONA M 1:100

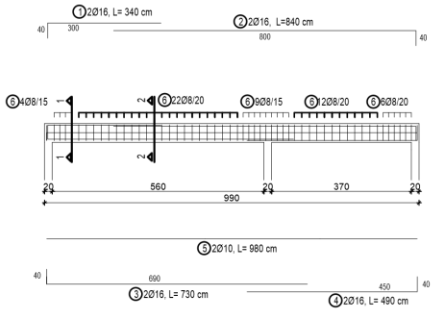

1830
220 120 240 120 90 250 90 120 240 120 220
460 270 250 750
990
170 120 370 270 560 160
480 270 250 270 460
Q-335 215x360
Q-335 215x550
Q-335 100x360
Q-335 85x360
Q-335 65x360
Q-335 85x550
Q-335 100x550
Q-335 65x550
Q-335 215x550
Q-335 215x360
Q-335 215x550
Q-335 215x360
Q-335 215x550
Q-335 215x360

ARMATURA KROVNE PLOČE
GORNJA ZONA M 1:100

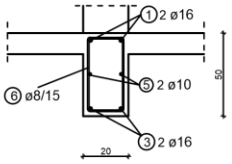


ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Joispa Jurić	
SADRŽAJ : armatura krovne ploče (gornja zona)	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 8

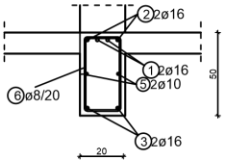
ARMATURA GREDE I STUPA



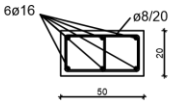
Presjek 1-1
MJ 1:25



Presjek 2-2
MJ 1:25



Armatura stupa
MJ 1:25



ZAVRŠNI RAD	
TEMA : statički proračun zgrade	
STUDENT :Josipa Jurić	
SADRŽAJ : armatura grede i stupa	MJERILO 1:100
DATUM : rujan, 2018.	LIST 9

12. LITERATURA

Ante Mihanović, Boris Trogrlić, **Građevna statika I**, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2011.

Ante Mihanović, Boris Trogrlić, Vlaho Akmadžić, **Građevna statika II,** Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2014.

Ivan Tomičić**, Betonske konstrukcije,** Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb 1996.