

# Statički proračun stambene zgrade

---

**Puljiz, Matija**

**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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:159862>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-25**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Matija Puljiz**

**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 nacрте 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 tehncial 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: **Matija Puljiz**

BROJ INDEKSA: **4159**

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 nacрте

Voditelj Završnog rada: Prof. dr. sc. Boris Trogrlić

Neposredni voditelj završnog rada: Doc. dr. sc. Ivan Balić

U Splitu, srpanj 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 nacрта 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 prilogima.

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 iskopapoterbno je ručno očistiti temeljnu plohu od ostataka razlomljenog materijala.

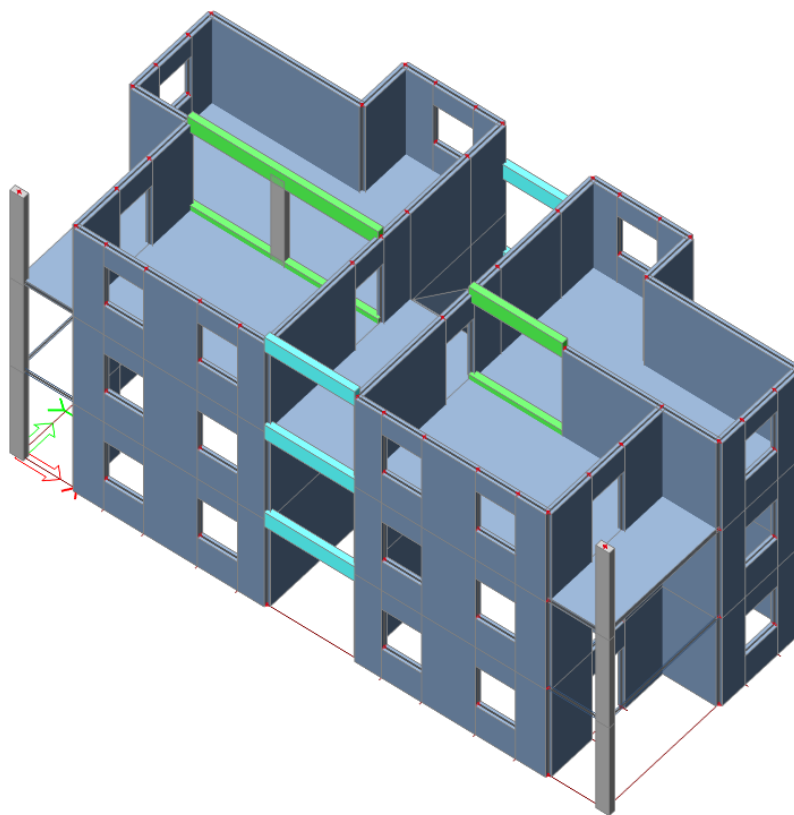
Zatim je potrebno neravnine i udubine popuniti i izravnati podložitim betonom klase C 16/20 do projektirane kote temeljenja.

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.

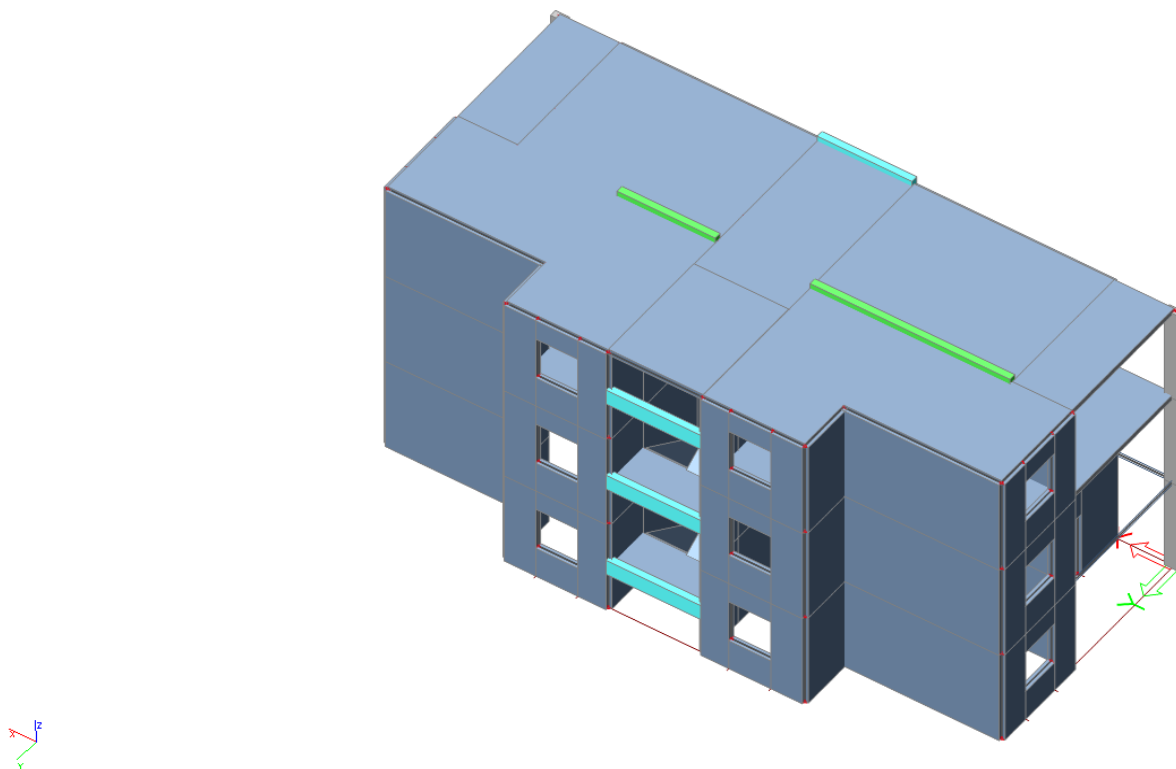
Dopuštena centrična naprezanja tla, na detaljno očišćenim naslagama matične stijene, uzeta su za osnovna opterećenja 400 kPa.

## 2. 3-D PRORAČUNSKI 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                                                                                                 |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>G0</b>                  | Stalno djelovanje - vlastita težina elemenata nosive konstrukcije.                                              |
| <b>G1</b>                  | Stalno djelovanje - ostalo stalno djelovanje: pokrov, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd., zidni paneli. |
| <b>Qi</b>                  | Promjenjivo - uporabno djelovanje: uporabno opterećenje, pokretna oprema.                                       |
| <b>W</b>                   | Vjetar.                                                                                                         |
| <b>S</b>                   | Snijeg.                                                                                                         |

Tablica 3.1 Podaci o osnovnim djelovanjima

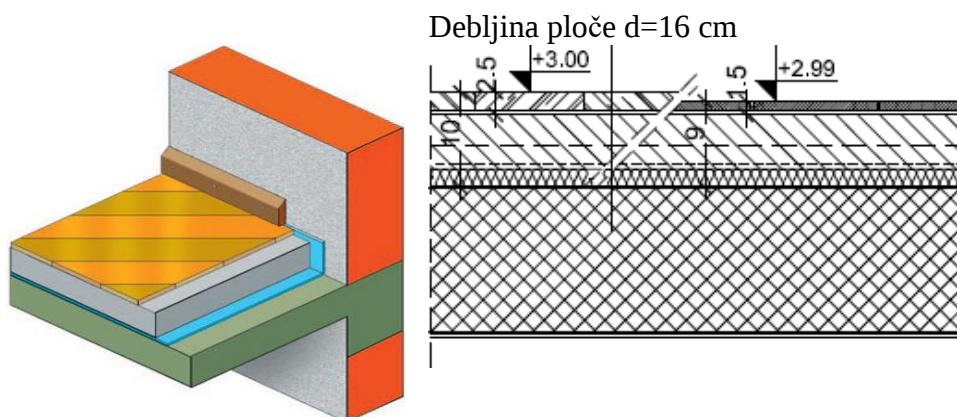
#### 3.1 Vlastita težina elemenata konstrukcije (G0)

Stalno opterećenje uključeno je u proračun prema slijedećem:

- Specifična težina armiranog betona iznosi  $g=25.0 \text{ kN/m}^3$ .
- 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)



Slika 3.1 Grafički prikaz slojeva međukatne konstrukcije stambenog prostora

|                                | d(m)  | $\gamma(\text{kN/m}^3)$ | $d*\gamma(\text{kN/m}^2)$ |
|--------------------------------|-------|-------------------------|---------------------------|
| 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  $g = 2.3 \text{ kN/m}^2$

Napomena: U dodatno stalno opterećenje spadaju instalacije, ostali stalni teret. 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                                                                                                                                                                                                                     | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k^s$<br>[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 <sup>b</sup> u stambenim zgradama i kućama, sobama s krevetima, bolnicama (spavaonicama), sobama u hotelima i prenoćistima i pripadajuće kuhinje i kupaonice | 1,5                           | –               |
| 3      |            | A3 |                                               | A2, ali bez zadovoljavajuće poprečne raspodjele opterećenja                                                                                                                                                                 | 2,0 <sup>c</sup>              | 1               |

Tablica 3.3 Uporabna opterećenja stropova

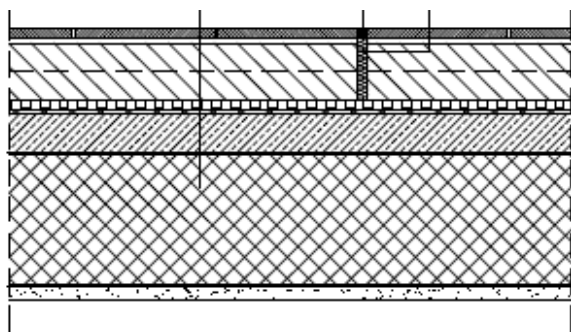
Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

$$q = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

### 3.3 Etaže-balkoni

#### 3.3.1 Stalno djelovanje (G1)

Debljina ploče  $d=16$  cm



Slika 3.2 Grafički prikaz  
slojeva međukatne konstrukcije balkona

|                                              | $d(m)$ | $\gamma(kN/m^3)$ | $d*\gamma(kN/m^2)$ |
|----------------------------------------------|--------|------------------|--------------------|
| Keramičke pločice u građevinskom ljepilu     | 0.015  | 18.0             | 0.27               |
| Lagano armirani cementni namaz               | 0.05   | 22.0             | 1.1                |
| Drenažna traka s čepićima prema dolje (PEHD) | -      | -                | -                  |
| Hidro izolacija                              | 0.01   | 10.0             | 0.1                |
| Zaglađeni cementni estrih                    | 0.025  | 24.0             | 0.6                |
| Završna fasadna žbuka                        | 0.015  | 15.0             | 0.225              |

Tablica 3.4 Opterećenje na balkonima

Ukupno stalno opterećenje  $g= 2.3 \text{ kN/m}^2$

Napomena: Opterećenje od slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu AB ploče.

### 3.3.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

|    |                |    |                             |                                                                                              |     |   |
|----|----------------|----|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|
| 19 | S <sup>q</sup> | 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 <sup>q</sup> |    | Pristupi, balkoni i sl.     | Krovne terase, trijemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti                                     | 4   | 2 |

Tablica 3.5 Uporabna opterećenja balkona

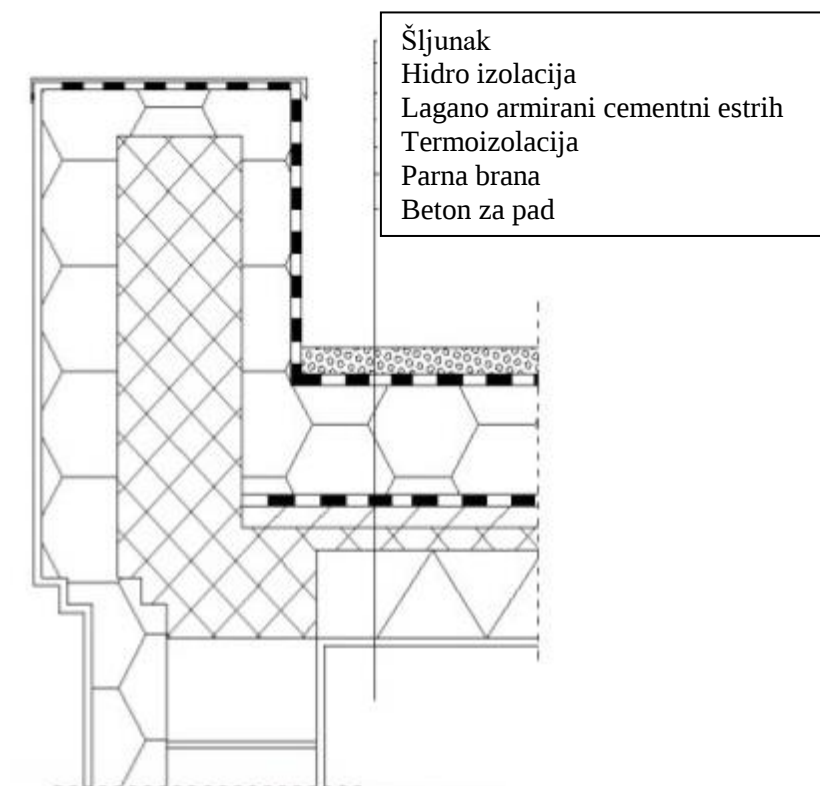
Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

$$q=4.0 \text{ kN/m}^2$$

## 3.4 Krov

### 3.4.1 Stalno djelovanje (G1)

Debljina ploče d=16 cm



Slika 3.3 Grafički prikaz slojeva konstrukcije neprohodnog ravnog krova

|                                 | d(m)  | $\gamma(\text{kN/m}^3)$ | $d*\gamma(\text{kN/m}^2)$ |
|---------------------------------|-------|-------------------------|---------------------------|
| 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 3.6 Opterećenje na krovnu ploču

Ukupno stalno opterećenje  $g = 4.0 \text{ kN/m}^2$

Napomena: Opterećenja od slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu AB ploče.

### 3.4.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

| Krov                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                             | $q_k^s$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_k$<br>[kN] |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------|
| Kategorija H                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | nagib krova $\leq 20^\circ$ | 0,6                             | 1,0           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | nagib krova $\geq 40^\circ$ | 0,0                             | 1,0           |
| <p>* Za nagibe između <math>20^\circ</math> i <math>40^\circ</math> vrijednost <math>q_k</math> može se odrediti linearnom interpolacijom.</p> <p>NAPOMENA 1: Opterećenje <math>q_k</math> djeluje na ploštini <math>A</math> koja predstavlja cijelu ploštinu krova.</p> <p>NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenja djeluju vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.</p> |                             |                                 |               |

Tablica 4.7 Uporabna opterećenja neprohodnih krovova

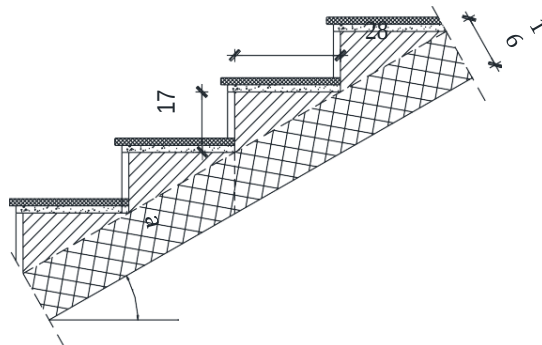
Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

$$q = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

### 3.5 Stubište

#### 3.5.1 Stalno djelovanje (G1)

Debljina ploče  $d=16$  cm



Slika 3.4 Grafički prikaz slojeva konstrukcije stubišta

|                                          | <b>d(m)</b> | <b><math>\gamma(\text{kN/m}^3)</math></b> | <b><math>d \cdot \gamma(\text{kN/m}^2)</math></b> |
|------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Završna obrada gazišta<br>(kamena ploča) | 0.02        | 28.0                                      | 0.56                                              |
| Cementni namaz                           | 0.01        | 20.0                                      | 0.20                                              |
| Stuba                                    | 0.07        | 24.0                                      | 1.68                                              |

Tablica 3.8 Opterećenje na stubištu

Ukupno stalno opterećenje  $g = 2.5 \text{ kN/m}^2$

Napomena: Opterećenja od slojeva poda ne uključuju vlastitu težinu AB ploče.

#### 3.5.2 Promjenjivo djelovanje (Q)

|    |       |    |                             |                                                                                              |     |   |
|----|-------|----|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|
| 19 | $S^q$ | 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 | $P^q$ |    | Pristupi, balkoni i sl.     | Krovne terase, trijemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti                                     | 4   | 2 |

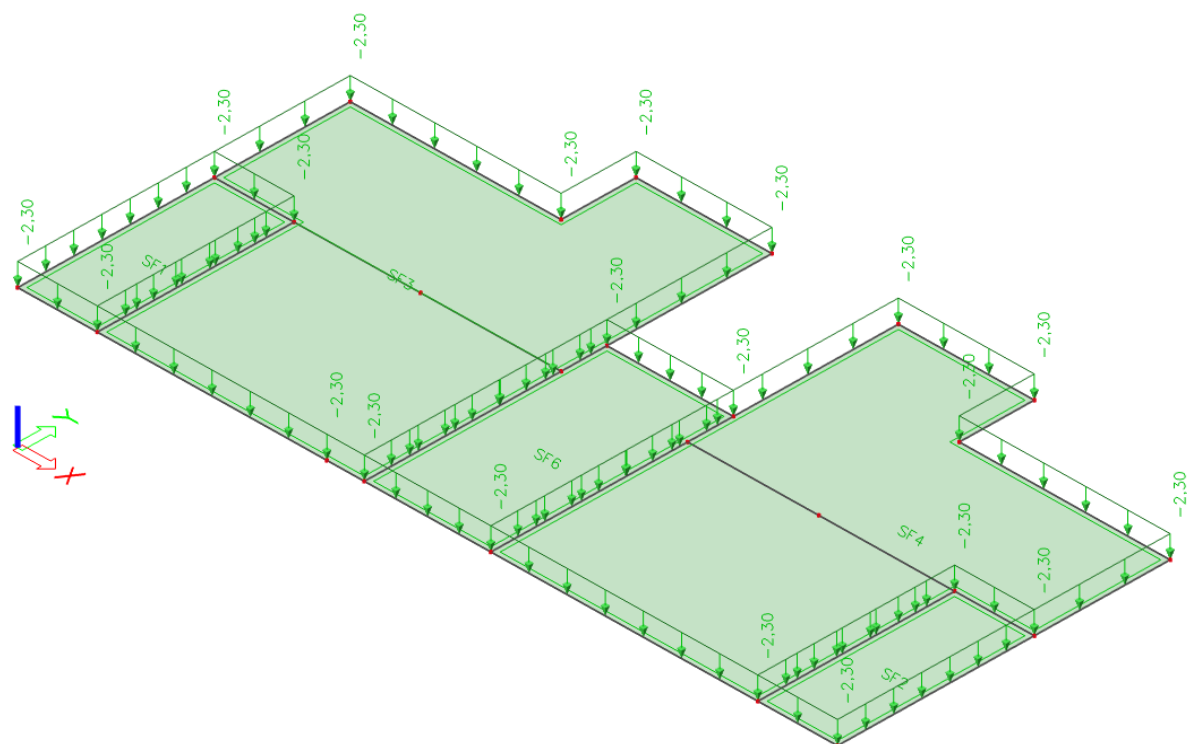
Tablica 3.9 Uporabna opterećenja stubišta i stubišnih podesta

Iz tablice za uporabna opterećenja odabire se vrijednost promjenjivog djelovanja.

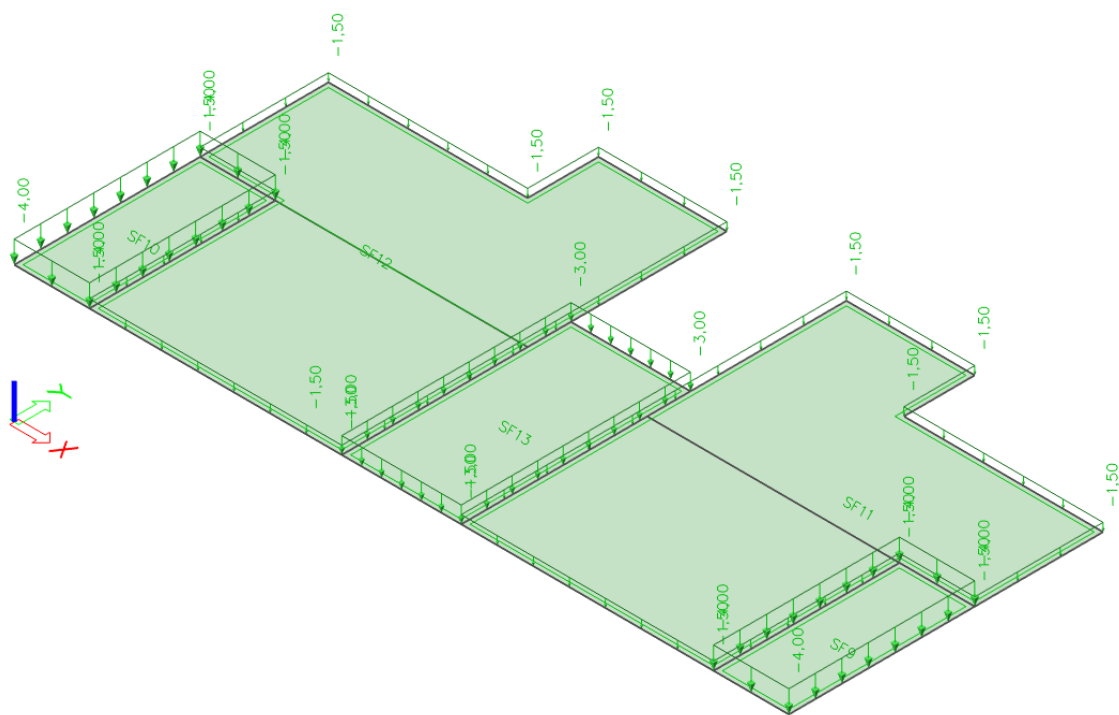
$$q = 3.0 \text{ kN/m}^2$$

## 4. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA

### 4.1 Međukatna ploča

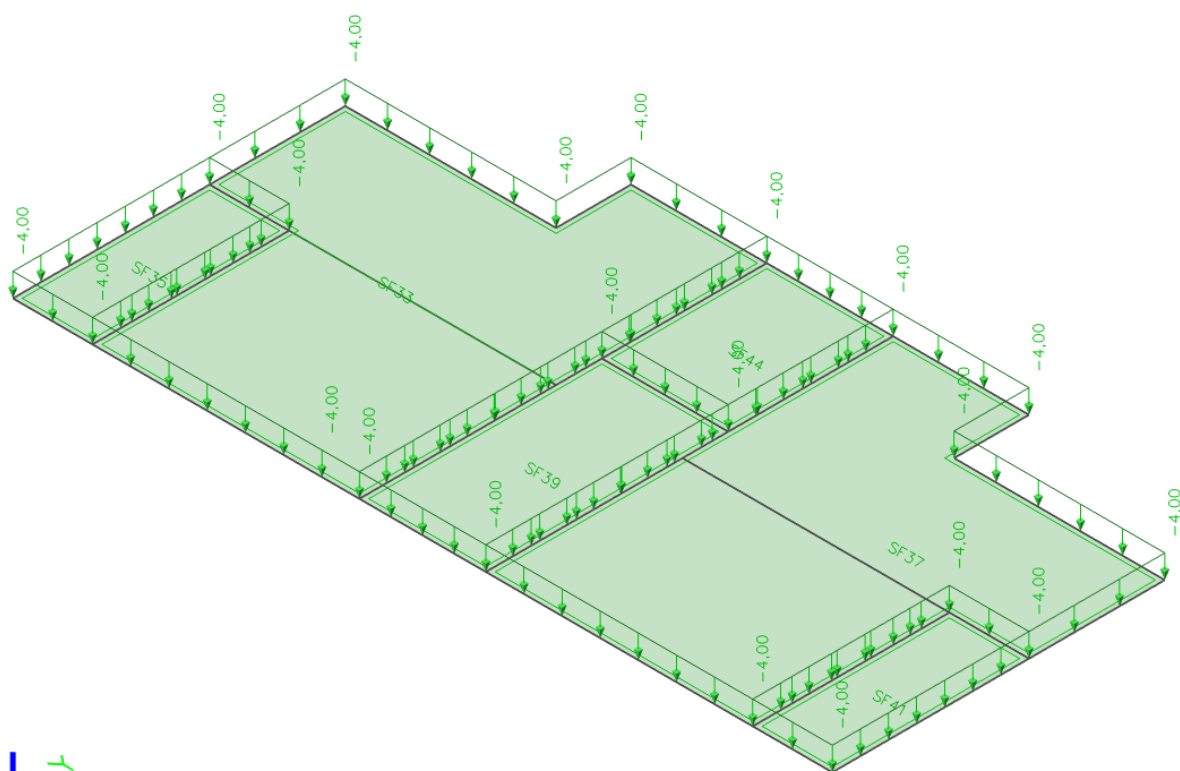


Slika 4.1 Dodatno stalno djelovanje  $G1(kN/m^2)$

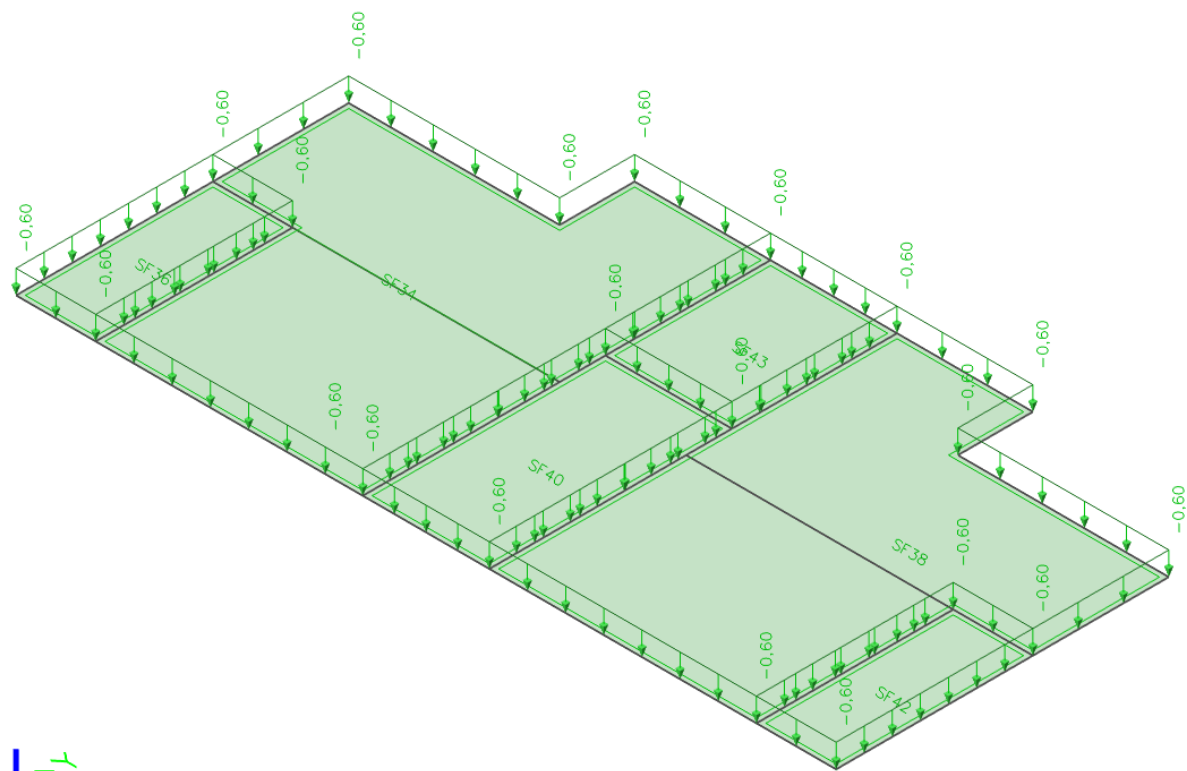


Slika 4.2 Promjenjivo djelovanje  $Q(kN/m^2)$

## 4.2 Krovna ploča

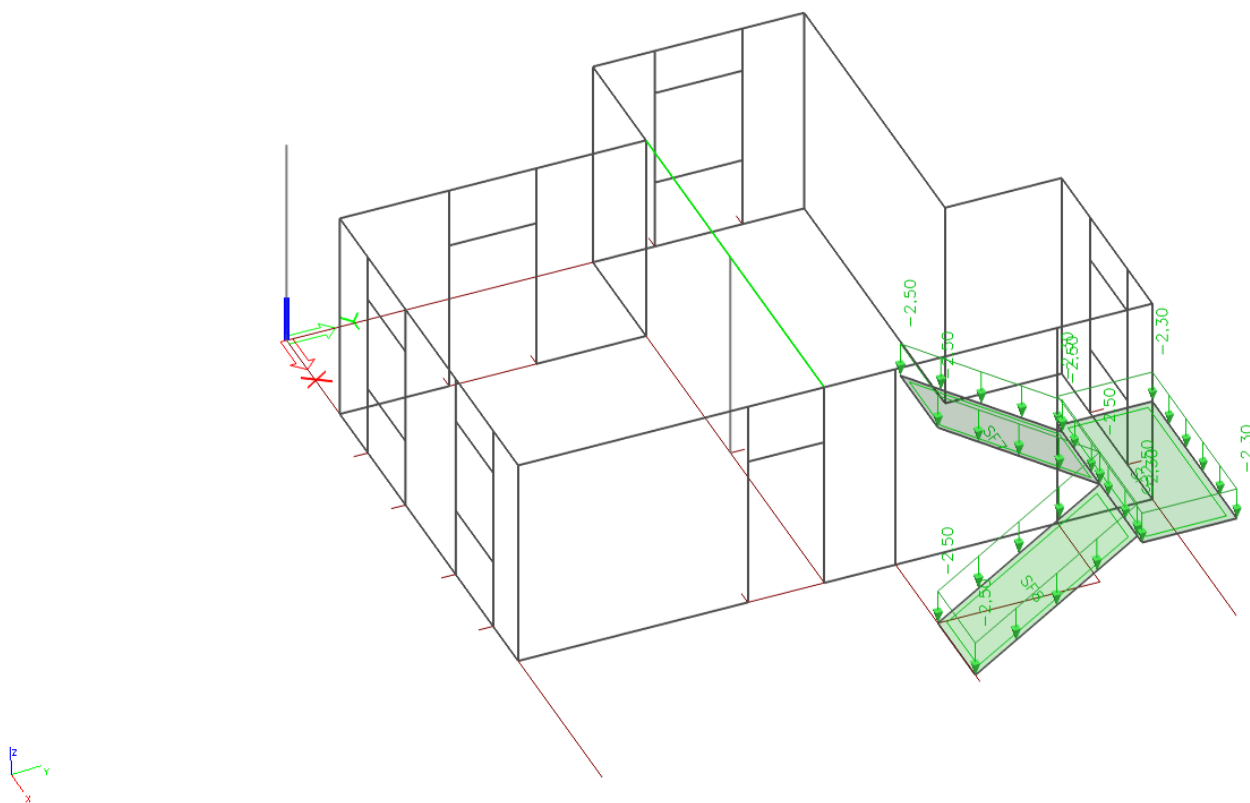


Slika 4.3 Dodatno stalno djelovanje  $G1(kN/m^2)$

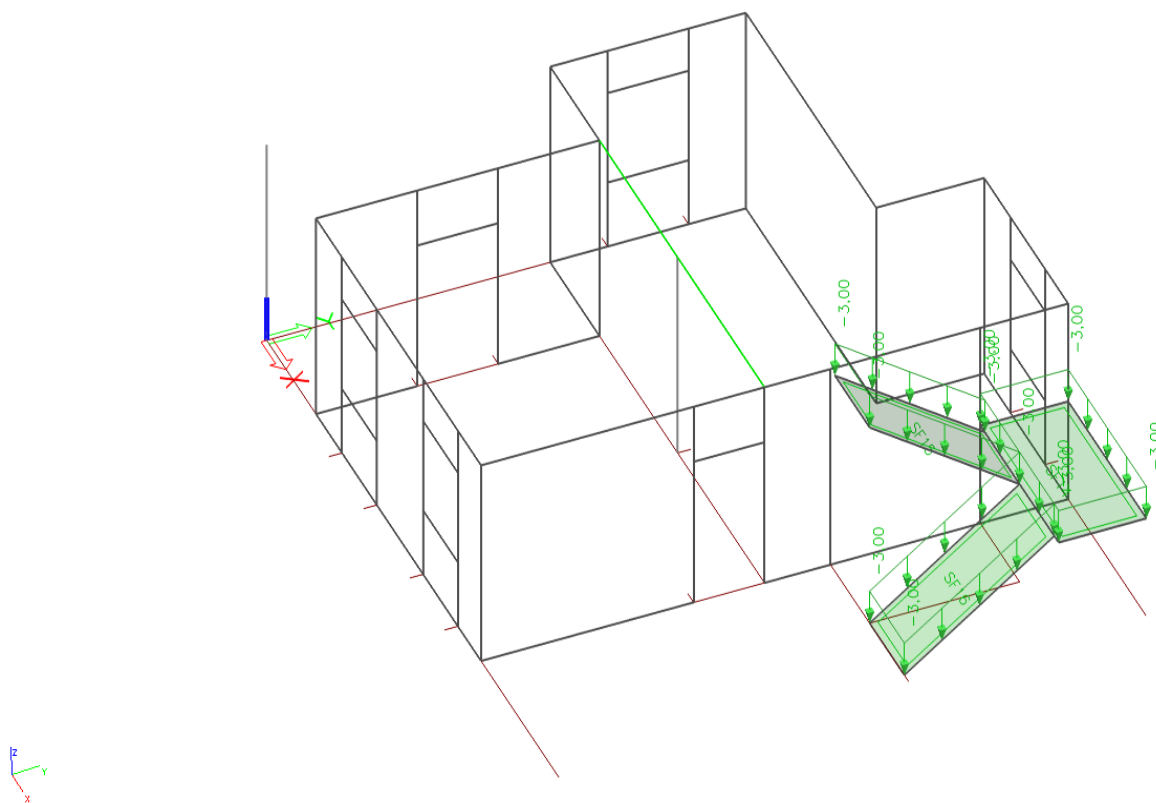


Slika 4.4 Promjenjivo djelovanje  $Q(kN/m^2)$

### 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 te iznose:

### Granično stanje nosivosti GSN-1

$$1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$$

G-vlastita težina + dodatno stalno djelovanje

Q-vodeće promjenjivo djelovanje

Koristimo za dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije.

### Granično stanje uporabljivosti

$$\text{GSU-1 (česta kombinacija)} \quad 1.0 \cdot G + \Psi_{1i} \cdot Q \\ 1.0 \cdot G + 0.5 \cdot Q$$

$\Psi_{1i}=0.5$  za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za čestu kombinaciju.

Koristi se za kontrolu progiba ploča i greda, te za kontrolu pukotina ploča i greda.

$$\text{GSU-2 (nazovistalna kombinacija)} \quad 1.0 \cdot G + \Psi_{2i} \cdot Q \\ 1.0 \cdot G + 0.3 \cdot Q$$

$\Psi_{2i}=0.3$  za promjenjiva djelovanja u stambenim zgradama za nazovistalnu kombinaciju.

Koristi za ograničenje tlačnog naprezanja u armirano betonskim elementima i za kontrolu dugotrajnih progiba.

## 6. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE

U ovom poglavlju prikazuju se unutarnje sile i progibi za dva modela međukatne ploče. Prvi model ploče ima upete rubove, dok drugi model ima postavljene zglobove, odnosno oslobođen zaokret na rubovima ploče ispod kojih se nalaze zidovi. U prvom modelu pojavljuju se veliki momenti na rubovima što nije realno ponašanje ploče, iz tog razloga se radi drugi model, u kojem nema pojave momenta na rubovima što je realni prikaz ponašanja ploče.

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,135^2 \cdot 16,66 \cdot 1000 = 48,3 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za ploče:

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

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

$$A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.31 \cdot 100 \cdot 13.5 \cdot \frac{16.66}{434.8} = 16.04 \text{ cm}^2/m$$

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

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

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

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

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

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

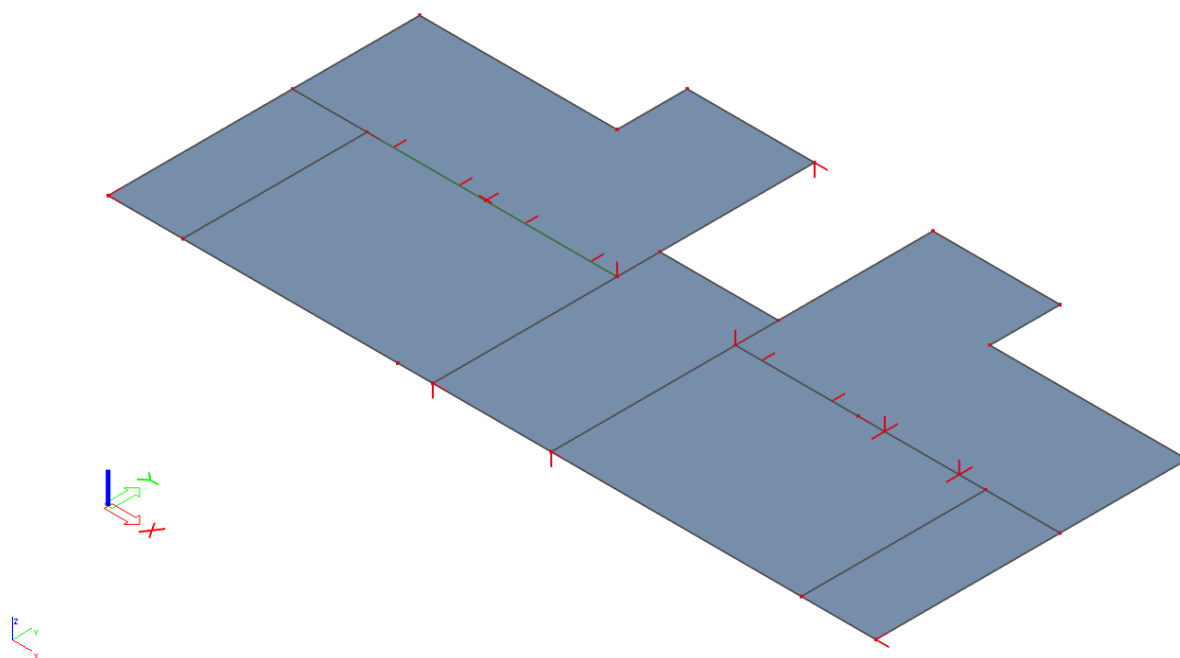
$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,495$$

$$k_1 = 0,15$$

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

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

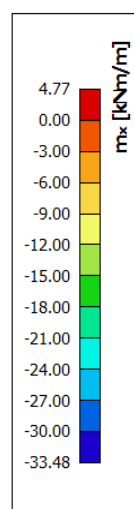
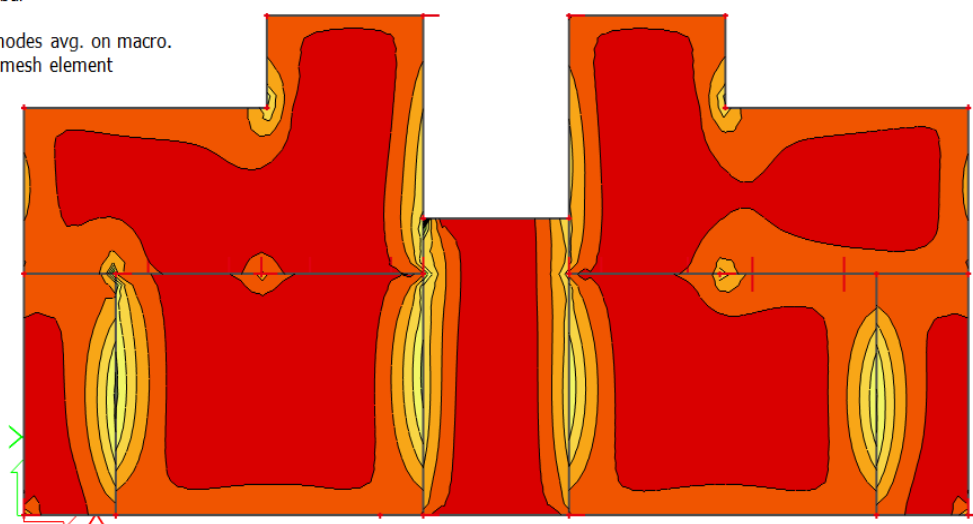
## 6.1 Prikaz modela 1. i rezultata proračuna



Slika 6.1 Prikaz modela

### 2D internal forces

Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

### 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

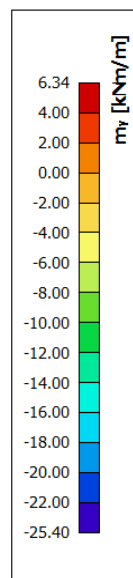
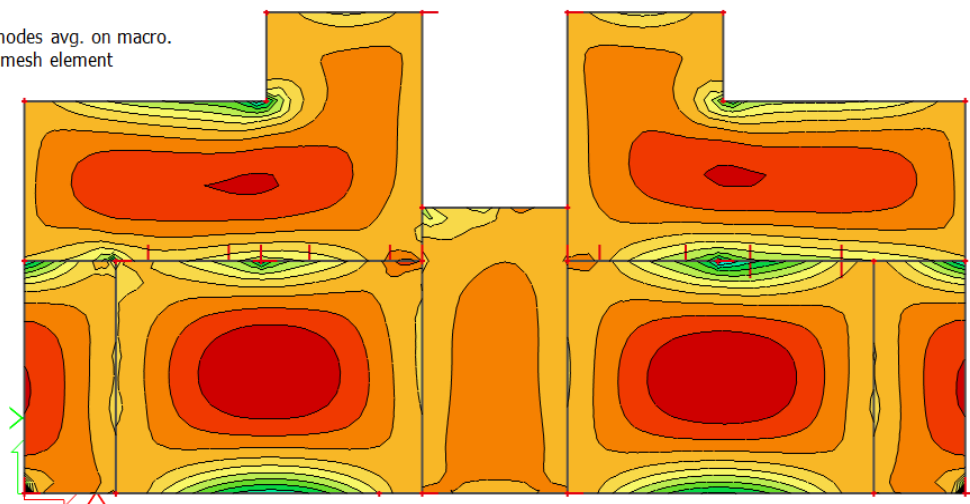
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



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

### 2D internal forces

Values:  $m_{xy}$

Linear calculation

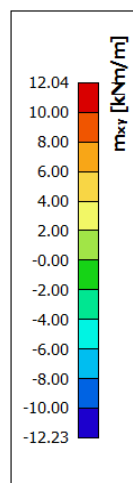
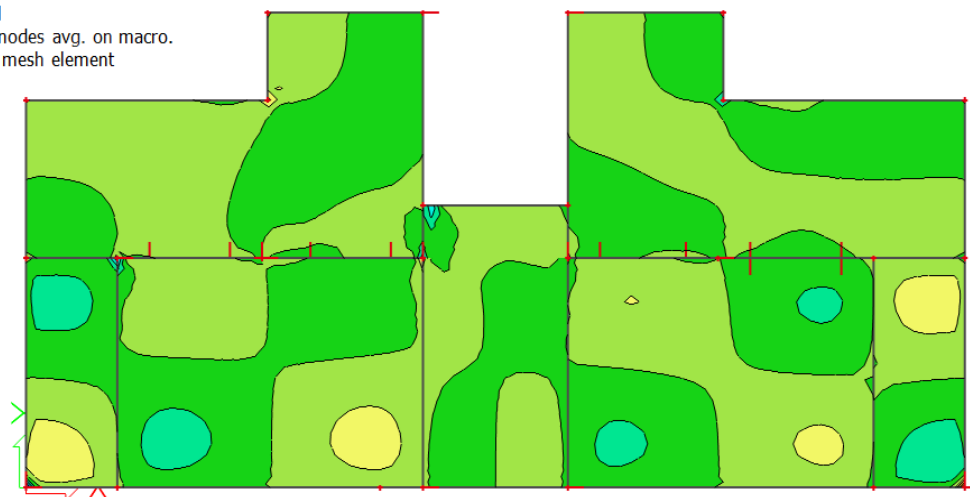
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



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

### 2D internal forces

Values:  $v_x$

Linear calculation

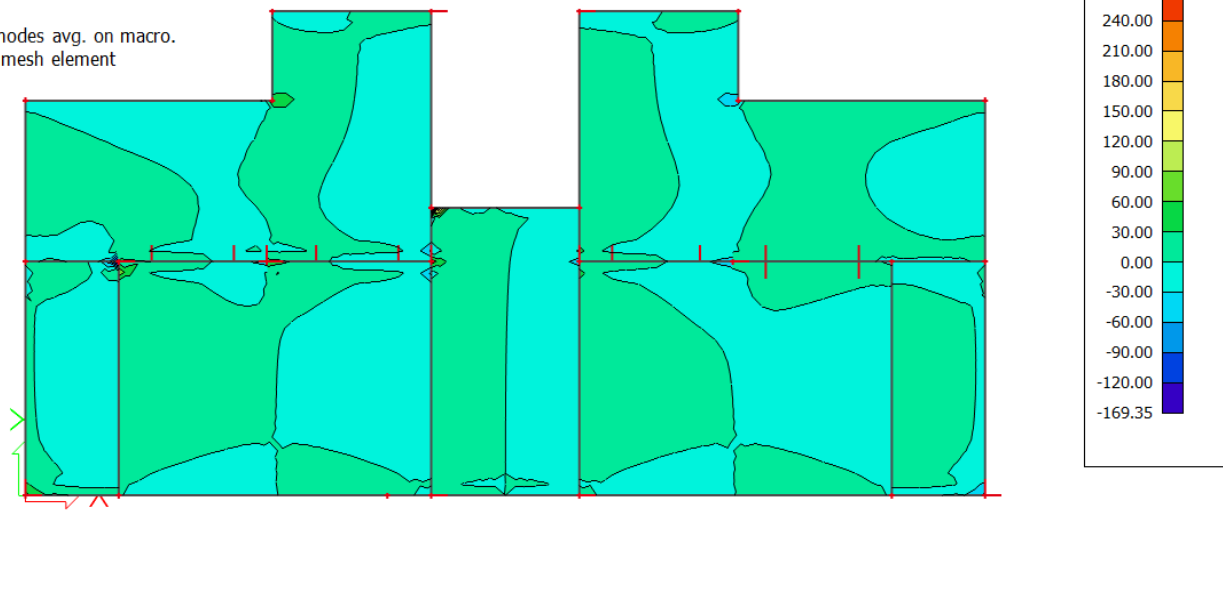
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



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

### 2D internal forces

Values:  $v_y$

Linear calculation

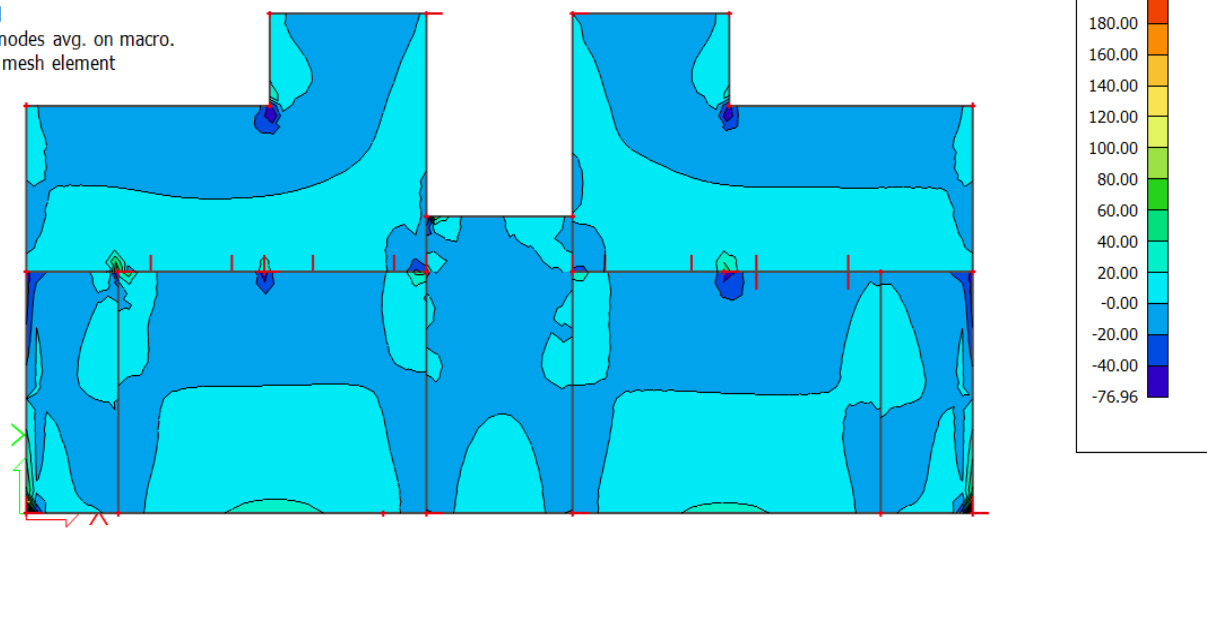
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element

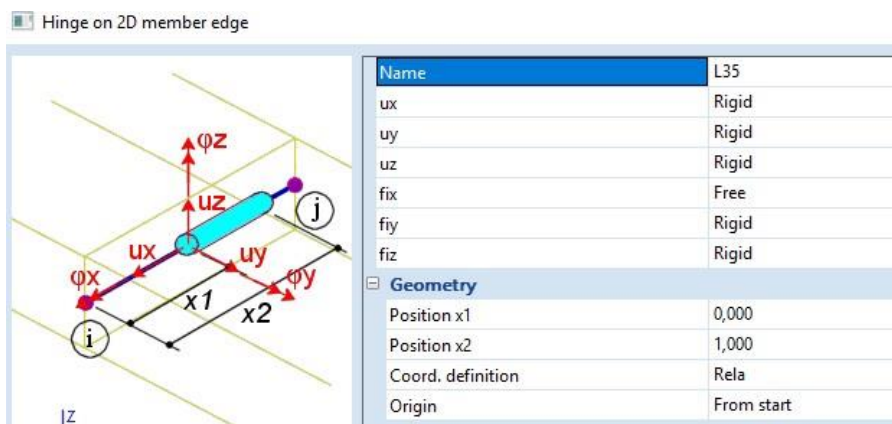


Slika 6.6 Poprečne sile  $V_{Ed,y}$  (kN/m) za GSN-1

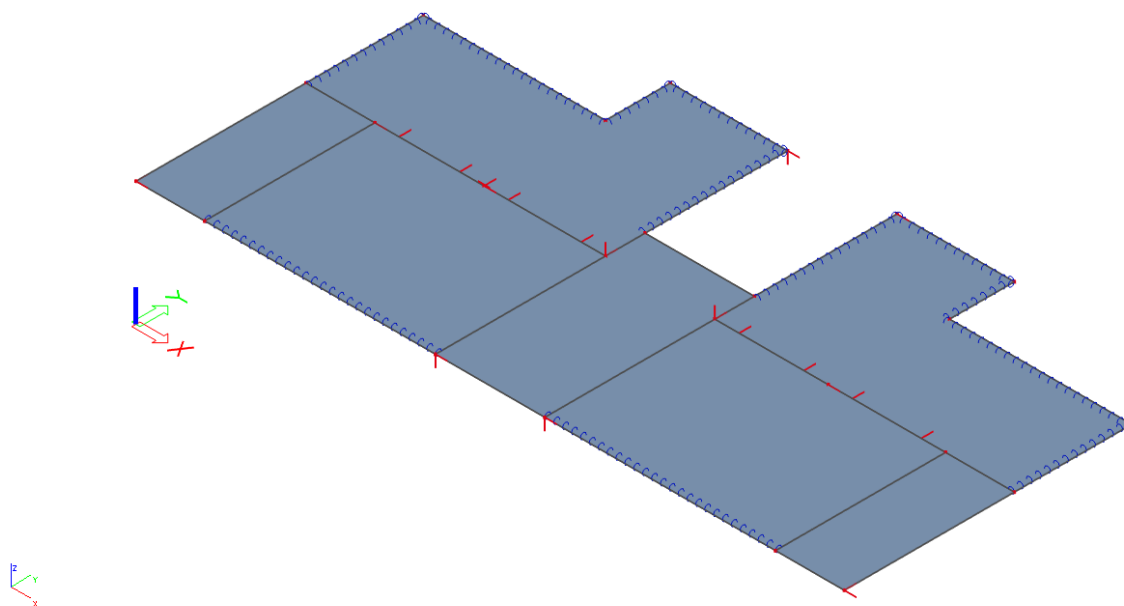


## 6.2 Prikaz modela 2. i rezultata proračuna

- dopuštamo zaokret na rubovima ploče



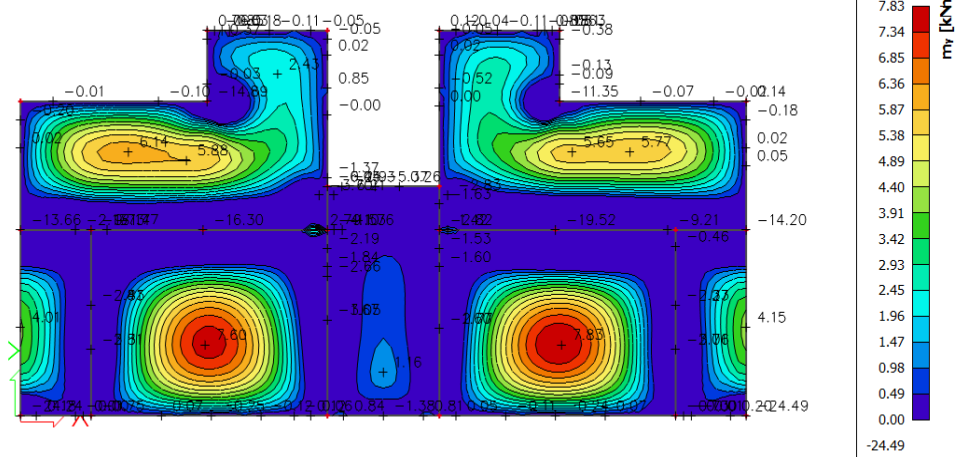
Slika 6.9 Prikaz oslobađanja zaokreta na rubovima ploče



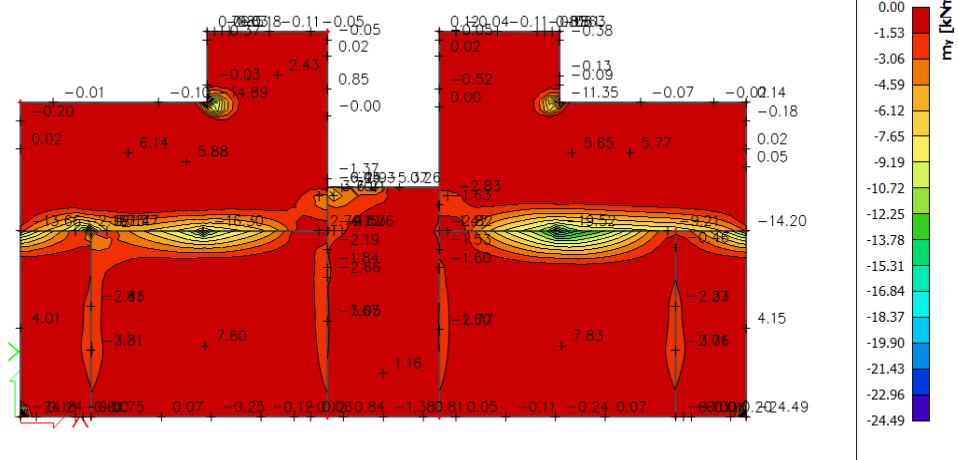
Slika 6.10 Prikaz modela 2.



2D internal forces  
Values:  $\mathbf{m}_y$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Member  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



2D internal forces  
Values:  $\mathbf{m}_y$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Member  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



### 2D internal forces

Values:  $m_{xy}$

Linear calculation

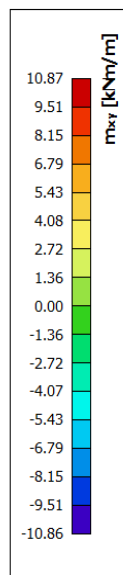
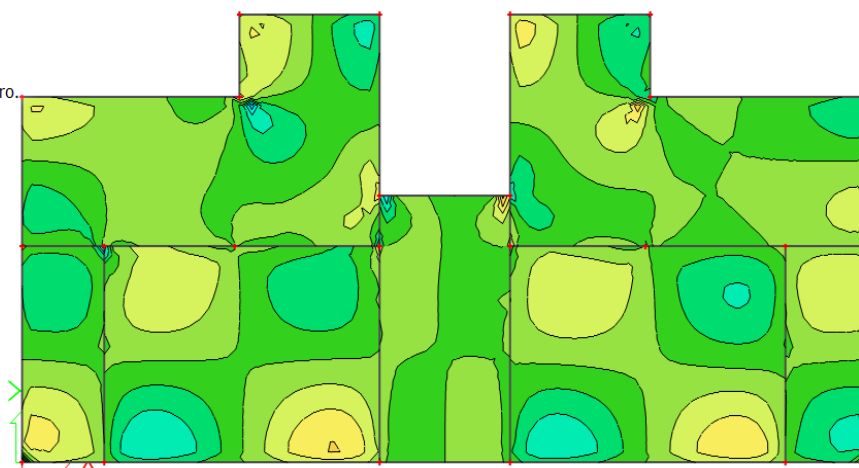
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 6.15 Moment savijanja  $M_{Ed,xy}$  (kNm/m) za GSN-1

### 2D internal forces

Values:  $v_x$

Linear calculation

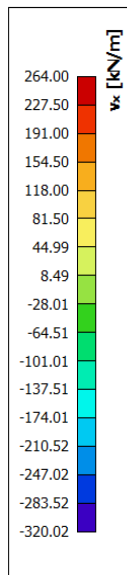
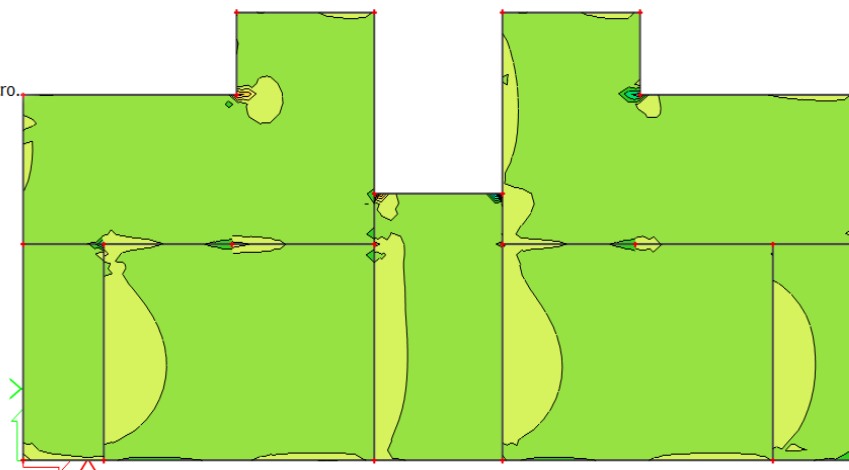
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 6.16 Poprečne sile  $V_{Ed,x}$  (kN/m) za GSN-1

### 2D internal forces

Values:  $v_y$

Linear calculation

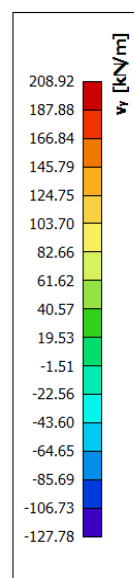
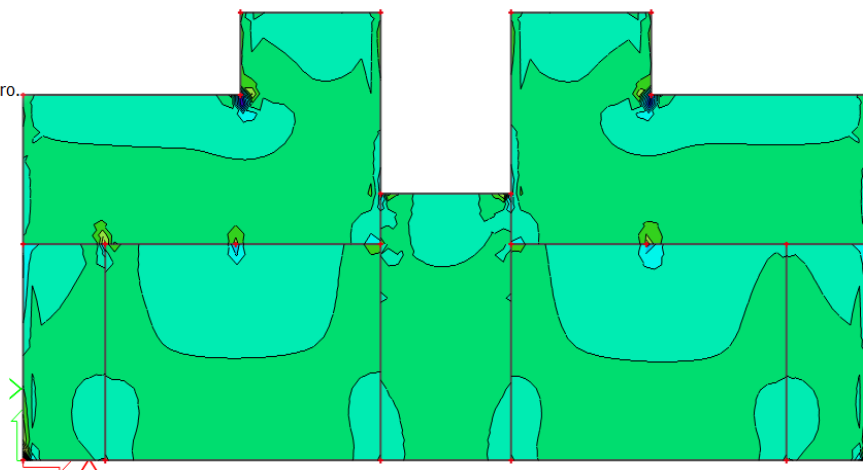
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 6.17 Poprečne sile  $V_{Ed,y}$  (kN/m) za GSN-1

# 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation

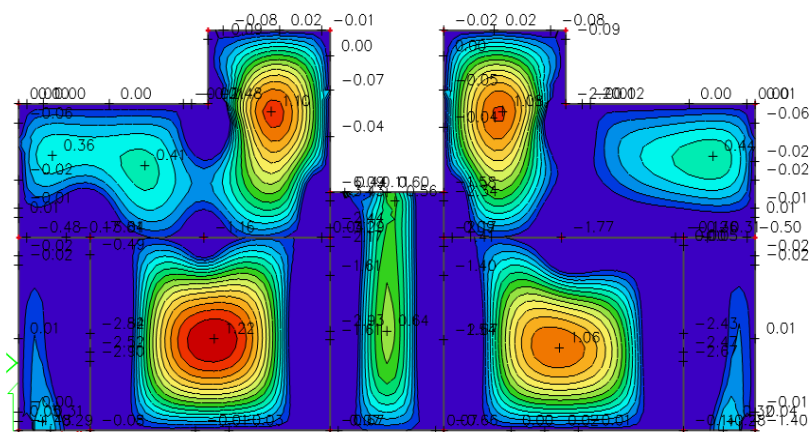
Combination: ARM16

Extreme: Member

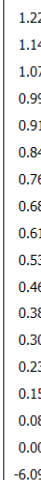
Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



As, x-x  
(cm²/m)



S  
l



ka 6.18 Armatura u ploči smjer  $A_{s,x-x}$  (polje) ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

# 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation

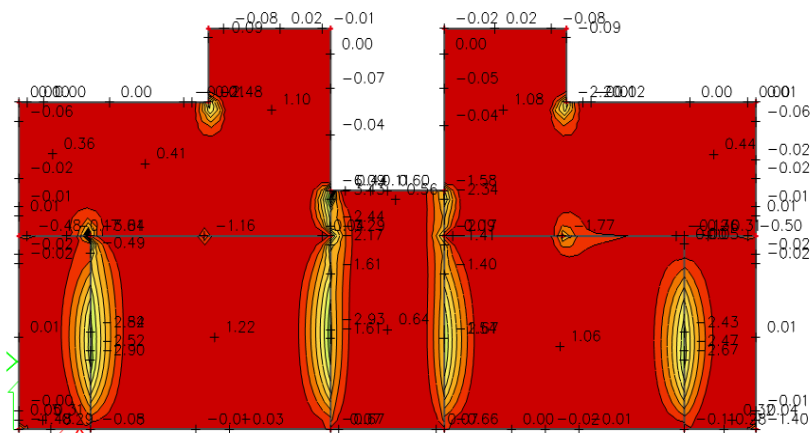
Combination: ARM16

Extreme: Member

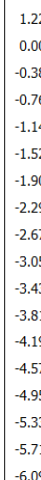
Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



As, x-x  
(cm²/m)



S  
l



ika 6.19 Armatura u ploči smjer  $A_{s,x-x}$  (ležaj) ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

### 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

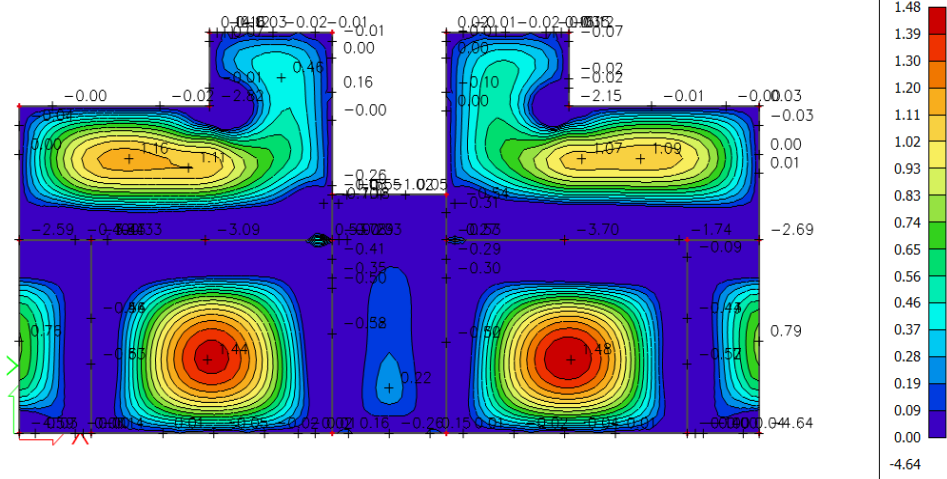
Combination: ARM16

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 6.20 Armatura u ploči smjer  $A_{s,y-y}$  (polje) ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

### 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

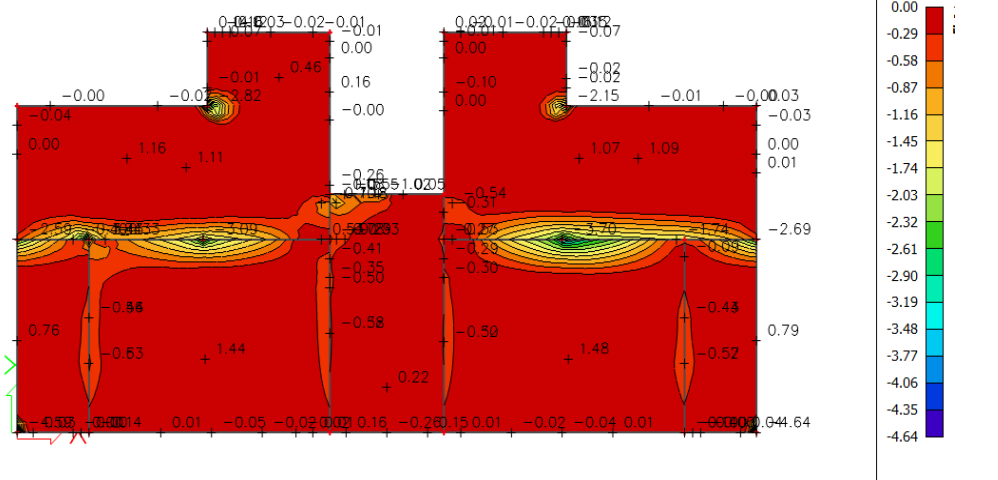
Combination: ARM16

Extreme: Member

Selection: All

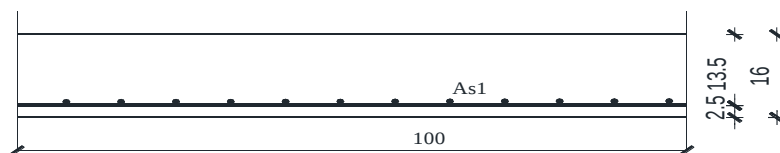
Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 6.21 Armatura u ploči smjer  $A_{s,y-y}$  (ležaj) ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

### 6.2.1 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  $1.48 \text{ cm}^2 \cdot 1.25 = 1.85 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $2.17 \text{ cm}^2 \cdot 0.85 = 1.84 \text{ cm}^2$

**ODABRANA ARMATURA**

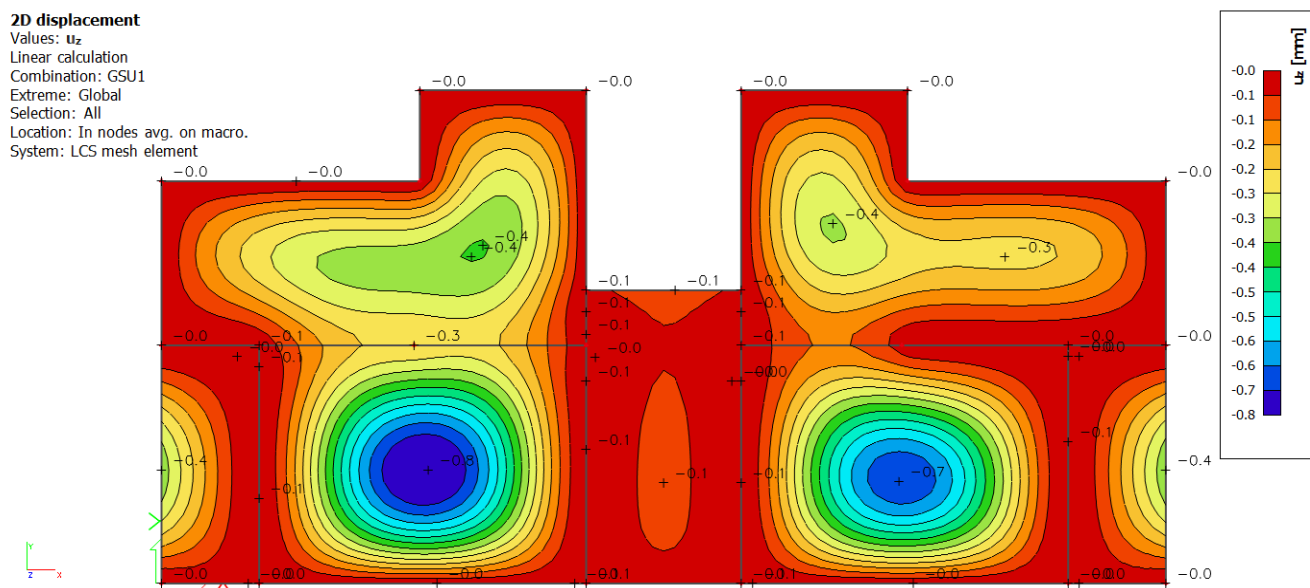
Polje Q-226 ( $2.26 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Ležaj Q-226 ( $2.26 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke  $\Phi 10$  u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm.

**Zaključak:** Kod drugog modela u odnosu na prvi, dolazi do preraspodjele momenta sa ruba na moment u polje i moment nad ležajem. Vrijednost momenta u polju se povećava za otprilike 60 % u odnosu na vrijednosti momenta koji su se pojavili u prvom modelu. Istovremeno dolazi i do povećanja momenta nad ležajevima, iz tog razloga drugi model uzimamo kao mjerodavan jer prikazuje realnije ponašanje ploče.

## 6.2.2 Kontrola progiba međukatne ploče

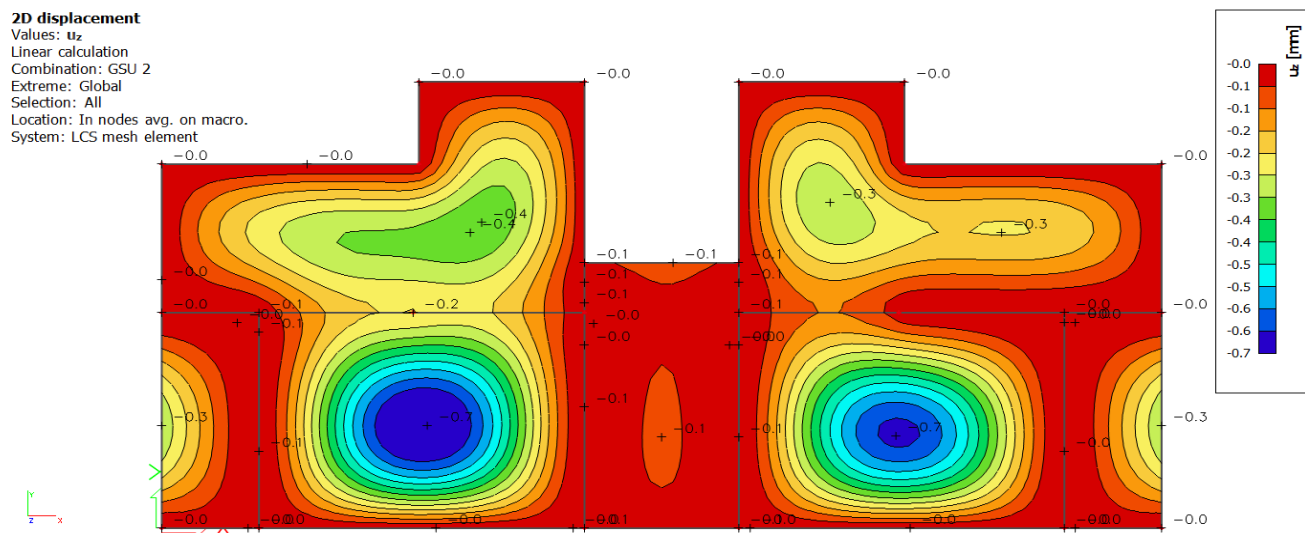


Slika 6.23 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 0,8 mm;  $L=4000\text{mm}$

Dozvoljen progib  $L/1000 = 4,0\text{mm}$

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.



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

Najveći progib iznosa je 0,7 mm;  $L=4000$

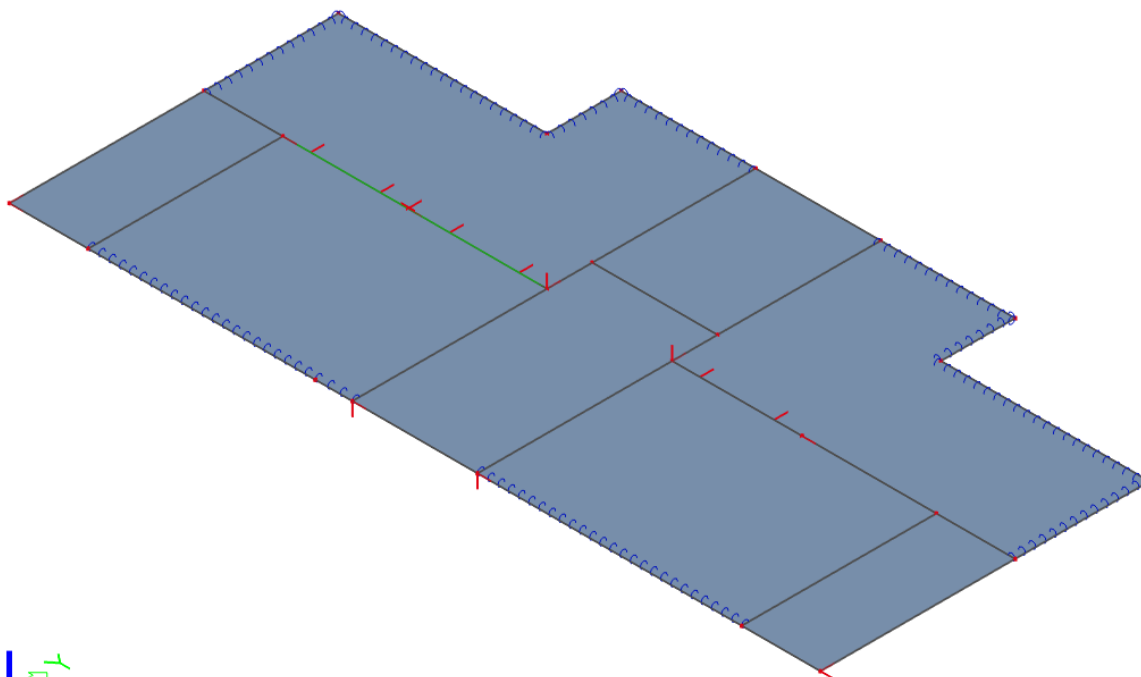
Dozvoljen progib  $L/1250 = 3,2\text{ mm}$

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

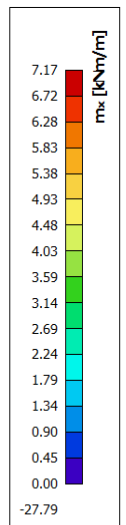
## 7. PRORAČUN KROVNE PLOČE

U prethodnom poglavlju iskazani su zaključci, stoga ćemo u ovom prikazati samo rezultate drugog modela kod kojeg je oslobođen zaokret na rubovima, što povlači da na tim mjestima ne dolazi do javljanja momenta.

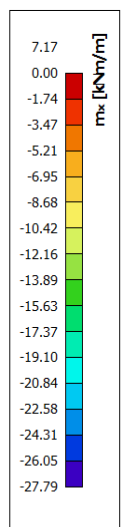
### 7.1 Prikaz modela i rezultata



Slika 7.1 Prikaz modela



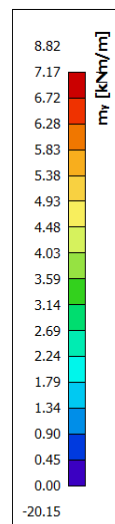
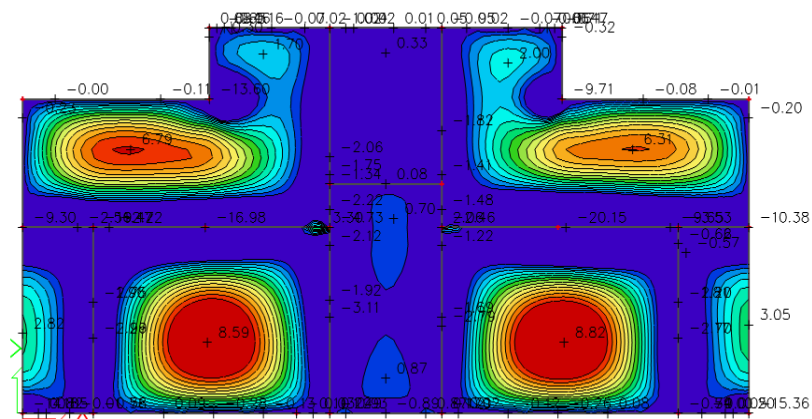
Slika 7.2 Moment savijanja (polje)  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSN-1



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

### 2D internal forces

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element

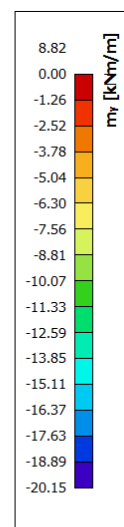
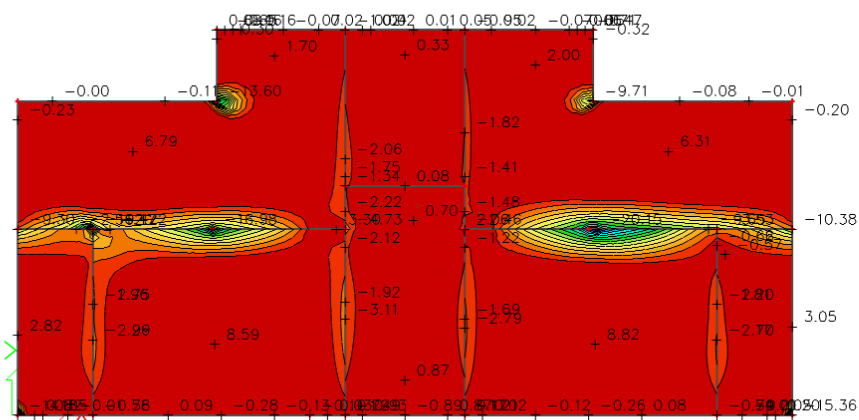


Slika 7.4 Moment savijanja (polje)  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN-1

C

### 2D internal forces

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 7.5 Moment savijanja (ležaj)  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN-1

### 2D internal forces

Values:  $m_{xy}$

Linear calculation

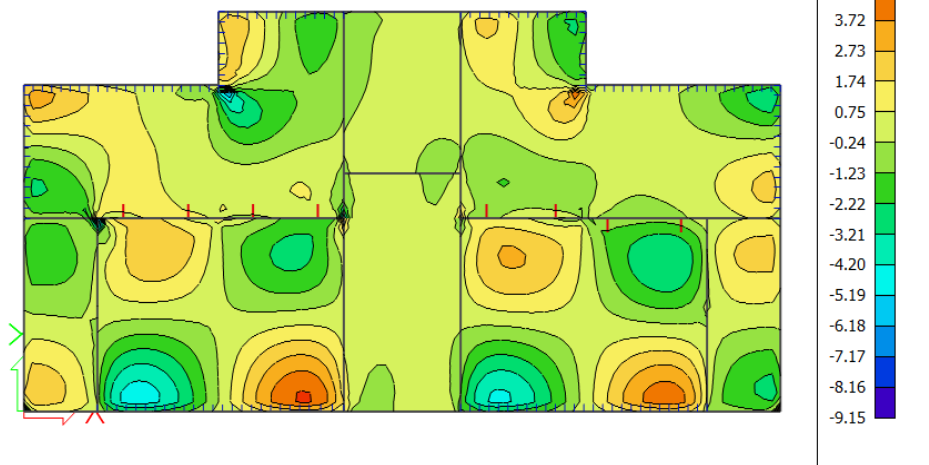
Combination: GSN

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

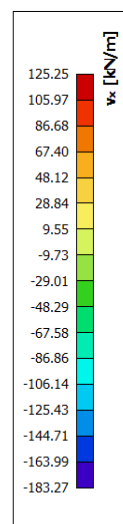
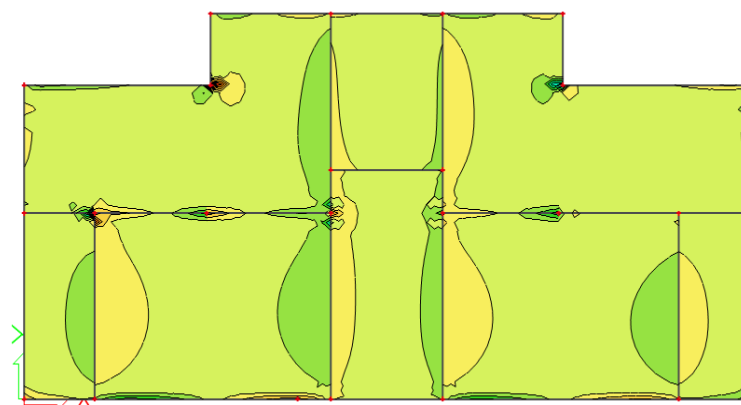
System: LCS mesh element



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

### 2D internal forces

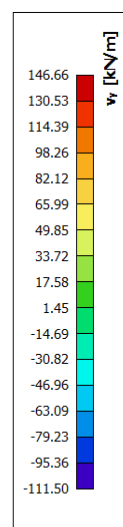
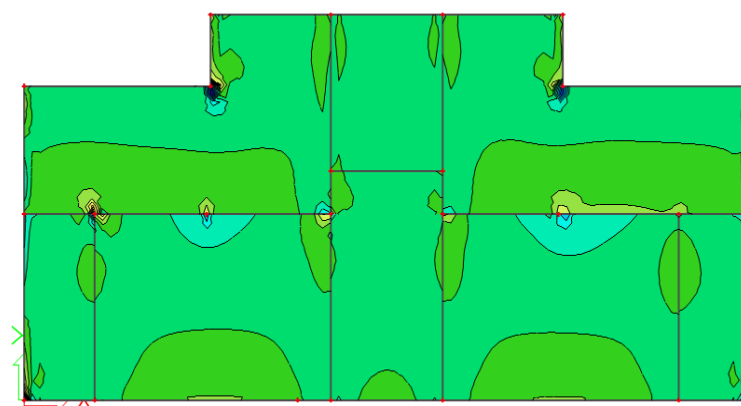
Values:  $v_x$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Member  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



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

### 2D internal forces

Values:  $v_y$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Member  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



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

# 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation

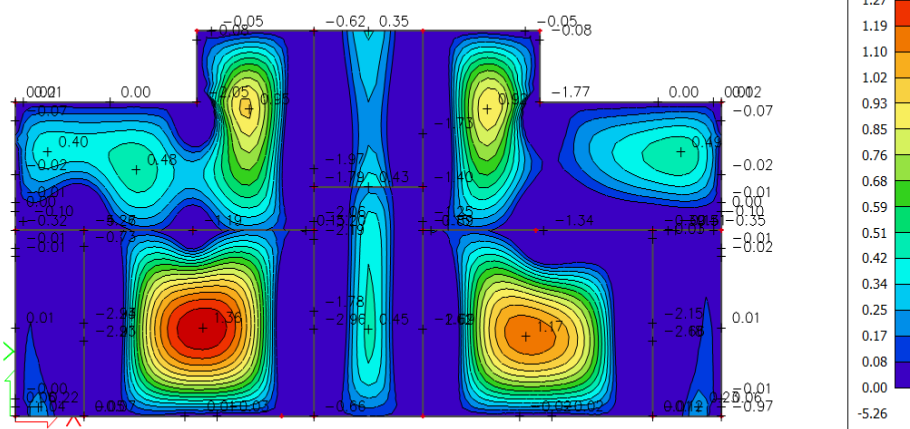
Combination: ARM16

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 7.9 Armatura u ploči smjer  $A_{s,x-x}$  (polje) (cm²/m) za GSN-1

# 2D internal forces

Values:  $m_x$

Linear calculation

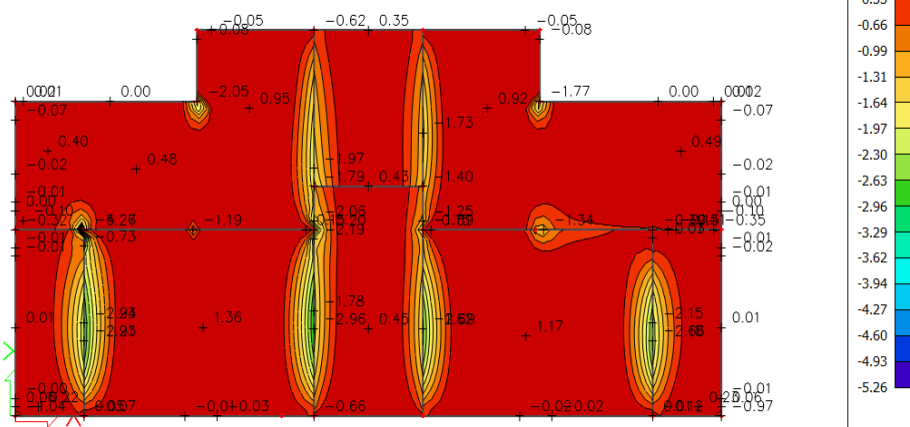
Combination: ARM16

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 7.10 Armatura u ploči smjer  $A_{s,x-x}$  (ležaj) (cm²/m) za GSN-1

# 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

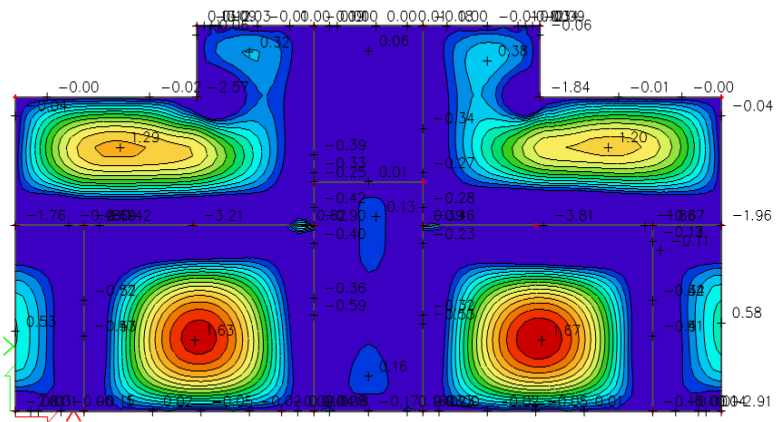
Combination: ARM16

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



a 7.11 Armatura u ploči smjer  $A_{s,y-y}$  (polje) ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

# 2D internal forces

Values:  $m_y$

Linear calculation

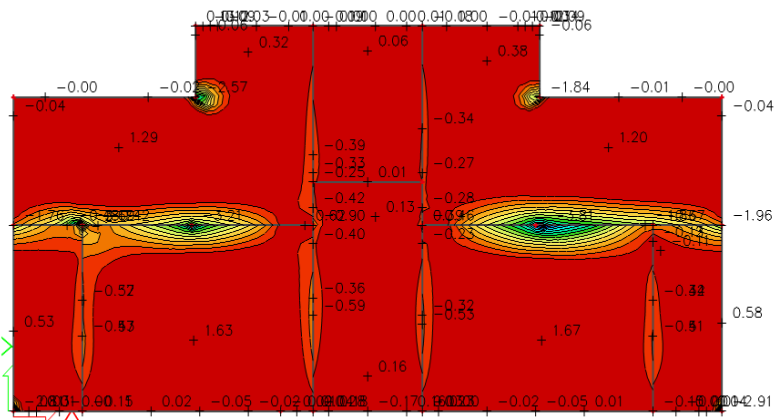
Combination: ARM16

Extreme: Member

Selection: All

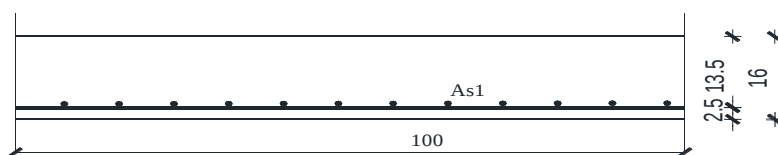
Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element



Slika 7.12 Armatura u ploči smjer  $A_{s,y-y}$  (ležaj) ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

### 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  $1.67 \text{ cm}^2 \cdot 1.25 = 2.08 \text{ cm}^2$  Armatura na ležaju  $2.15 \text{ cm}^2 \cdot 0.85 = 1.82 \text{ cm}^2$

ODABRANA ARMATURA:

Polje Q-226 ( $2.26 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Ležaj Q-226 ( $2.26 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

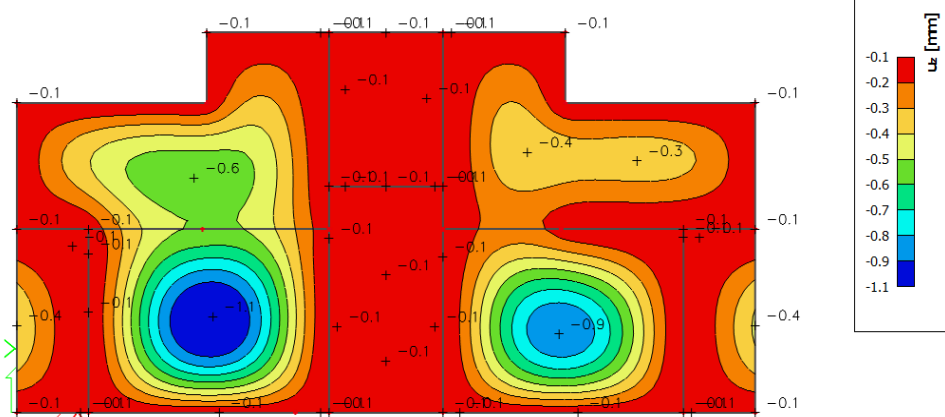
Na mjestima gdje je potrebna veća armatura postavljaju se šipke  $\Phi 10$  u jednom ili oba smjera na razmaku od 20 cm.

## 7.2 Kontrola progiba i pukotina krovne ploče

### 7.2.1 Kontrola progiba

#### 2D displacement

Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU1  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



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

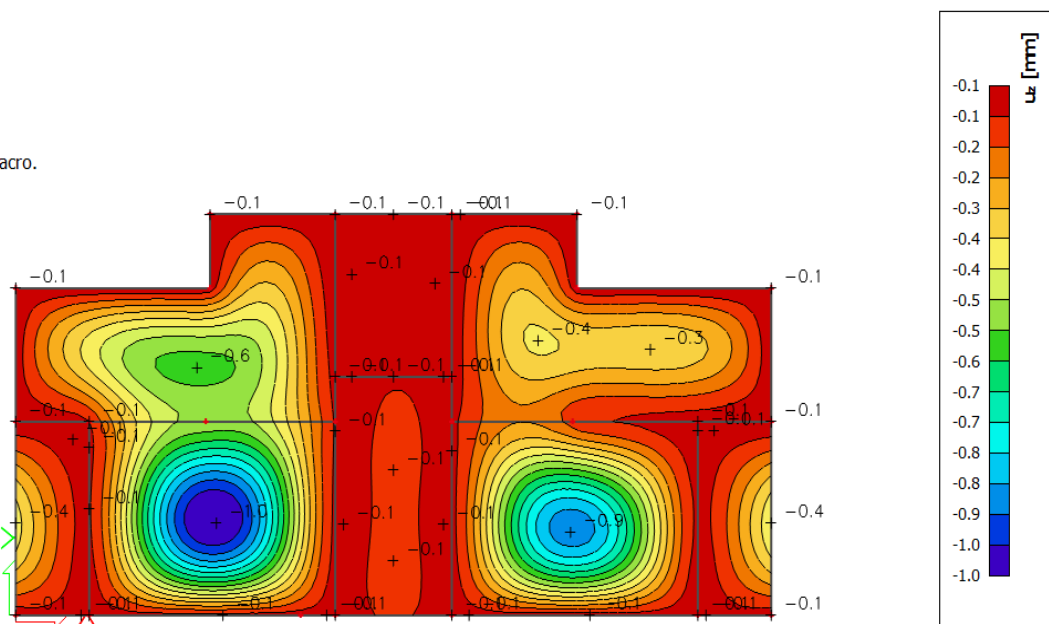
Najveći progib iznosa je 1,1 mm;  $L=4000$  mm

Dozvoljen progib  $L/1000 = 4,0$  mm

Krovnna ploča zadovoljava na progibe.

#### 2D displacement

Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU 2  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



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

Najveći progib iznosa je 1,0 mm;  $L=4000$  mm

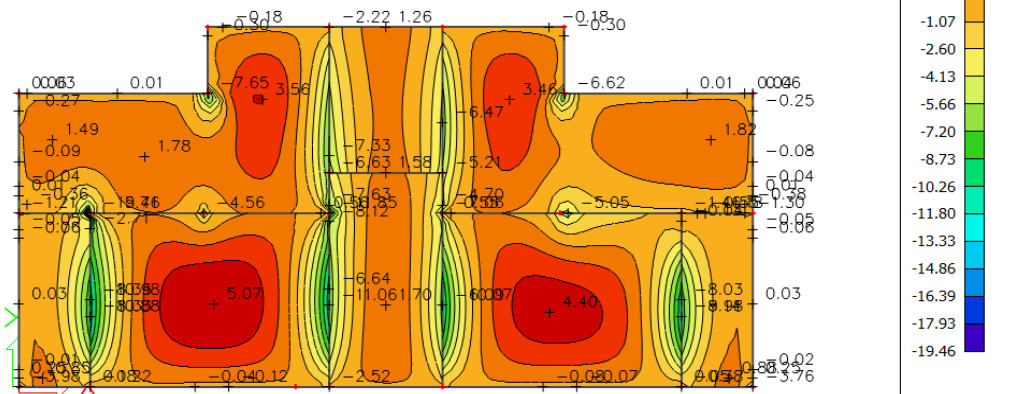
Dozvoljen progib  $L/1250 = 4,0$  mm

Krovnna ploča zadovoljava na progibe.

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

## 2D internal forces

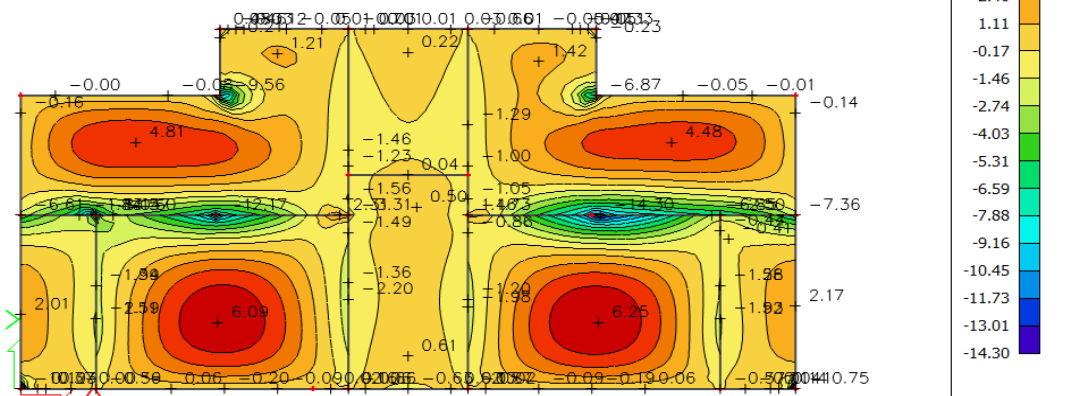
Values:  $\mathbf{m}_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

## 2D internal forces

Values: **my**  
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

Mjerodavni moment  $M=6,25 \text{ kNm/m}$

Prognoza širine pukotine:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{7,0 \cdot 2,26}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 13,5}{7,0 \cdot 2,26}} \right) = 1,91 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{625}{\left(13,5 - \frac{1,91}{3}\right) \cdot 2,26} = 21,49 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 214,9 \text{ MPa}$$

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

$$A_{s1} = Q-226 = 2,26 \text{ cm}^2$$

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

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

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

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2,26}{100(2,5 \cdot 2,5)} = 0,0036$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{214,9 - 0,4 \frac{2,6}{0,0036} (1 + 7,0 \cdot 0,0036)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{214,9}{210000}$$

$$-0,000386 \geq 0,000614$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000614$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\Phi = 7,0 \text{ mm}$$

$$c = 20 \text{ mm} - \text{Zaštitni sloj uzdužne armature}$$

$$k_1 = 0,8 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$k_2 = 0,5 - \text{Savijanje}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{7,0}{0,0036} = 398,55$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 398,55 \cdot 0,000614 = 0,244 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- Pukotine zadovoljavaju!**

## 8. PRORAČUN GREDA

Limitirajući moment:

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

Minimalna i maksimalna armatura za grede:

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

$$A_{s,min}^{ležaj} = 0,0015 \cdot b_{eff} \cdot d = 0,0015 \cdot 88 \cdot 47 = 6,02 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s,max}^{ležaj} = 0,85 \cdot b_{eff} \cdot h_f \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,85 \cdot 88 \cdot 50 \cdot \frac{16,66}{434,8} = 143,3 \text{ cm}^2$$

## 8.1 Međukatna greda

### 8.1.1 Prikaz rezultata proračun

#### 1D internal forces

Values:  $M_y$

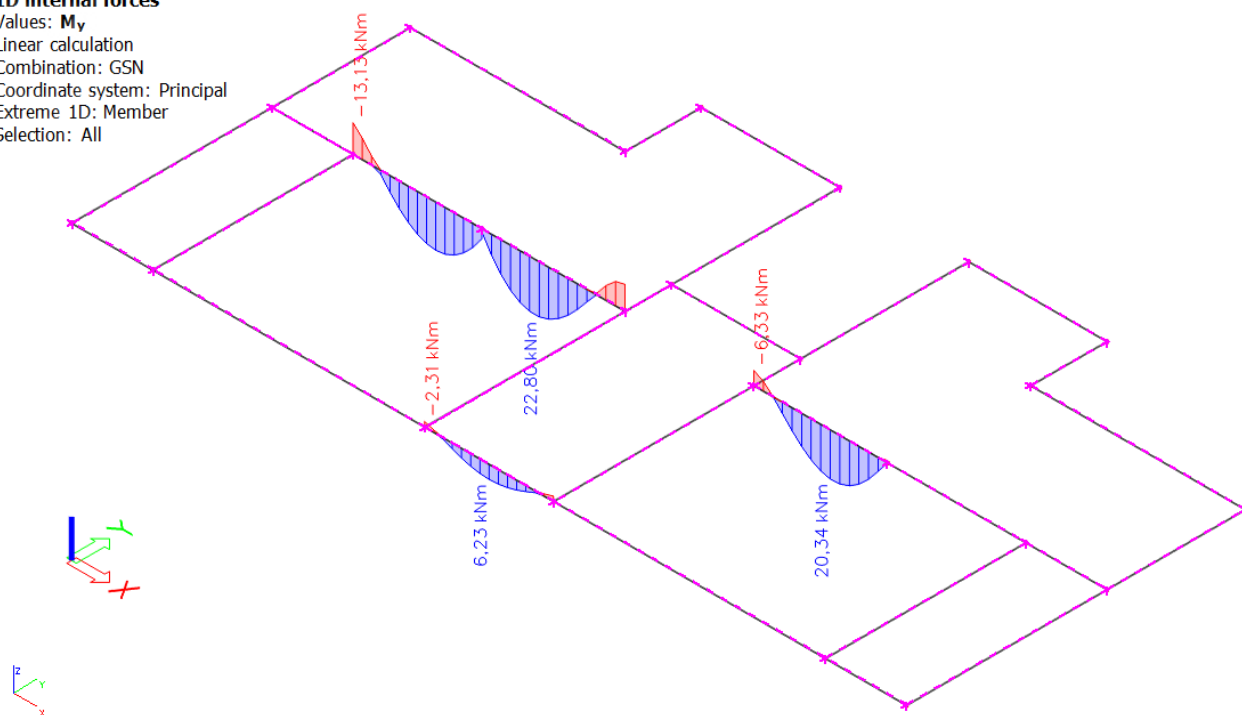
Linear calculation

Combination: GSN

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



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 %.

$$M_{\max, \text{polje1}} = 22,80 \cdot 1,30 = 29,64 \text{ kNm}$$

$$M_{\max, \text{polje2}} = 20,34 \cdot 1,30 = 26,44 \text{ kNm}$$

$$M_{\max, \text{ležaj}} = 13,13 \cdot 0,85 = 11,16 \text{ kN}$$

**1D internal forces**Values:  $V_z$ 

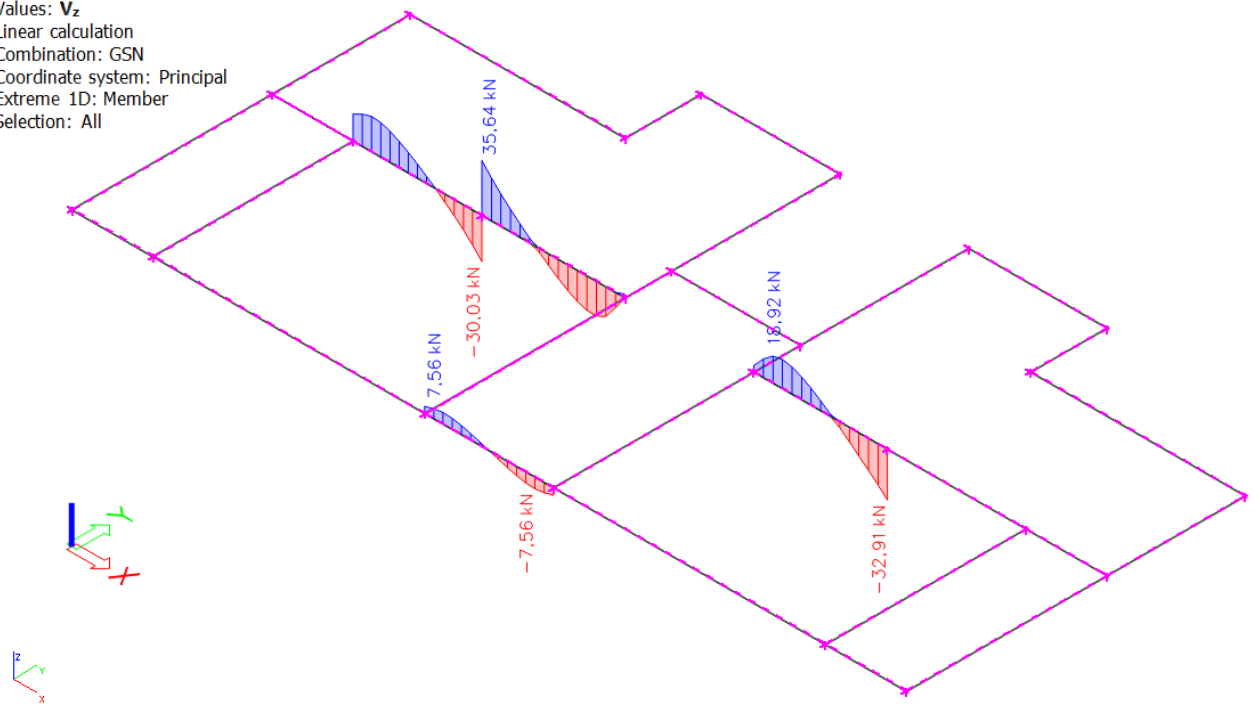
Linear calculation

Combination: GSN

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



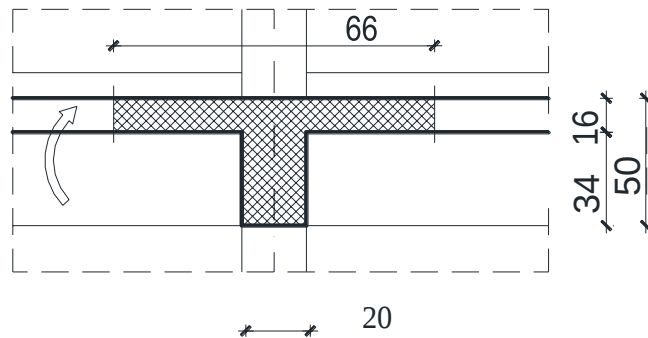
Slika 8.2 Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  (kN) za GSN-1

### 8.1.2 Dimenzioniranje poča na moment savijanja

#### Polje 1:

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

$$b_{eff} = 20 + \frac{0,85 \cdot 280}{5} = 67,6 \text{ cm}$$



Slika 8.3 Poprečni presjek grede (polje 1)

$$M_{Ed} = 29,64 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2964}{67,6 \cdot 47^2 \cdot 1,67} = 0,011$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$   $\xi = 0,057$   $\zeta = 0,981$

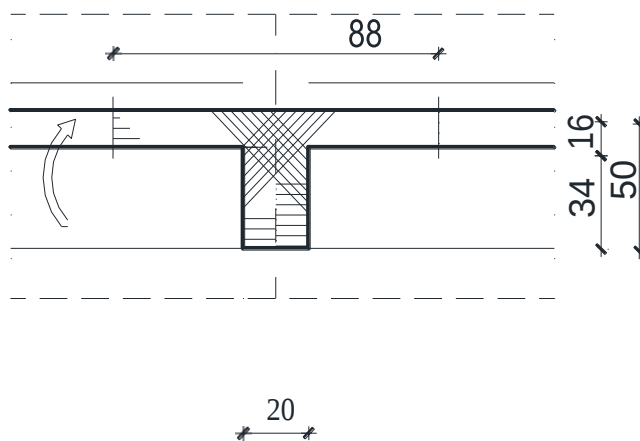
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2964}{0,981 \cdot 47 \cdot 43,5} = 1,47 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø12 ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ )

Polje 2:

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

$$b_{eff} = 20 + \frac{0,85 \cdot 280}{5} = 67,6 \text{ cm}$$



Slika 8.4 Poprečni presjek grede (polje2)

$$M_{Ed} = 26,44 \text{ kNm}$$

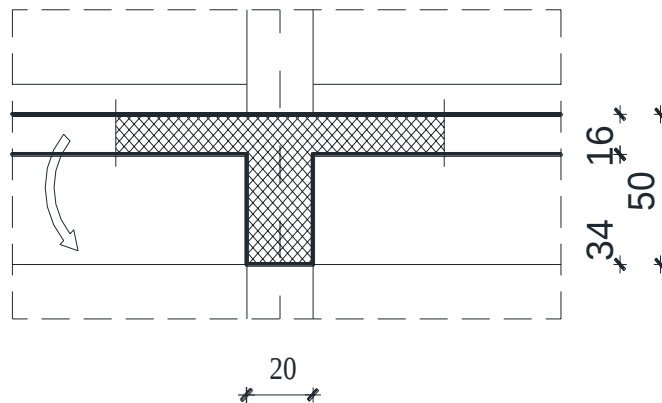
$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{2644}{67,6 \cdot 47^2 \cdot 1,67} = 0,011$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0,6 \text{ ‰}$   $\xi = 0,057$   $\zeta = 0,981$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{2644}{0,981 \cdot 47 \cdot 43,5} = 1,32 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø12 ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ )

Ležaj :



Slika 8.5 Poprečni presjek grede (ležaj)

$$M_{Ed} = 11,16 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{fw} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1116}{20 \cdot 47^2 \cdot 1,67} = 0,017$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10,0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0,7 \text{ ‰}$   $\xi = 0,065$   $\zeta = 0,977$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{1116}{0,977 \cdot 47 \cdot 43,5} = 0,56 \text{ cm}^2$$

Odabrano 2Ø12 ( $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$ )

### 8.1.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 35,64 \text{ kN}$$

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

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

$$k_1 = 0,15$$

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

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

$$\sum A_s = 2\emptyset 12 + 2\emptyset 12 = 2,26 + 2,26 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\rho_1 = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{4,52}{20 \cdot 50} = 0,0045$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0,12 \cdot 1,65 (100 \cdot 0,0045 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0 \right] \cdot 200 \cdot 470$$

$$V_{Rd,c} = 41060,69 \text{ N} = 41,06 \text{ kN}$$

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

$$k_1 = 0,15$$

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

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

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

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

**Uvjet je zadovoljen!**

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 35,64 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{35,64}{423,08} \approx 0,08 \rightarrow V_{Ed} = 0,08 V_{Rd,max}$$

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

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

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

Potrebna računska poprečna armatura:

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

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

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

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

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

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

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

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                                                                                                         | $L/20$<br>0 | $L/250$     |
| Prohodna krovišta                                                                                                | $L/25$<br>0 | $L/300$     |
| stropovi                                                                                                         | $L/25$<br>0 | $L/300$     |
| stropovi/krovovi sa žbukom ili drugim krhkim završnim slojevima ili nesavitljivim pregradama                     | $L/30$<br>0 | $L/350$     |
| stropovi koje podupiru stupovi (osim ako je progib uzet u obzir u sklopu proračuna za granično stanje nosivosti) | $L/40$<br>0 | $L/500$     |
| kada $w_{\max}$ može narušiti izgled zgrade                                                                      | $L/25$<br>0 | –           |

Tablica 8.1 Ograničenje vertikalnih progiba za karakterističnu kombinaciju

### 1D deformations

Values:  $u_z$

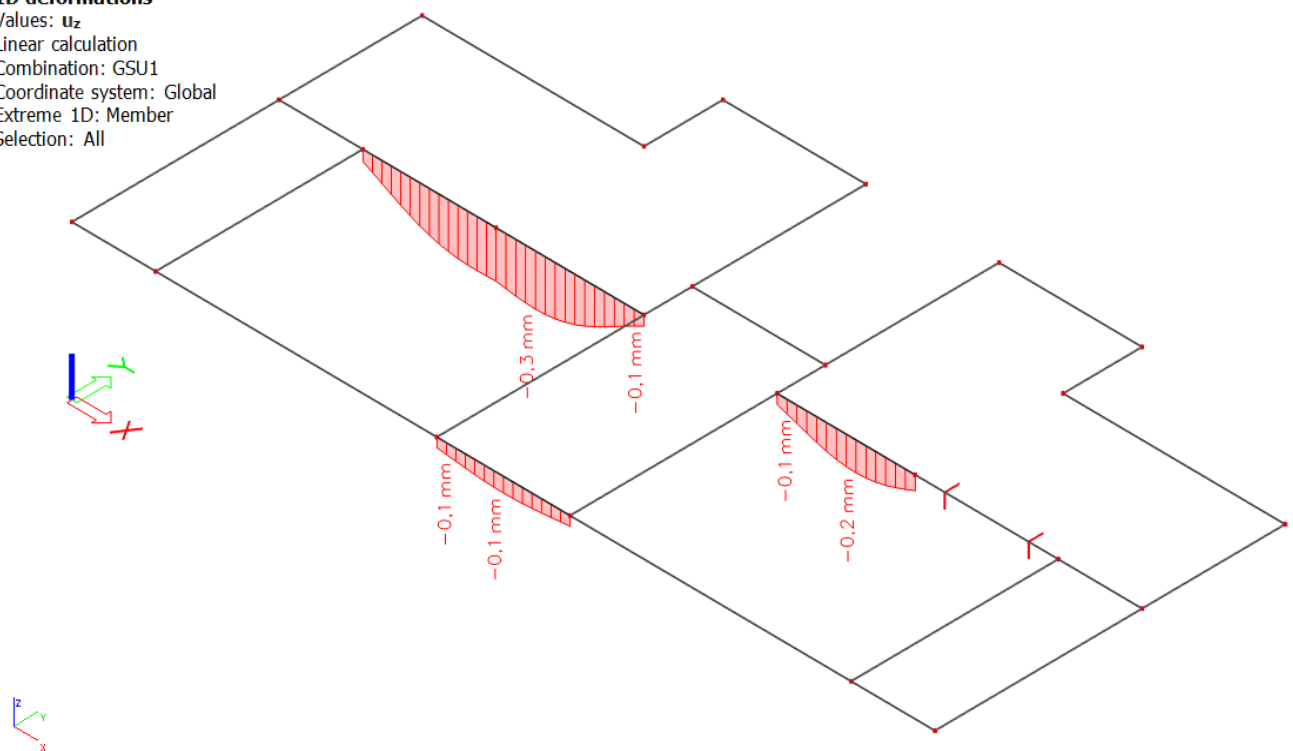
Linear calculation

Combination: GSU1

Coordinate system: Global

Extreme 1D: Member

Selection: All



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

Najveći progib iznosa je 0,3 mm

Dozvoljen progib  $L/1250 = 4000/1250 = 3,2$  mm

Međukatna greda zadovoljava na progibe.

## 8.2 Krovna greda

### 8.2.1 Prikaz rezultata proračuna

#### 1D internal forces

Values:  $M_y$

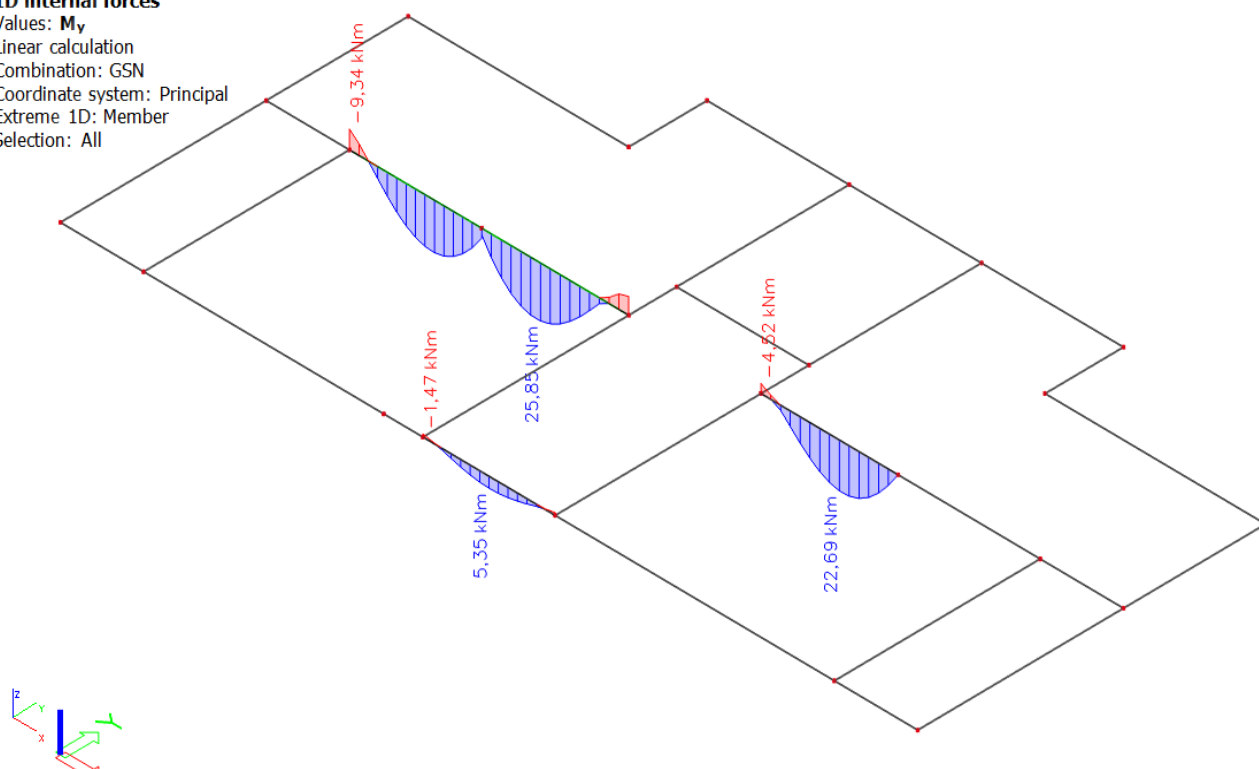
Linear calculation

Combination: GSN

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



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 %.

$$M_{\max, \text{polje1}} = 25,85 \cdot 1,30 = 33,61 \text{ kNm}$$

$$M_{\max, \text{polje2}} = 22,69 \cdot 1,30 = 29,49 \text{ kNm}$$

$$M_{\max, \text{ležaj}} = 9,34 \cdot 0,85 = 7,94 \text{ kN}$$

**1D internal forces**Values:  $V_z$ 

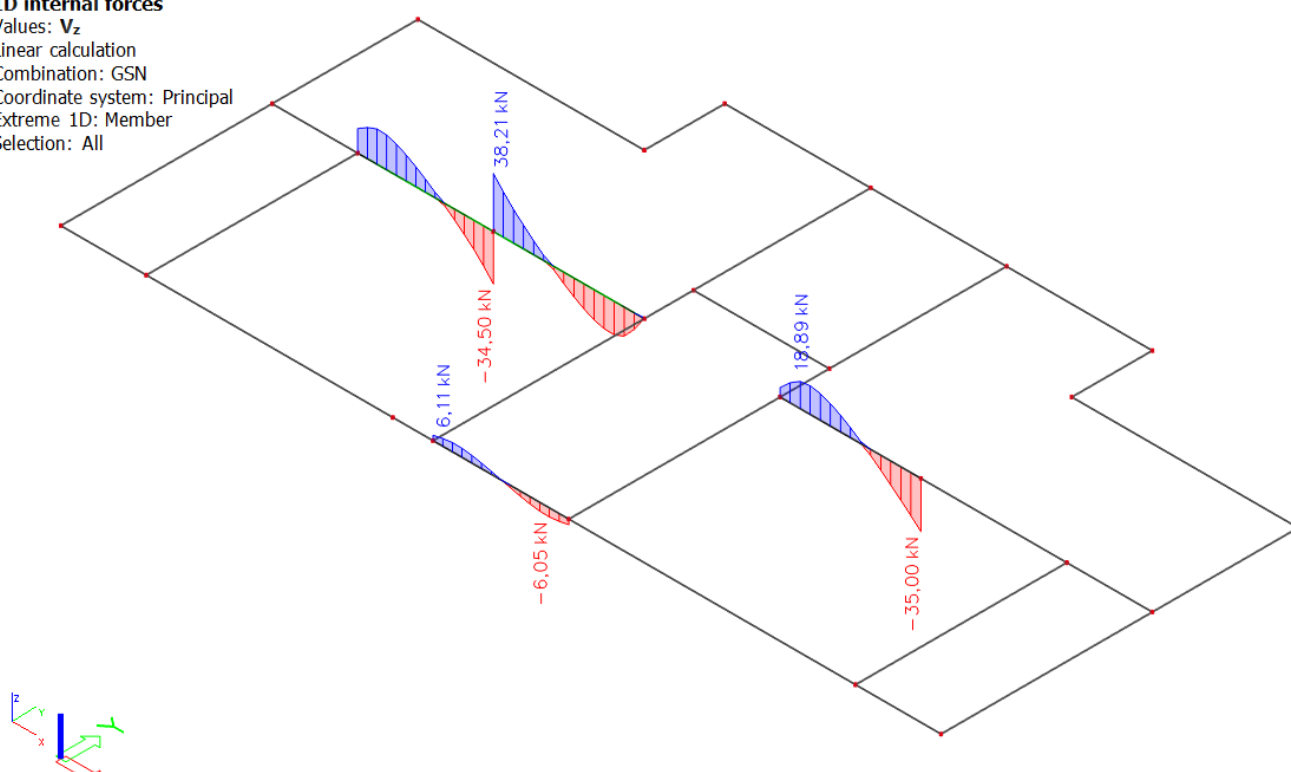
Linear calculation

Combination: GSN

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



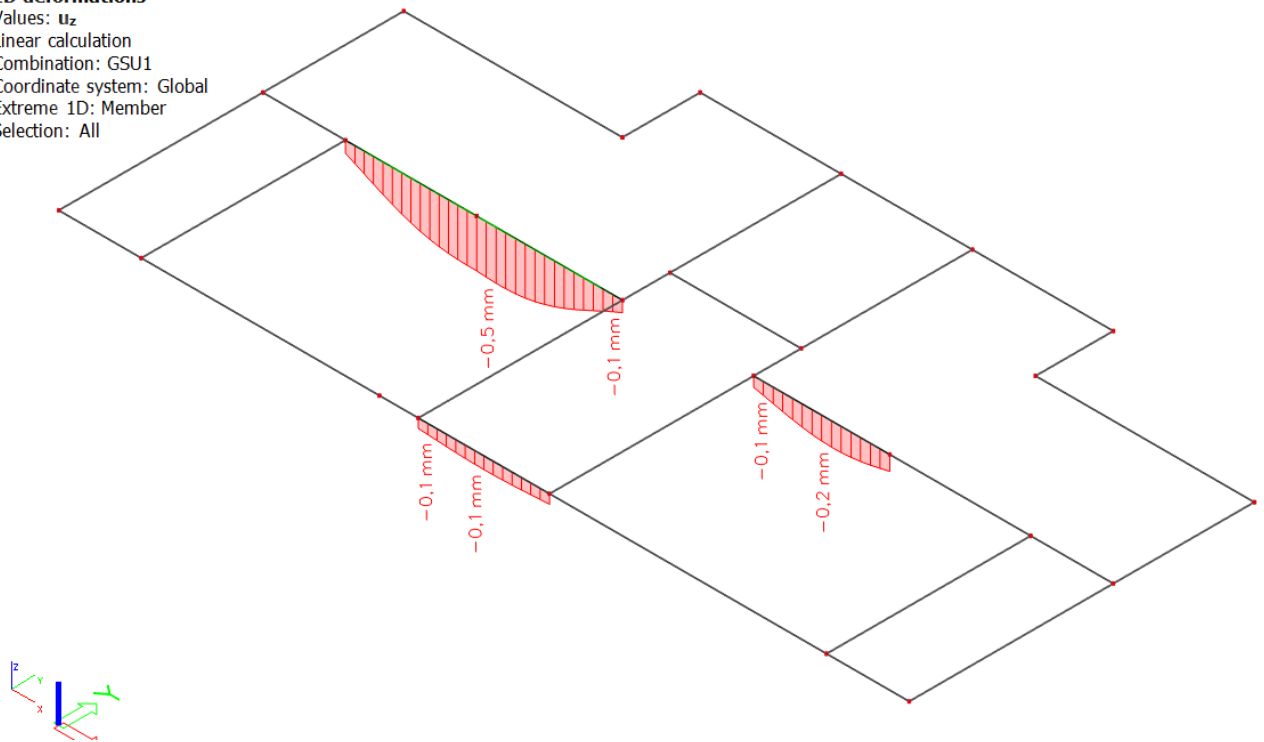
Slika 8.9 Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  (kN) za GSN-1

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

### 1D deformations

Values:  $u_z$   
Linear calculation  
Combination: GSU1  
Coordinate system: Global  
Extreme 1D: Member  
Selection: All



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

Najveći progib iznosa je 0,5 mm Dozvoljen progib:

$$\frac{L}{1250} = \frac{4000}{1250} = 3,2 \text{ mm}$$

Krovnna greda zadovoljava na progibe.

### 8.2.3 Kontrola pukotina

#### 1D internal forces

Values:  $M_y$

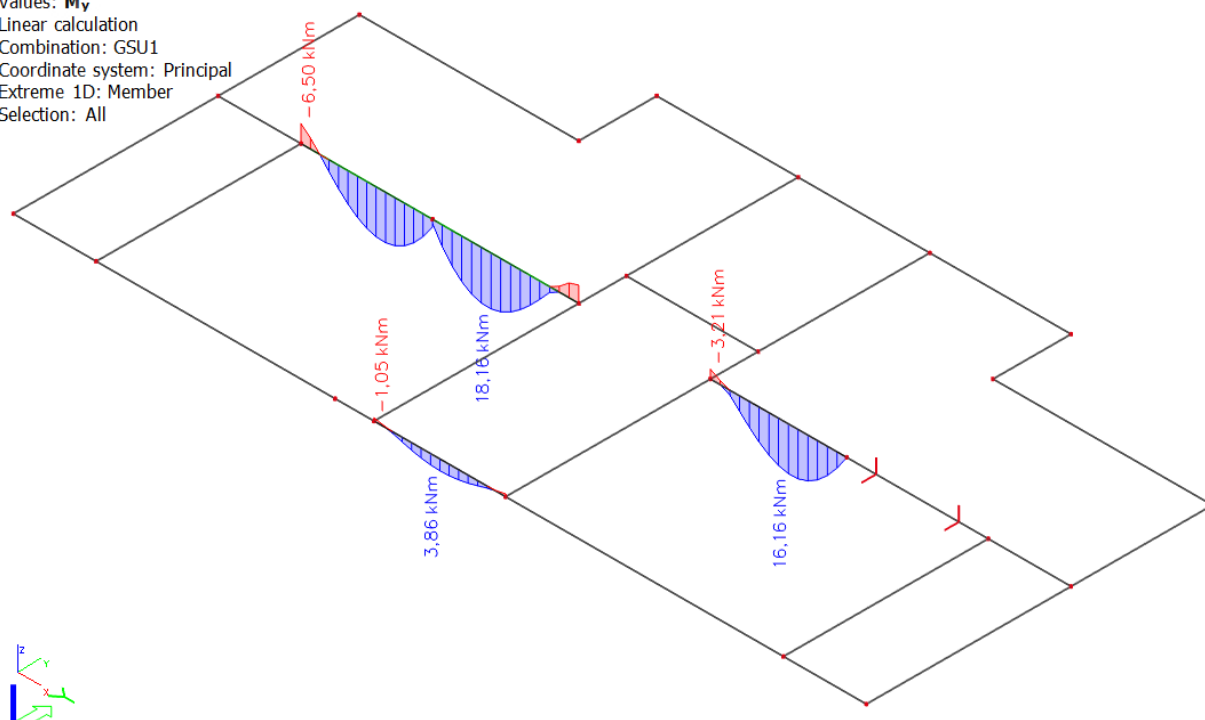
Linear calculation

Combination: GSU1

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



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

Mjerodavni moment  $M=18,16$  kNm

Prognoza širine pukotine:

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

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

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

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1816}{\left(47 - \frac{8,65}{3}\right) \cdot 2,26} = 18,21 \frac{kN}{cm^2} = 182,1 MPa$$

$$x = \frac{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{el} \cdot A_{s1}}}\right) = \frac{7,0 \cdot 2,26}{20} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 47}{7,0 \cdot 2,26}}\right) = 8,65 cm$$

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

$$A_{s1} = 2\Phi 12 = 2,26 \text{ cm}^2$$

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

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

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

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

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{2,26}{20(2,5 \cdot 4)} = 0,011$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{182,1 - 0,4 \frac{2,6}{0,011} (1 + 7,0 \cdot 0,011)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{182,1}{210000}$$

$$0,000382 \geq 0,000520$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,000520$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\Phi = 12,0 \text{ mm}$$

C=25 mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$$k_1 = 0,8 - \text{Rebrasta armatura}$$

$$k_2 = 0,5 - \text{Savijanje}$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 25 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{12,0}{0,011} = 270,45$$

Karakteristična širina pukotine:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 270,45 \cdot 0,000520 = 0,141 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

**- 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  $\leq 40$  cm.

-Min. i max. % armature za stupove:  $A_{s,\min}=0.003 \cdot b \cdot h$ ;  $A_{s,\max}=0.040 \cdot b \cdot h$

- $A_{s,\min}=4\phi 12$

Ograničenja naprezanja u betonu Ograničenje srednjeg tlačnog naprezanja:

$\sigma_c \leq 0.45 f_{ck}$  za nazovistalnu kombinaciju

$GSU2=1.0G + \Psi_2 Q=1.0G + 0.3Q$

za C25/30,

$\sigma_c \leq 0.45 \cdot 25 = 11.25$  MPa

### 1D internal forces

Values: **N**

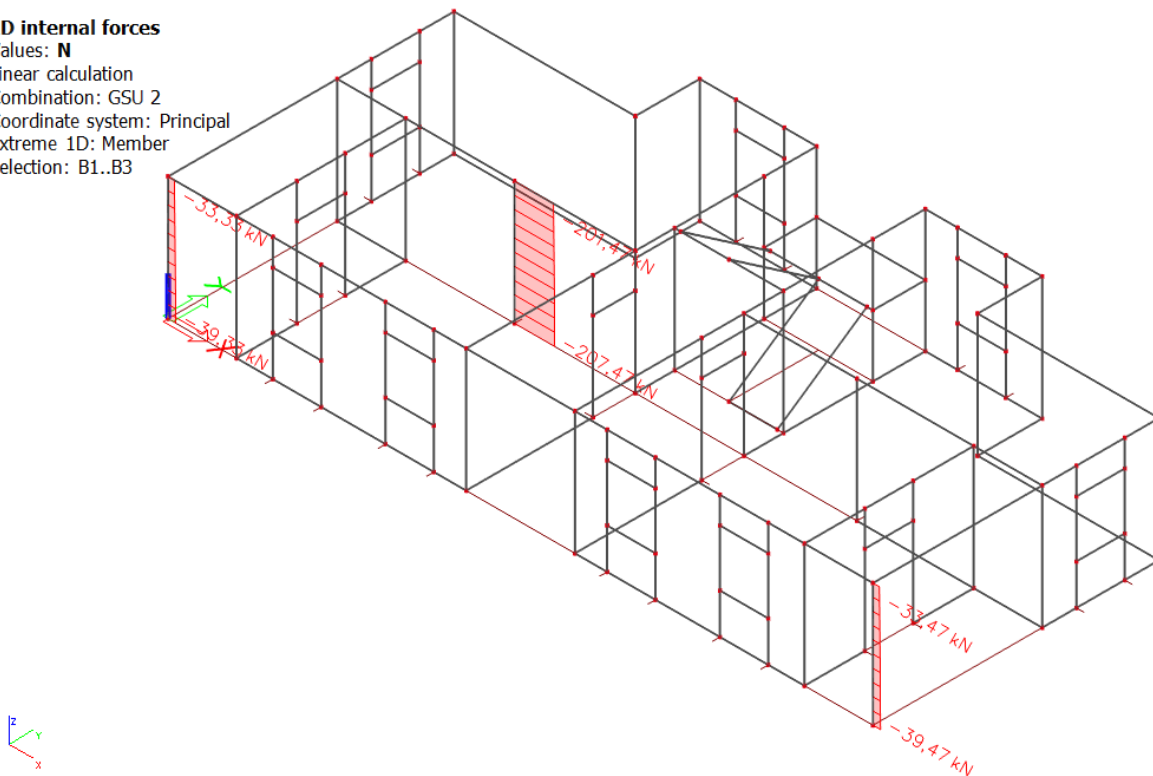
Linear calculation

Combination: GSU 2

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: B1..B3



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

**1D stresses**Values:  $\sigma_x$ 

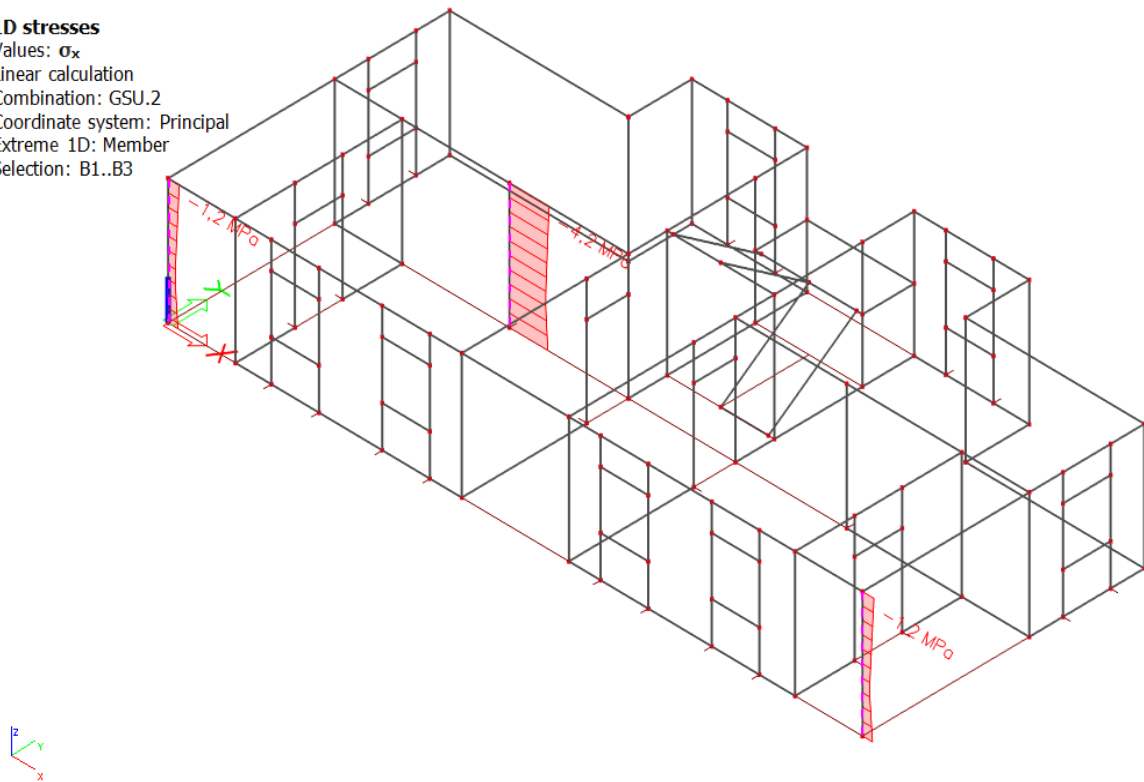
Linear calculation

Combination: GSU.2

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: B1..B3



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

Beton: C25/30;  $f_{ck}=25\text{MPa}$

Kontrolira se srednje tlačno naprezanje u stupu za nazovistalnu kombinaciju:

$$\text{GSU-2} = 1.0G + \Psi_{2i} \cdot Q_i = 1.0G + 0.3Q_1$$

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

za C 25/30;

$$0.45 f_{ck} = 0.45 \cdot 25 = 11.25 \text{ MPa}$$

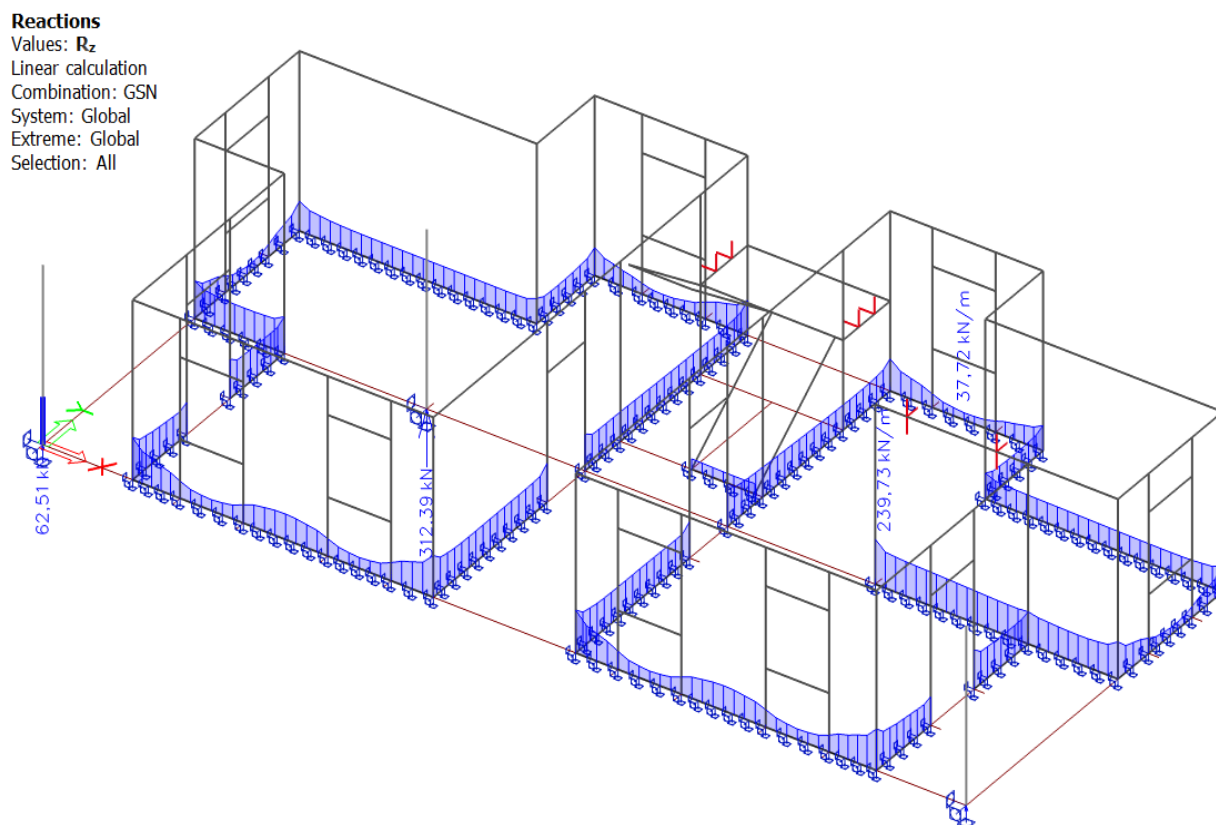
U niti jednom stupu nije prekoračeno srednje tlačno naprezanje.

## 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:  $h_{w,min} = 0.5 \text{ m}$ .

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 uprosječna linijska reakcija u iznosu od 220 kN/m. Vrijednost dopuštenog kontaktnog naprezanja je 400 kN/m<sup>2</sup>.

Širina temeljne trake određena je na sljedeći način:

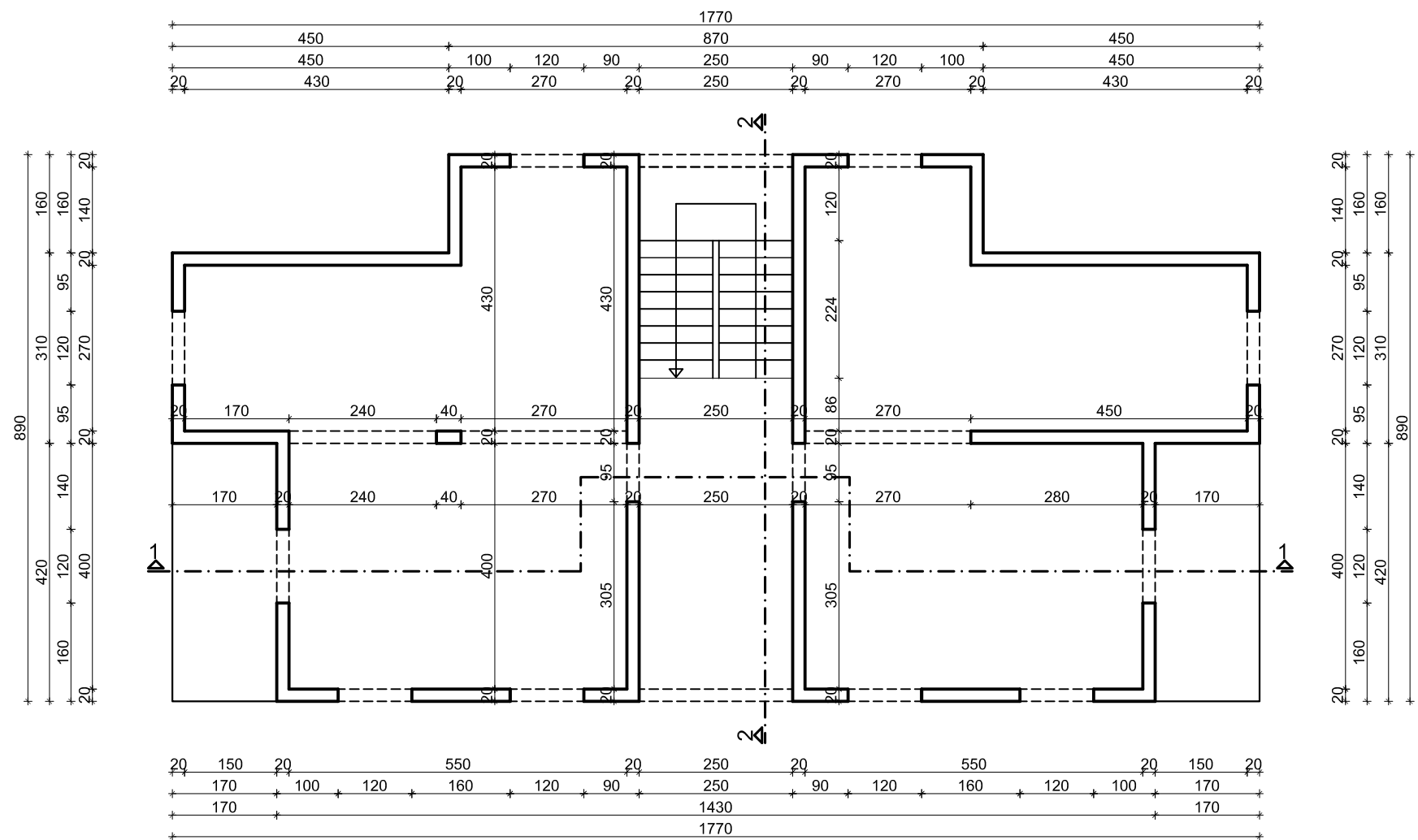
$$b \geq \frac{220}{400} = 0,55$$

Usvoje na širina temeljne trake je 0.6 m; b/h=60/50 cm.

## 11. GRAFIČKI PRILOZI

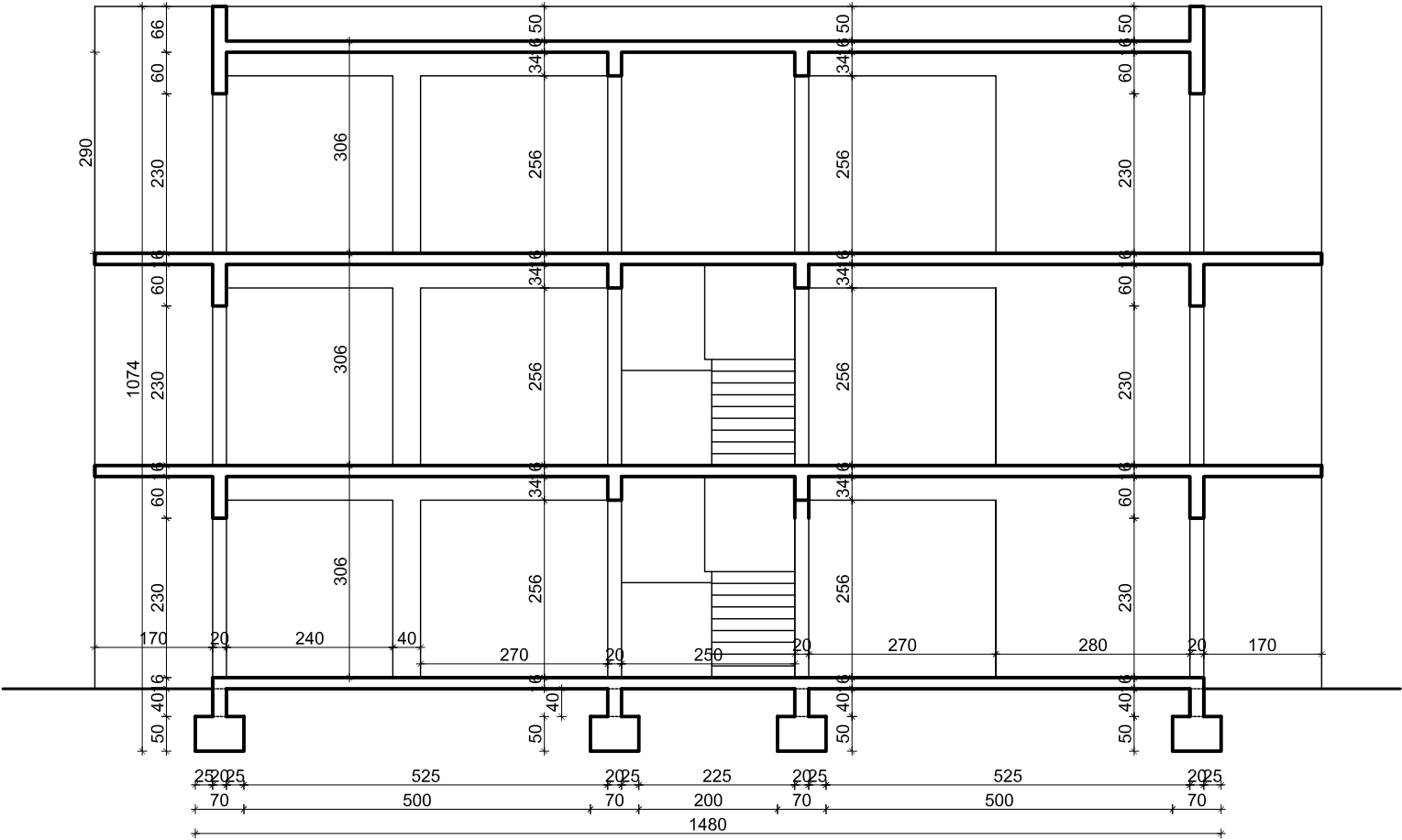
|                                        |         |
|----------------------------------------|---------|
| - Tlocrt karakteristične etaže         | M 1:100 |
| - Presjek 1-1                          | M 1:100 |
| - Presjek 2-2                          | M 1:100 |
| - Armatura međukatne ploče-donja zona  | 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



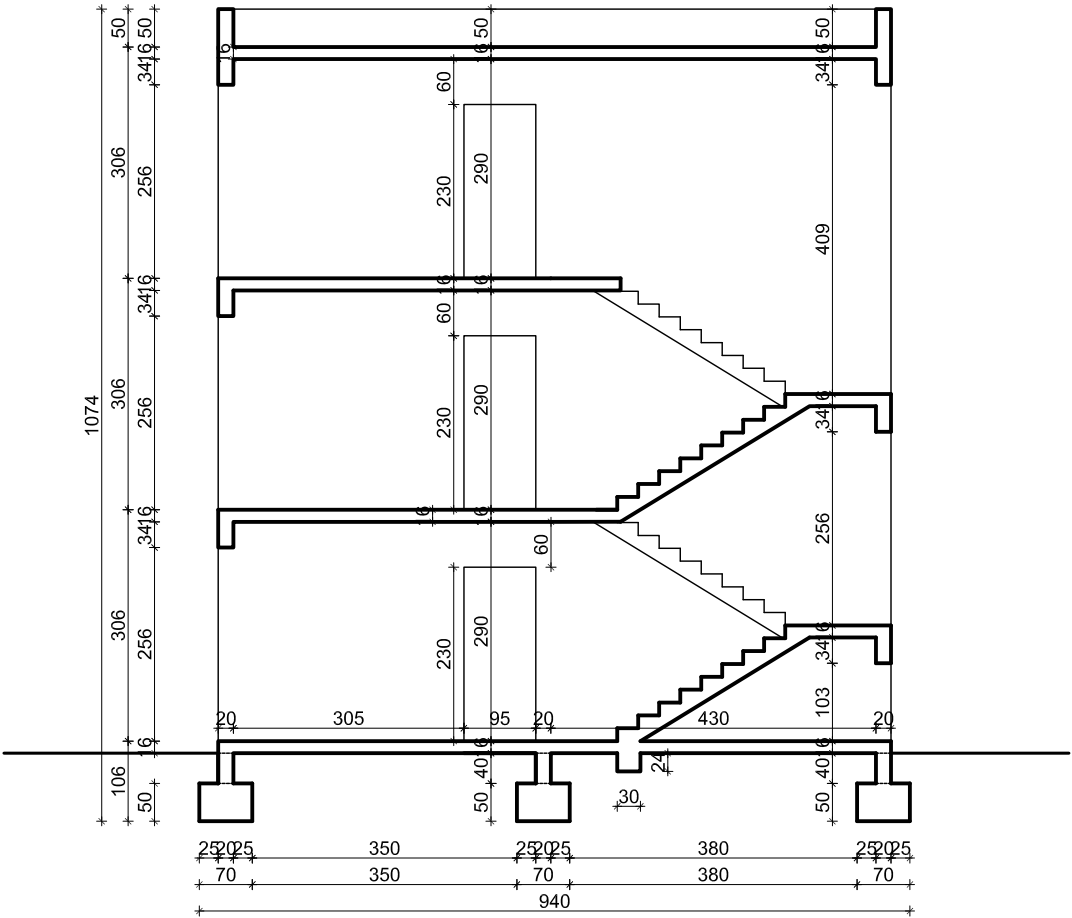
|                                                                                       |  |                                                                             |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  |  | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,<br>ARHITEKTURE I GEODEZIJE |                  |
| TEMA                                                                                  |  | Završni rad                                                                 |                  |
| STUDENT                                                                               |  | Matija Puljiz                                                               |                  |
| SADRŽAJ                                                                               |  | Tlocrt karakteristične etaže                                                | MJERILO<br>1:100 |
| DATUM                                                                                 |  | 2018                                                                        | LIST<br>1        |

PRESJEK 1-1 M 1:100



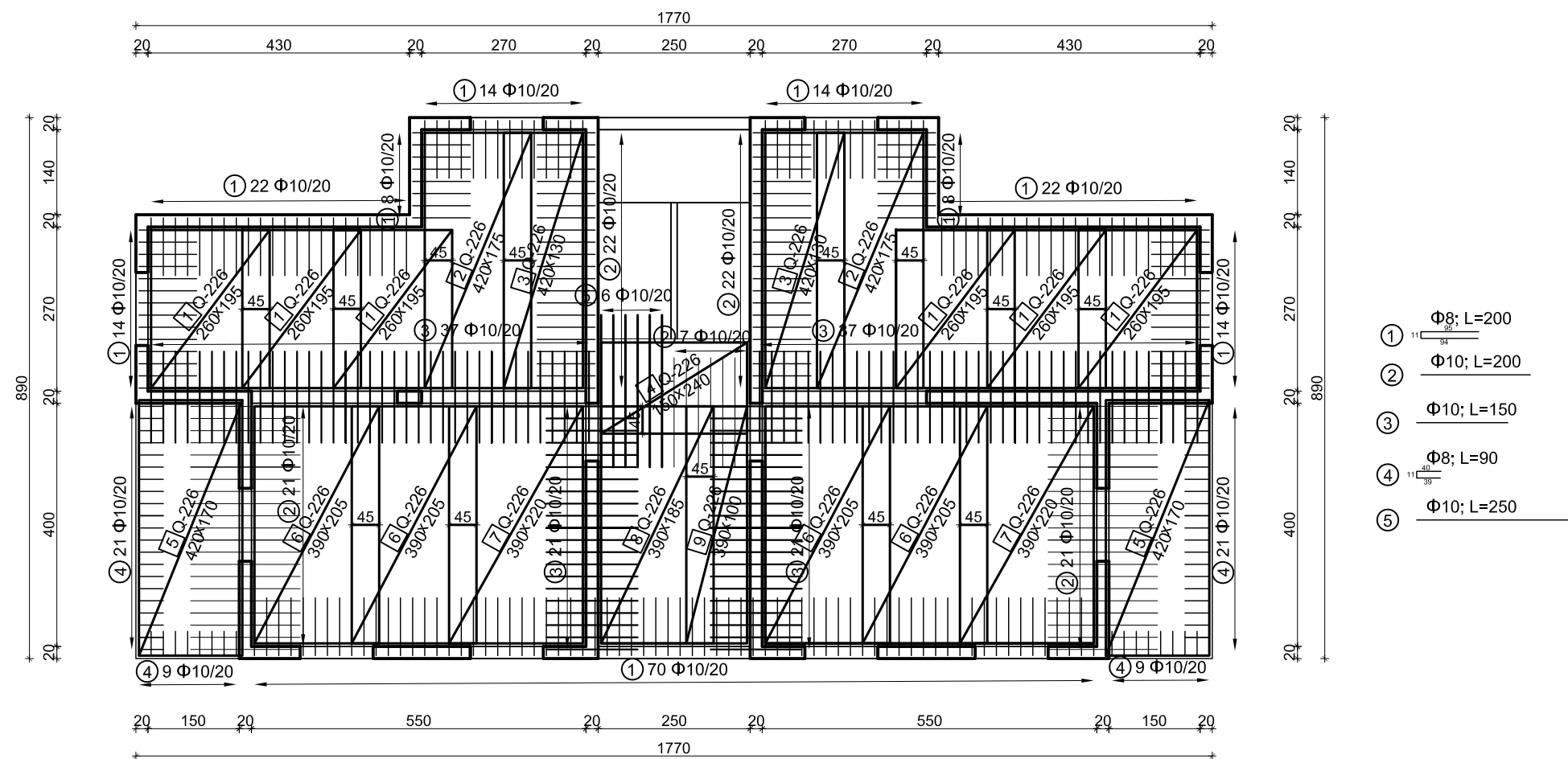
|                                                                                       |  |                                                                                                  |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  |  | <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b><br><b>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,</b><br><b>ARHITEKTURE I GEODEZIJE</b> |                  |
| Završni rad                                                                           |  |                                                                                                  |                  |
| TEMA                                                                                  |  | STATIČKI PRORAČUN STAMBENE ZGRADE                                                                |                  |
| STUDENT                                                                               |  | Matija Puljiz                                                                                    |                  |
| SADRŽAJ                                                                               |  | Presjek 1-1                                                                                      | MJERILO<br>1:100 |
| DATUM                                                                                 |  | 2018                                                                                             | LIST<br>2        |

PRESJEK 2-2 M 1:100



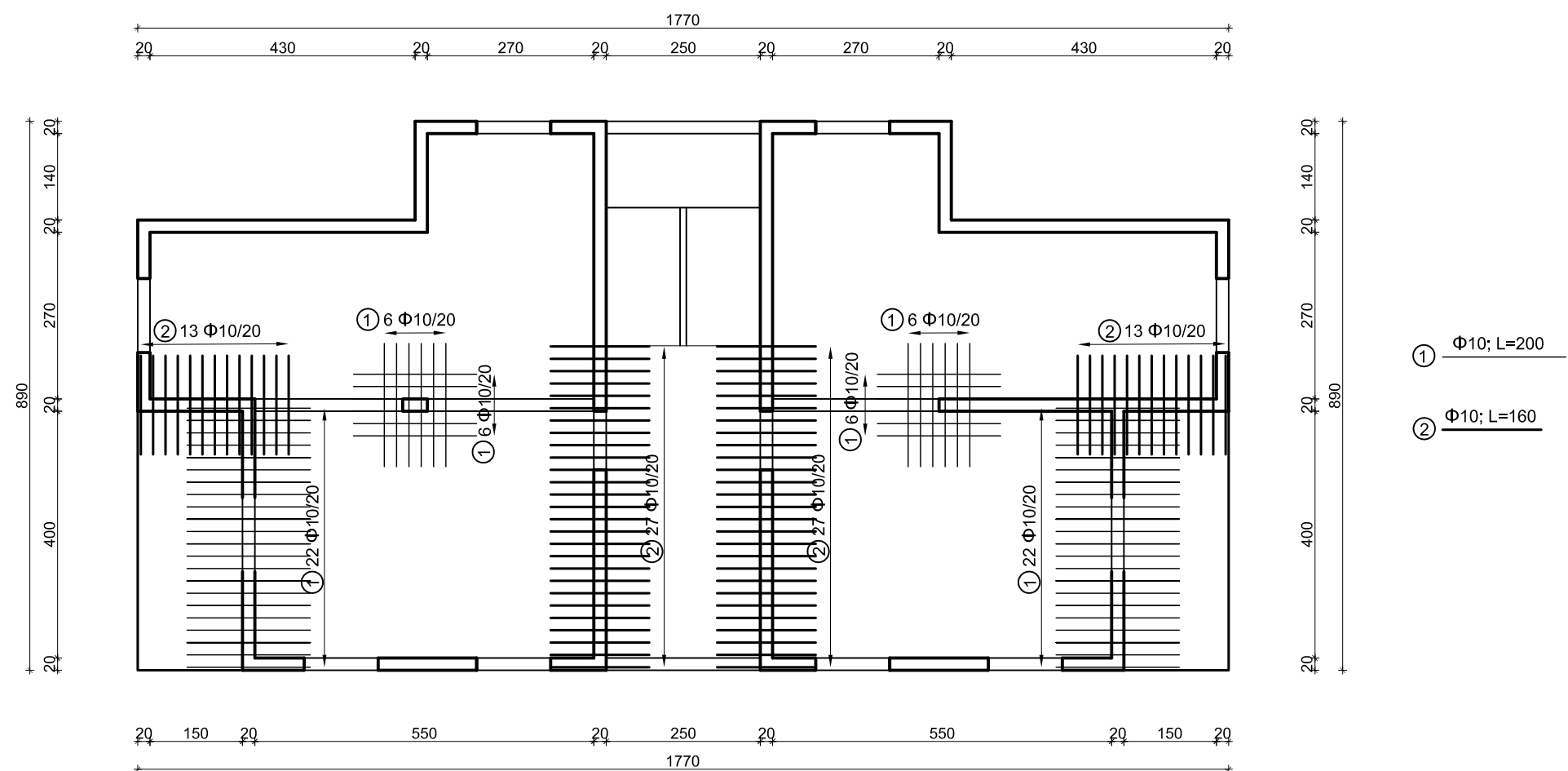
|                                                                                       |  |                                                                                                  |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  |  | <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU</b><br><b>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,</b><br><b>ARHITEKTURE I GEODEZIJE</b> |                  |
| Završni rad                                                                           |  |                                                                                                  |                  |
| TEMA                                                                                  |  | STATIČKI PRORAČUN STAMBENE ZGRADE                                                                |                  |
| STUDENT                                                                               |  | Matija Puljiz                                                                                    |                  |
| SADRŽAJ                                                                               |  | Presjek 2-2                                                                                      | MJERILO<br>1:100 |
| DATUM                                                                                 |  | 2018                                                                                             | LIST<br>3        |

ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE -  
DONJA ZONA M 1:100



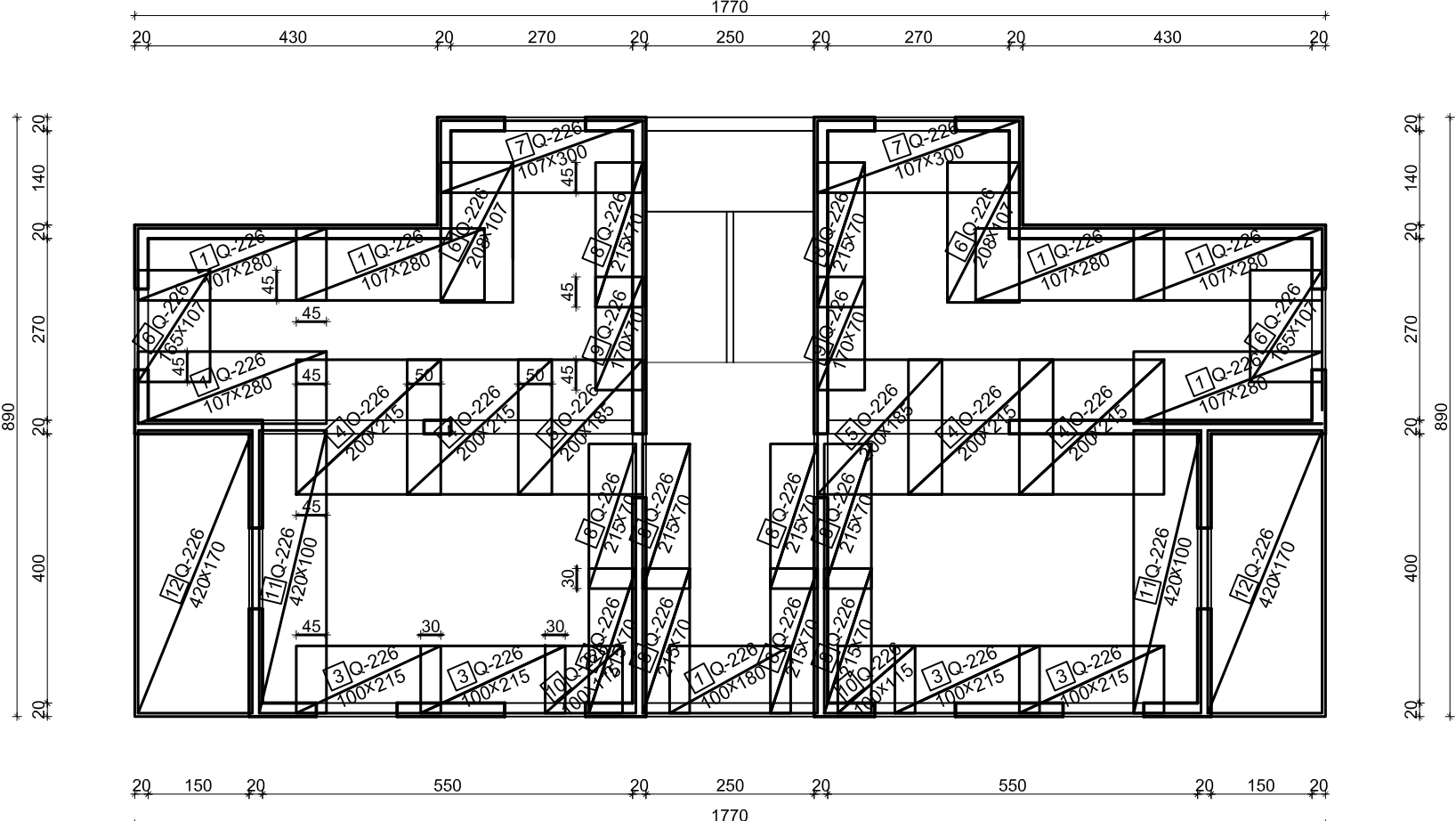
|                                                                                       |  |                                                                             |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|
|  |  | SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,<br>ARHITEKTURE I GEODEZIJE |                  |
| TEMA                                                                                  |  | Završni rad                                                                 |                  |
| STUDENT                                                                               |  | Matija Puljiz                                                               |                  |
| SADRŽAJ                                                                               |  | Armatura međukatne ploče -<br>donja zona (šipke)                            | MJERILO<br>1:100 |
| DATUM                                                                                 |  | 2018                                                                        | LIST<br>4        |

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

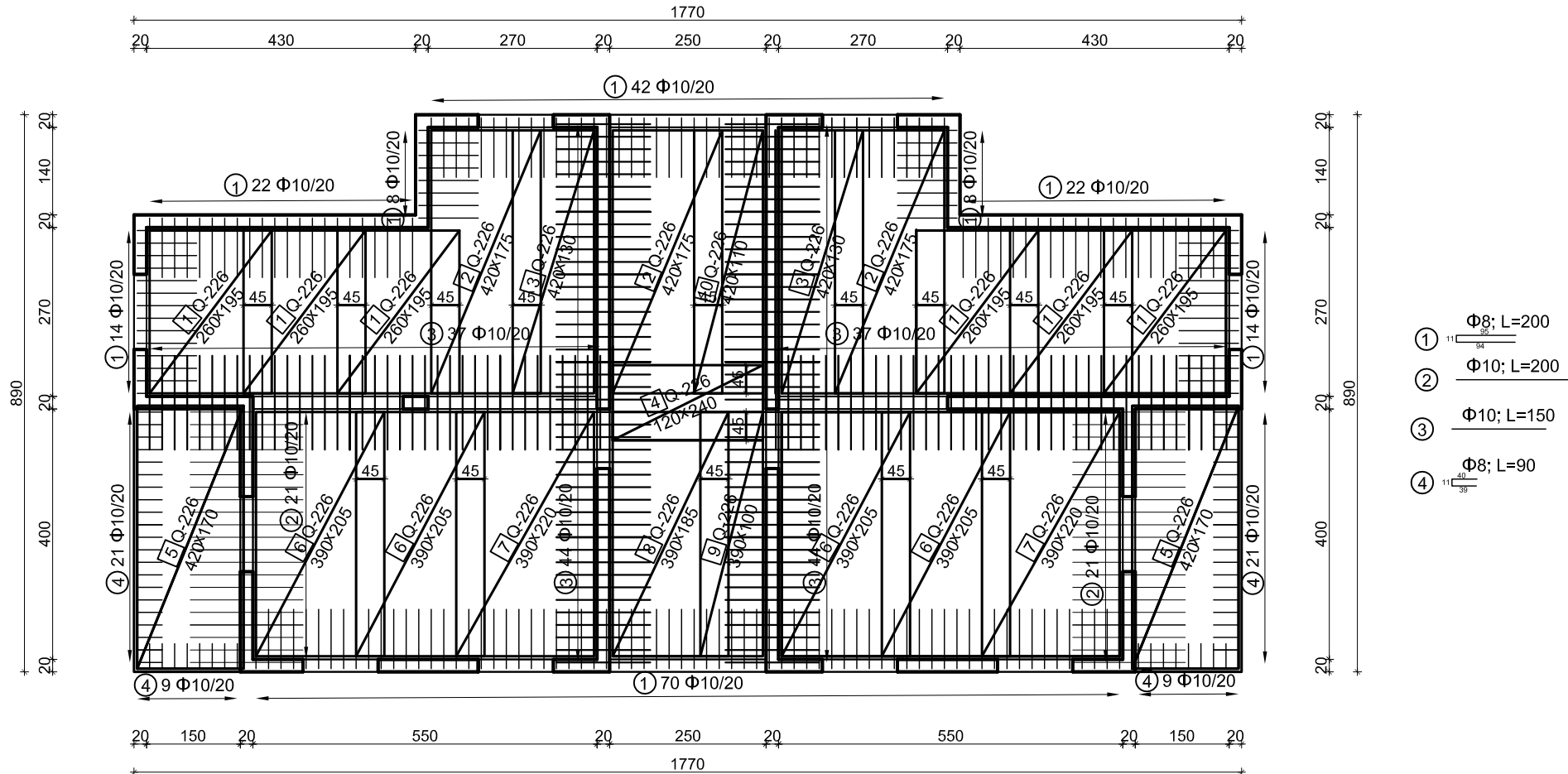


|                                                                                                                                                                  |  |                                                   |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|------------------|
|  SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,<br>ARHITEKTURE I GEODEZJE |  |                                                   |                  |
| Završni rad                                                                                                                                                      |  |                                                   |                  |
| TEMA                                                                                                                                                             |  | STATIČKI PRORAČUN STAMBENE ZGRADE                 |                  |
| STUDENT                                                                                                                                                          |  | Matija Puljiz                                     |                  |
| SADRŽAJ                                                                                                                                                          |  | Armatura međukatne ploče -<br>gornja zona (šipke) | MJERILO<br>1:100 |
| DATUM                                                                                                                                                            |  | 2018                                              | LIST<br>5        |

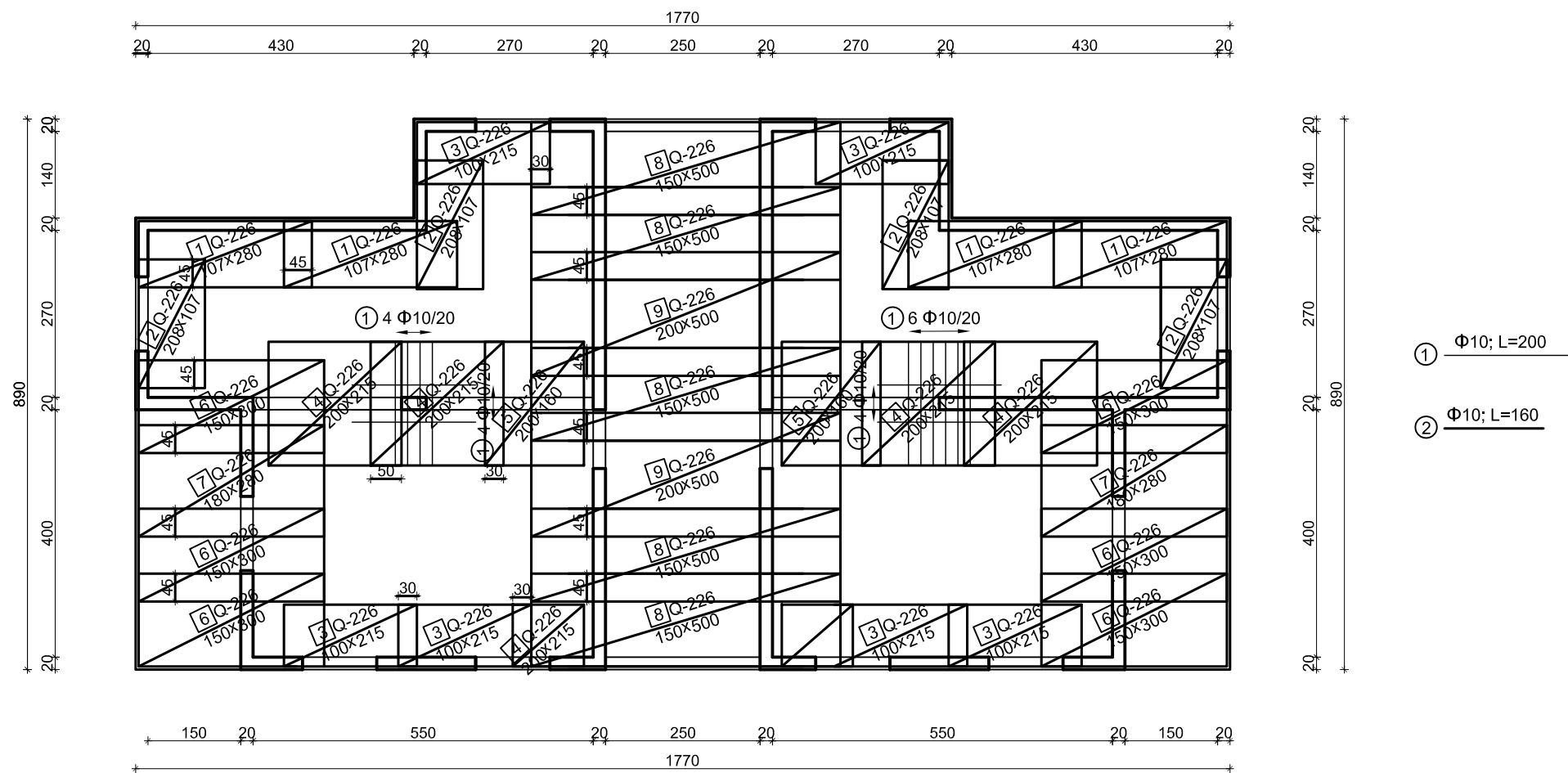
ARMATURA MEĐUKATNE PLOČE -  
GORNJA ZONA (MREŽE) M 1:100



## ARMATURA KROVNE PLOČE - DONJA ZONA M 1:100



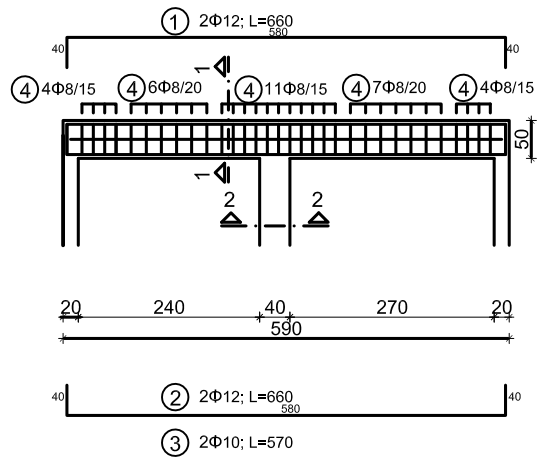
ARMATURA KROVNE PLOČE -  
GORNJA ZONA M 1:100



- ①  $\Phi 10$ ; L=200
- ②  $\Phi 10$ ; L=160

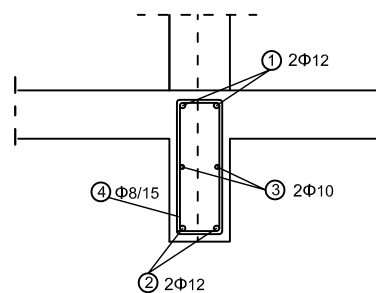
|                                                                                                                                                                  |  |                                     |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------|------------------|
|  SVEUČILIŠTE U SPLITU<br>FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,<br>ARHITEKTURE I GEODEZJE |  |                                     |                  |
| Završni rad                                                                                                                                                      |  |                                     |                  |
| TEMA                                                                                                                                                             |  | STATIČKI PRORAČUN STAMBENE ZGRADE   |                  |
| STUDENT                                                                                                                                                          |  | Matija Puljiz                       |                  |
| SADRŽAJ                                                                                                                                                          |  | Armatura krovne ploče - gornja zona | MJERILO<br>1:100 |
| DATUM                                                                                                                                                            |  | 2018                                | LIST<br>8        |

## ARMATURA GREDE I STUPA M 1:100

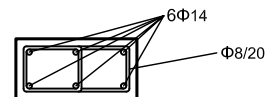


MJ: 1:25

PRESJEK 1-1



PRESJEK 2-2



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Završni rad

TEMA

STATIČKI PRORAČUN STAMBENE ZGRADE

STUDENT

Matija Puljiz

SADRŽAJ

Armatura grede i stupa

MJERILO

1:100

LIST

9

DATUM

2018

## 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.