

# Statički proračun dječjeg vrtića

---

Tafra, Kate

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*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:123:544065>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-01**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

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

# **ZAVRŠNI RAD**

**Kate Tafra**

**Split, 2021.**

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

**Statički proračun dječjeg vrtića**

**Završni rad**

**Split, 2021.**

## Statički proračun dječjeg vrtića

### Sažetak:

U radu je prikazan statički proračun dječjeg vrtića. Dječji vrtić sastoji se od prizemlja, dvije etaže i ravnoga krova. Nosiva konstrukcija građevine izvedena je od armiranog betona.

Projekt sadrži: tehnički opis, proračun nosivih konstrukcijskih elemenata te karakteristične građevinske nacрте.

### Ključne riječi:

Dječji vrtić, Statički proračun

## Static calculation of kindergarten

### Summary:

The static design of kindergarten is presented in this work. The building consist of two stories, ground floor and flat roof. Structure is made of reinforced concrete.

The work includes tehcnical description of the structure, calculation of the main structural elements and characteristic structural plans.

### Keywords:

Kindergarten, Static calculation

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

Split, Matice hrvatske 15

STUDIJ:	<b>PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA</b>
KANDIDAT:	<b>Kate Tafra</b>
BROJ STUDENTSKE ISKAZNICE:	<b>0083218780</b>
KATEDRA:	<b>Katedra za teoriju konstrukcija</b>
PREDMET:	<b>Građevna statika</b>

**ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Statički proračun dječjeg vrtića

Opis zadatka: Na temelju zadane tlocrtne podloge, potrebno je izraditi 3-D proračunski model građevine u programu „Scia Engineer“. Na temelju dobivenih rezultata proračunavaju se određeni nosivi elementi zgrade..

Izrađeni projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- proračun
- građevne nacрте

U Splitu, 2021.

Voditelj Završnog rada:

Prof.dr.sc. Boris Trogrlić, dipl.ing.građ

## SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS .....	7
1.1. Opis i konstrukcijski sastav građevine.....	7
1.2. Geotehnički izvještaj.....	7
2. 3-D PRORAČUNSKI MODEL GRAĐEVINE.....	8
3. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	10
3.1. Podaci o osnovnim djelovanjima.....	10
3.2. Stalno opterećenje ( $G_1$ ).....	10
3.2.1. Vlastita težina elemenata konstrukcije.....	10
3.2.2. Krovna ploča.....	11
3.2.3. Međukatne ploče.....	12
3.3. Promjenjivo opterećenje ( $Q_i$ ).....	13
4. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA .....	14
4.1. Krovna ploča.....	14
4.2. Međukatna ploča.....	15
5. KOMBINACIJE DJELOVANJA .....	16
6. PRORAČUN PLOČA.....	17
6.1. Međukatna ploča.....	17
6.1.1. Prikaz modela i rezultata međukatne ploče .....	18
6.1.2. Kontrola progiba i pukotina međukatne ploče.....	22
6.1.3. Kontrola progiba međukatne ploče.....	22
6.1.4. Kontrola pukotina .....	24
6.2. Proračun krovne ploče .....	27
6.2.1. Prikaz modela i rezultata krovne ploče.....	28
6.2.2. Kontrola progiba .....	32
6.2.3. Kontrola pukotina .....	34
7. PRORAČUN AB GREDA.....	37
7.1. Međukatna greda.....	37
7.1.1. Prikaz rezultata proračuna.....	37
7.1.2. Dimenzioniranje na moment savijanja .....	38
7.1.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	39
7.1.4. Kontrola progiba .....	41
7.1.5. Kontrola pukotina .....	42
7.2. Krovna greda.....	44

---

7.2.1. Prikaz rezultata proračuna.....	44
7.2.2. Dimenzioniranje na moment savijanja .....	45
7.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	46
7.2.4. Kontrola progiba .....	48
7.2.5. Kontrola pukotina .....	49
8. PRORAČUN ZIDOVA.....	51
8.1. Opći uvjeti.....	51
8.2. Prikaz modela i dijagrama .....	52
9. PRORAČUN TEMELJA .....	57
9.1. Proračun trakastih temelja.....	59
9.1.1. Model trakastih temelja .....	59
9.1.2. Proračun širine temeljne stope .....	60
9.1.3. Slijeganje građevine.....	61
10. GRAFIČKI PRILOZI.....	62
11. LITERATURA.....	67

# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1. Opis i konstrukcijski sastav građevine

Predmet ovog završnog rada je proračun nosive konstrukcije građevine javne namjene – dječji vrtić.

Građevina se sastoji od ukupno dvije etaže, pravilnog je tlocrtnog oblika – pravokutnika dimenzija 21.25 x 13.20m i pravokutnika 11.60 x 6.05m.

Ukupna površina građevine je iznosi 1082,04 m<sup>2</sup>.

Glavni nosivi konstrukcijski sustav sastoji se od armirano-betonskih (AB) zidova te međukatnih konstrukcija koje su izrađene od armiranog betona, lijevane na licu mjesta debljine 18 cm.

Ravna krovna ploča je debljine 18 cm i izvedena je od armiranog betona.

Vertikalna nosiva konstrukcija građevine su zidovi debljine 25 cm.

Temeljenje je predviđeno na trakastim temeljima od armiranog betona ispod nosivih zidova. Dimenzije trakastih temelja su 60/60cm, 60/80cm, 60/100cm.

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 C 25/30 (MB-30), te armatura B 500. Skidanje podupirača za ploče može se izvršiti nakon postignute minimalne čvrstoće od 80%.

Za temelje je korištena klasa betona C 25/30 (MB-30).

Svi računalni proračuni su izvršeni u programu „Scia Engineer“. Svi ostali podaci i detalji vezani za objekt dani su kroz projektna rješenja.

## 1.2. Geotehnički izvještaj

Za predmetnu građevinu su izvršeni geotehnički istražni radovi.

Matična stijena nalazi se na oko 85 cm od površine terena, temeljenje građevine će se izvesti na njoj. Pri završetku iskopa temeljnu plohu potrebno je ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala.

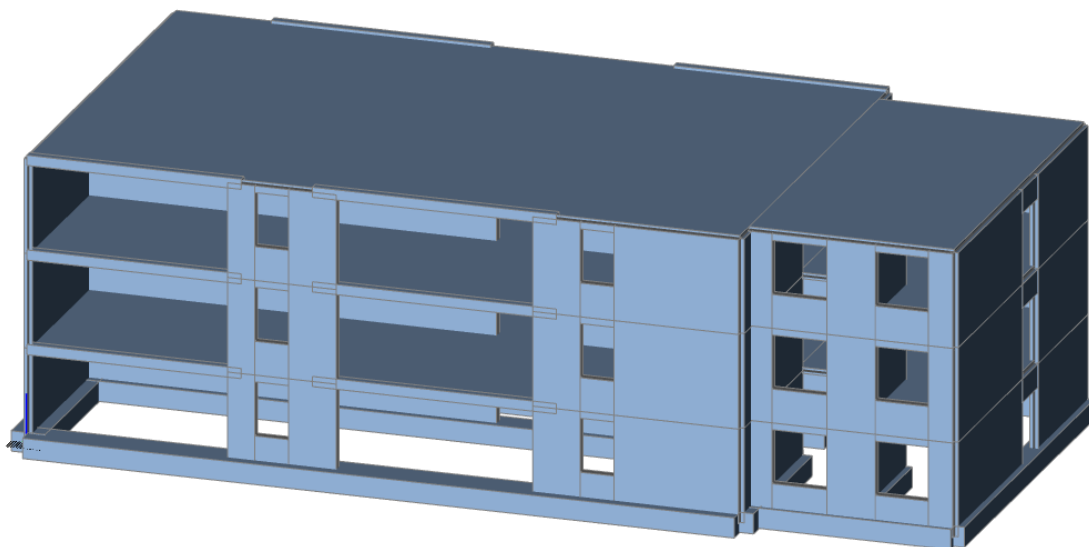
Nakon obavljenog čišćenja temeljne plohe potrebno je neravnine i udubine popuniti i izravnati podložnim betonom C 16/20 (MB-20) do projektirane kote temeljenja.

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

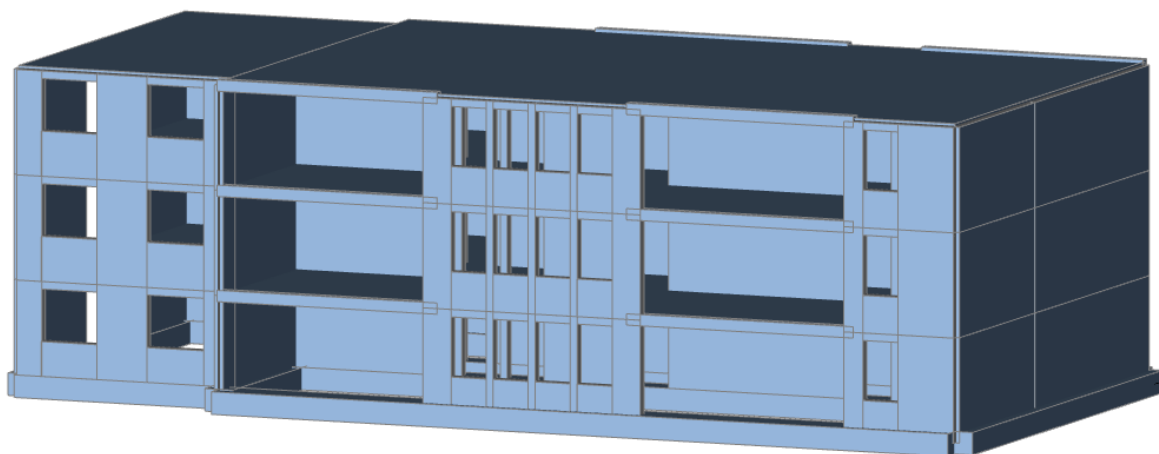
Na osnovu rezultata geotehničkih istražnih radova, dopuštena centrična naprezanja tla na detaljno očišćenim naslagama matične stijene uzeta su za osnovna opterećenja 400 kPa.



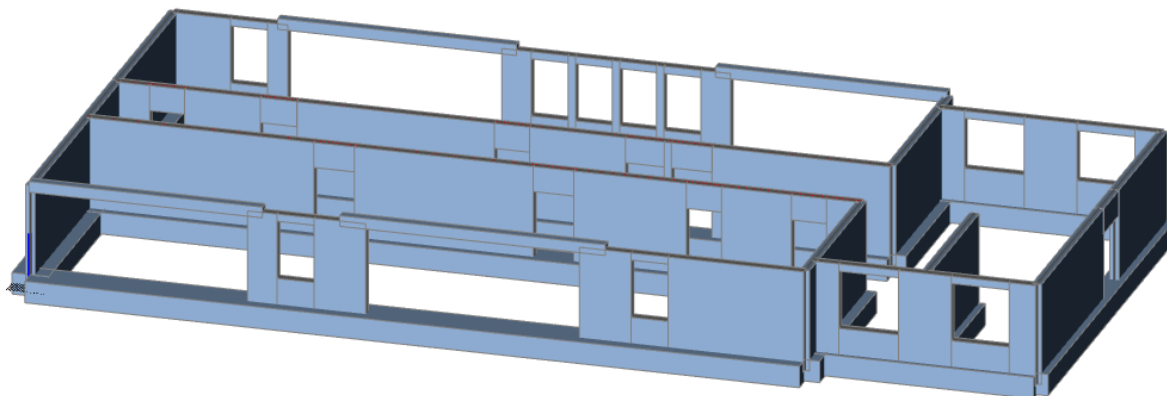
## 2. 3-D PRORAČUNSKI MODEL GRAĐEVINE



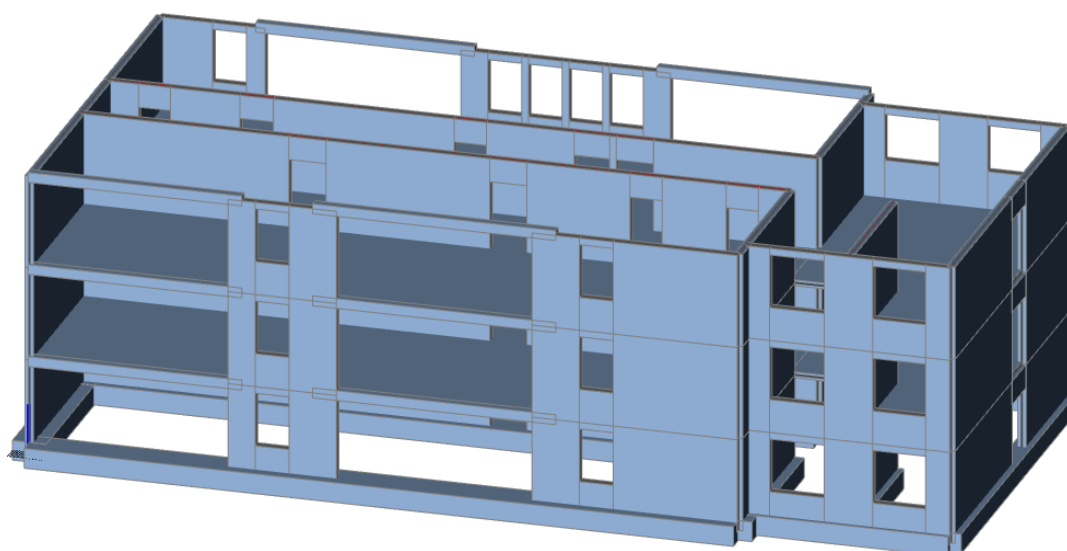
*Slika 2.1 Proračunski model objekta – pogled 1*



*Slika 2.2 Proračunski model objekta – pogled 2*



*Slika 2.3 Proračunski model objekta – pogled 3*



*Slika 2.4 Proračunski model objekta – pogled 4*

### 3. ANALIZA OPTEREĆENJA

#### 3.1. 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 (uračunata u SCIA-u)
G1	Dodatno stalno djelovanje – ostalo stalno djelovanje; pokrov, obloga, stalna oprema itd.
Qi	Promjenjivo – uporabno djelovanje: uporabno opterećenje, pokretna oprema.

Tablica 3.1 Podaci o osnovnim djelovanjima

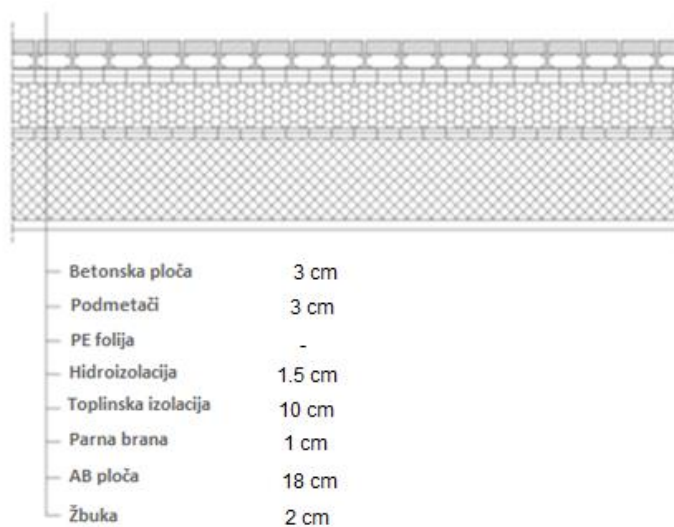
#### 3.2. Stalno opterećenje (G<sub>1</sub>)

##### 3.2.1. Vlastita težina elemenata konstrukcije

Stalno opterećenje uključeno je u proračun prema sljedećem:

- 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.

## 3.2.2. Krovna ploča

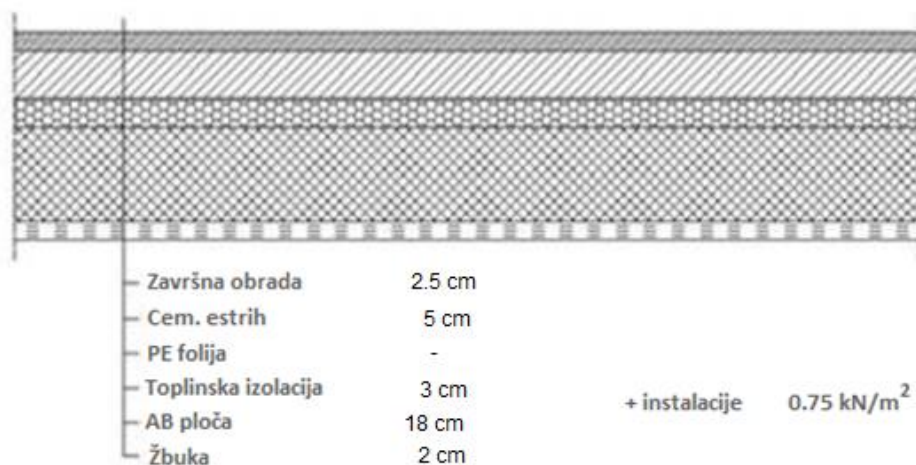


Tablica 3.2.2 Slojevi ravnog krova

Sloj:	Debljina sloja (m):	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Betonska ploča	0,03	25,00	0,75
Podmetači	0,03	-	-
PE folija	-	-	-
Hidroizolacija	0,015	5,90	0,09
Toplinska izolacija	0,10	1,50	0,30
Parna brana	0,01	0,15	0,0015
AB ploča	0,18	Uključena u SCIA-u	
Žbuka	0,02	19,00	0,38

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 1,52$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.2.3. Međukatne ploče



Tablica 3.2.3 Slojevi poda međukatnih konstrukcija

Sloj:	Debljina sloja (m):	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \times \gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Završna obrada	0,025	9,60	0,24
Cementni estrih	0,05	22,00	1,10
PE folija	-	-	-
Toplinska izolacija	0,03	2,00	0,015
AB ploča	0,18	Uključeno u SCIA-u	
Žbuka	0,02	0,02	0,38
Instalacije	-	-	0,75

Ukupno dodatno stalno opterećenje:  $\Delta g = 2,50$  (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.3. Promjenjivo opterećenje ( $Q_i$ )

Krov		$q_k^a$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Kategorija H	nagib krova $\leq 20^\circ$	0,6	1,0
	nagib krova $\geq 40^\circ$	0,0	1,0

\* Za nagibe između  $20^\circ$  i  $40^\circ$  vrijednost  $q_k$  može se odrediti linearnom interpolacijom.

NAPOMENA 1: Opterećenje  $q_k$  djeluje na ploštini  $A$  koja predstavlja cijelu ploštinu krova.

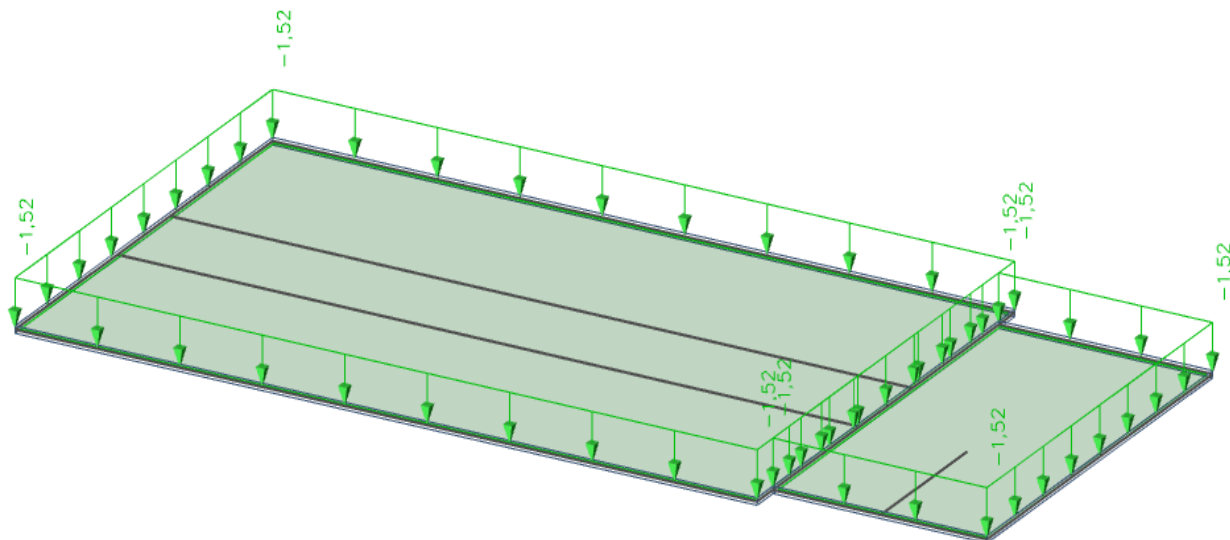
NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenja djeluju vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.

Minimalno korisno opterećenje za zgrade definirano je u EC1991-1-1. Ovo korisno (pokretno) opterećenje je najmanje koje se smije upotrijebiti na zgradama. Na zahtjev investitora ili pri procjeni projektanta smije se koristiti i veće opterećenje. Za potrebe proračuna, a prema EC1991-1-1 korištena su sljedeća opterećenja:

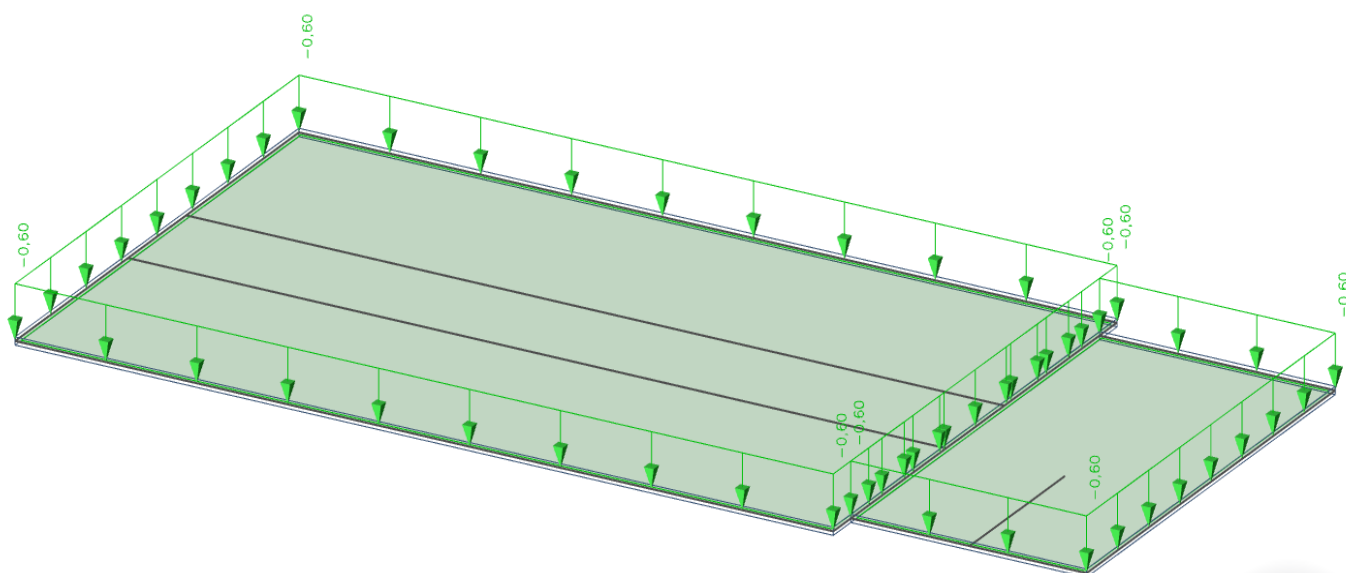
- Ravni krov:  $q = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- Stropovi – dječji vrtići, jaslice, škole:  $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

## 4. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA

### 4.1. Krovna ploča

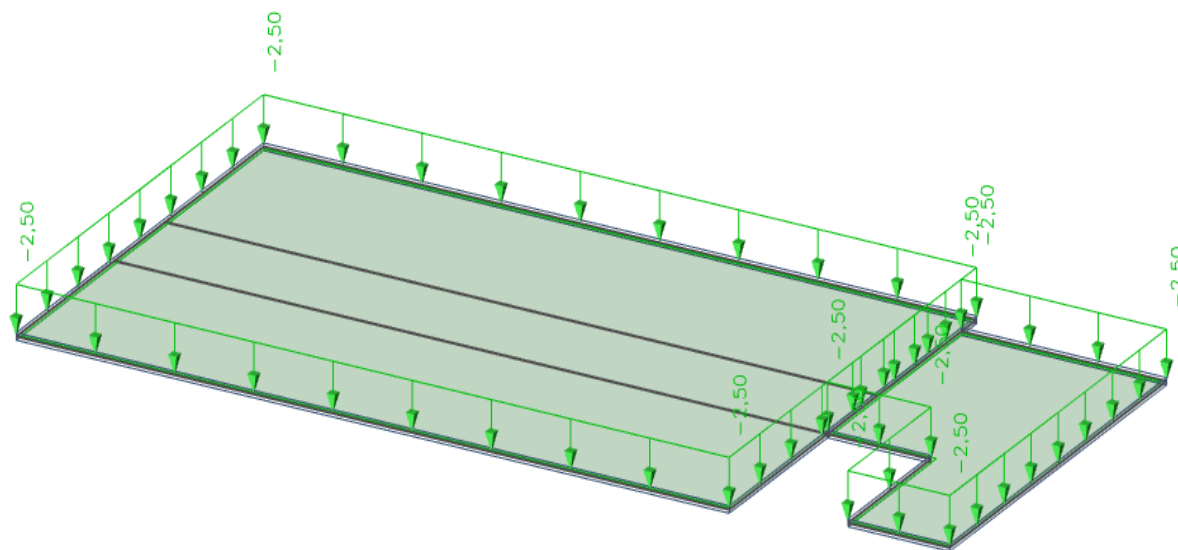


Slika 4.1.1 Dodatno stalno djelovanje  $G_1$  [ $\text{kN/m}^2$ ]

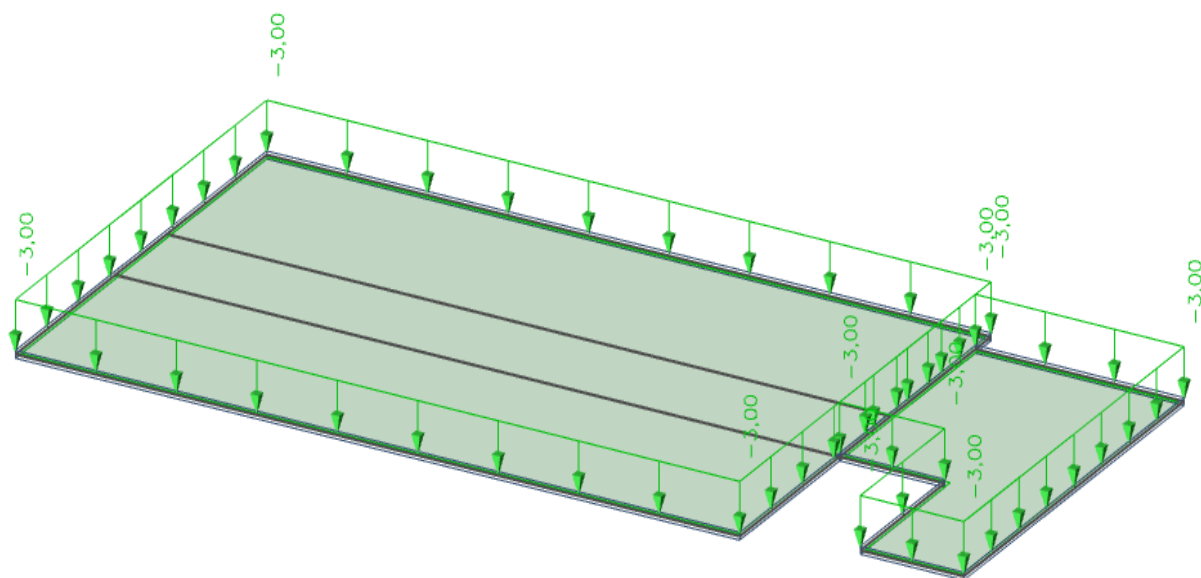


Slika 4.1.2 Promjenjivo djelovanje  $Q$  [ $\text{kN/m}^2$ ]

## 4.2. Međukatna ploča



Slika 4.2.1 Dodatno stalno djelovanje  $G1$  [ $\text{kN/m}^2$ ]



Slika 4.2.2 Promjenjivo djelovanje  $Q$  [ $\text{kN/m}^2$ ]



## 5. KOMBINACIJE DJELOVANJA

Za dokaz nosivosti elemenata konstrukcije predmetne građevine, djelovanja se kombiniraju za sljedeća granična stanja i iznose:

### - Granično stanje nosivosti

$$\text{GSN-1 } 1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q$$

G – vlastita težina + dodatno stalno djelovanje

*\*vlastita težina je uračunata u programu SCIA Engineer*

Q – uporabno djelovanje tj. promjenjivo djelovanje

### - Granično stanje uporabljivosti

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

$$1.0 \cdot G + 0.5 \cdot Q$$

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

Česta kombinacija se koristi za kontrolu progiba ploča i greda, te za kontrolu pukotina ploča i greda.

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

$$1.0 \cdot G + 0.3 \cdot Q$$

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

Nazovistalna kombinacija se koristi za ograničenje tlačnog naprezanja u armirano betonskim elementima, te za kontrolu dugotrajnih progiba.

## 6. PRORAČUN PLOČA

### 6.1. Međukatna ploča

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 1.0 \cdot 0.155^2 \cdot 16.7 \cdot 1000 = 63,79 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.33 \text{ cm}^2 / m$$

$$A_{s,min} = 0.06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} = 0.06 \cdot 100 \cdot \frac{15.5}{500} = 1.86 \text{ cm}^2 / m$$

$$A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.31 \cdot 100 \cdot 15.5 \cdot \frac{16.7}{434.80} = 18.46 \text{ cm}^2 / m$$

Za proračun armature usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ , potrebna armatura :

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0.9 \cdot 15.5 \cdot 43.48} = M_{Ed} \cdot 0.165$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature :

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{155}} = 2.14 \leq 2.0 \rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\vartheta_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{3.85}{15.5 \cdot 100} = 0.0025$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.0025 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 1000 \cdot 155$$

$$V_{Rd,c} = 68.52 \text{ kN/m}$$

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

$$k = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.495$$

$$\vartheta_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$V_{Rd,c,min} = 0.495 \cdot 1000 \cdot 155 = 76.73 \text{ kN/m}$$

Uvjet je zadovoljen.

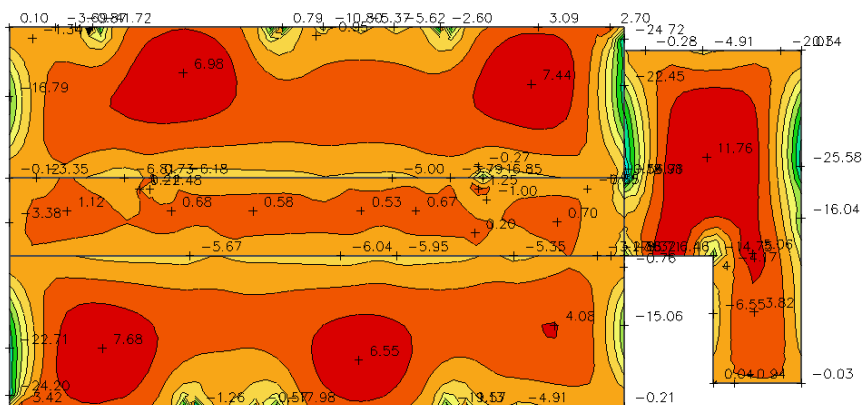
### 6.1.1. Prikaz modela i rezultata međukatne ploče



Slika 6.1. Prikaz modela ploče

**2D internal forces**

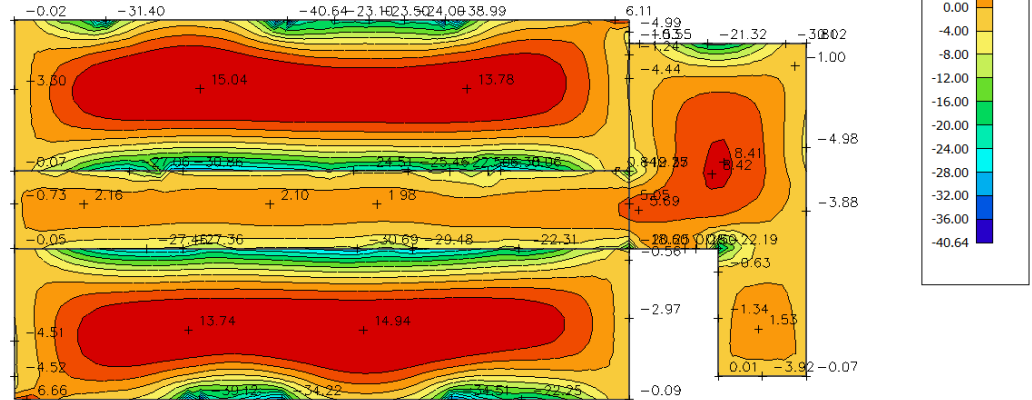
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

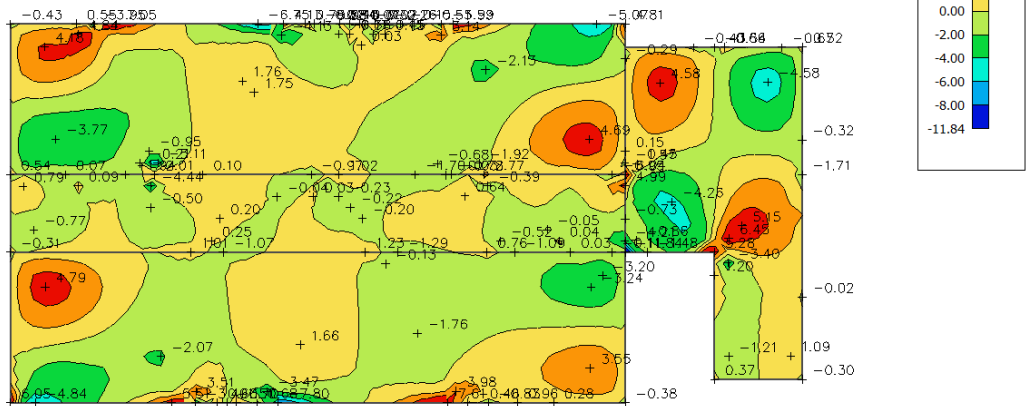
Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

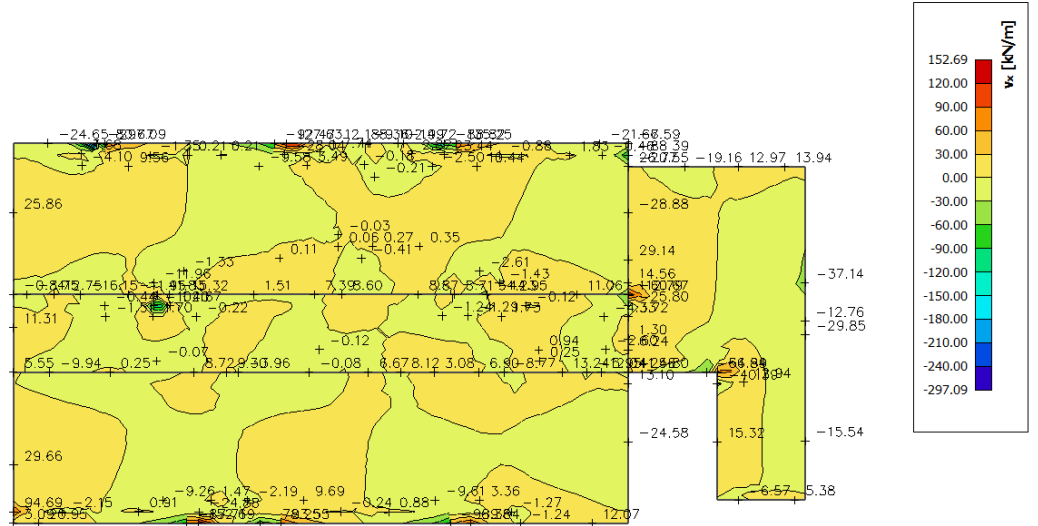
Values:  $m_{xy}$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

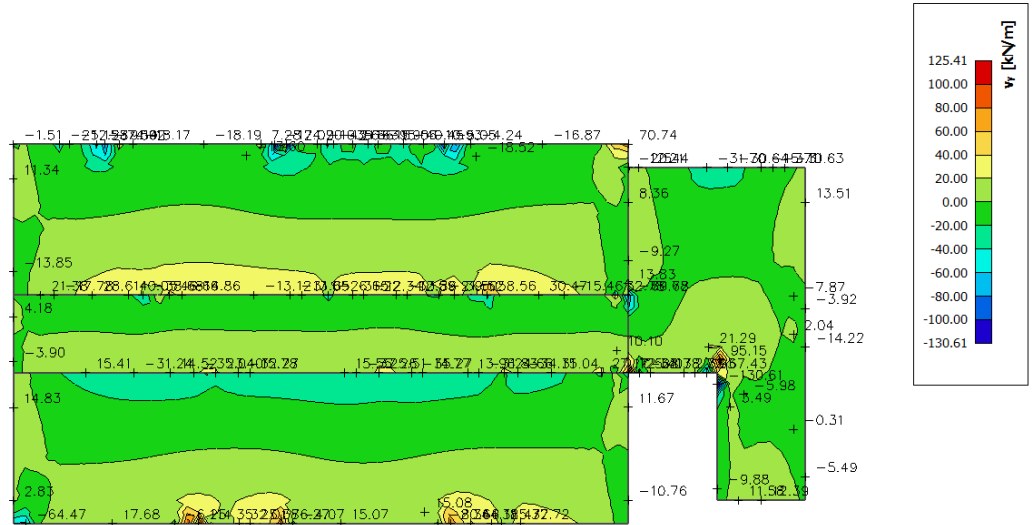
Values:  $v_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

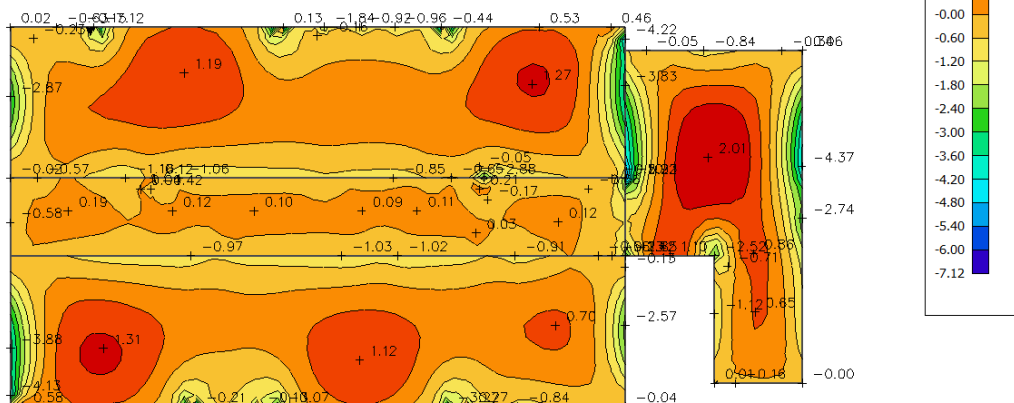
Values:  $v_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

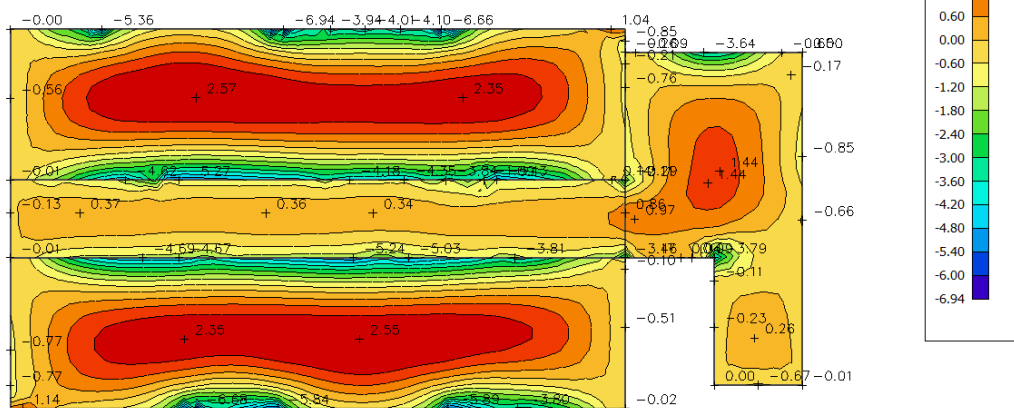
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: A 18  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.7 Potrebna površina armature  $A_s(\text{cm}^2/\text{m})$  u x smjeru

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: A 18  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.8 Potrebna površina armature  $A_s(\text{cm}^2/\text{m})$  u y smjeru

*Napomena:* Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti za 15% nad ležajem i povećati za 30% u polju.

Potrebna armatura na ležaju:  $A_s = 7.12 \times 0.85 = 6.05 \text{ cm}^2 / \text{m}'$

Potrebna armatura u polju:  $A_s = 2.57 \times 1.30 = 3.32 \text{ cm}^2 / \text{m}'$

### Odabrana armatura

Ležaj: Q-785 ( $7.85 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )

Polje: Q-335 ( $3.35 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )

### 6.1.2. Kontrola progiba i pukotina međukatne ploče

S obzirom da je model građevine modeliran na temeljnom tlu realnih karakteristika cijela građevina će imate pomake određenih vrijednosti, pa tako i međukatne ploče. Zbog nemogućnosti prikazivanja relativnih pomaka ploča bit će prikazani ukupni pomaci ploča koji nisu mjerodavni za analizu.

Kako bismo dobili pomake koji će prikazati pravo ponašanje ploče od ukupnih pomaka oduzet ćemo translacijsku komponentu pomaka, te na taj način dobivamo deformacijsku komponentu pomaka koja će se analizirati.

### 6.1.3. Kontrola progiba međukatne ploče

#### 2D displacement

Values:  $u_z$

Linear calculation

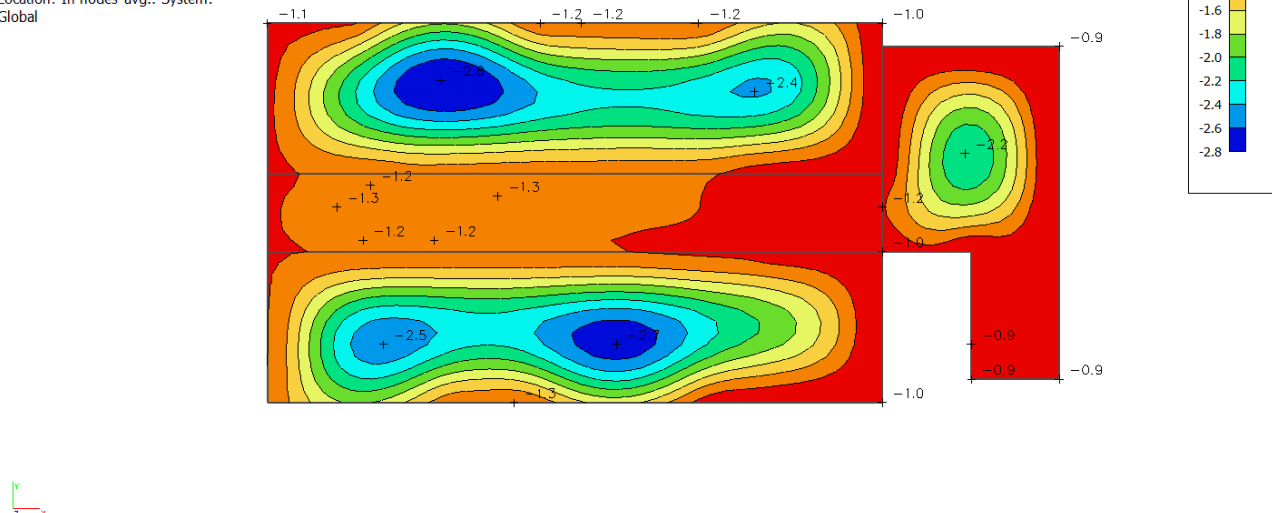
Combination: GSU1

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg.. System:

Global



Slika 6.9 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

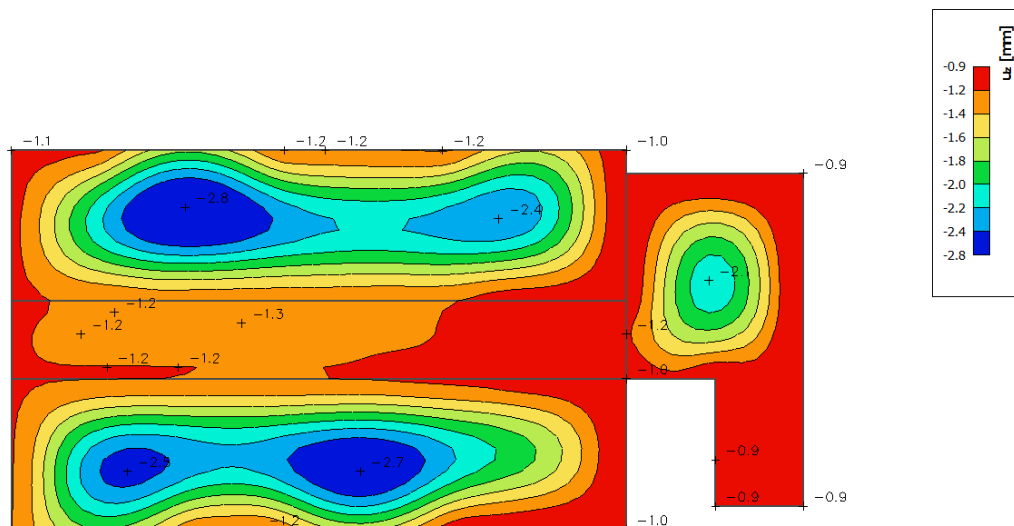
Najveći progib iznosa je  $2.8 - 0.9 = 1.9 \text{ mm}$ .

Dozvoljen progib  $L/1000 = 5150/1000 = 5.15 \text{ mm}$

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

**2D displacement**

Values:  $u_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU2  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System:  
 Global



Slika 6.10 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosa je  $2.8 - 0.9 = 1.9$  mm.

Dozvoljen progib  $L/1000 = 5150/1000 = 5.15$  mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

Oduzimanjem translacijske komponente pomaka dobivamo komponentu koja je se analizira odnosno provjerava je li zadovoljava dozvoljene granice.

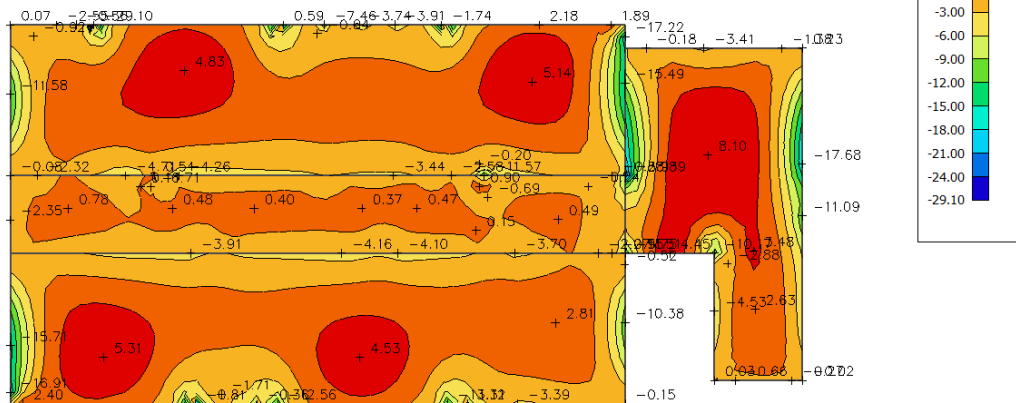
Kod 3-D modela koji su modelirani sa realnim karakteristikama tla bilo bi poželjno napraviti poseban model ploče karakteristične etaže.



### 6.1.4. Kontrola pukotina

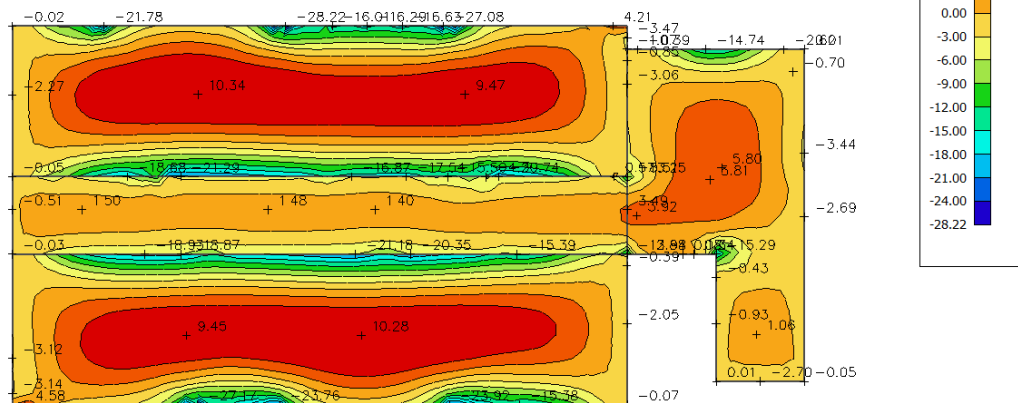
U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan izračunu širine pukotine.

2D internal forces  
 Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.11 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSU-1

2D internal forces  
 Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.12 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSU-1

Mjerodavni moment  $M = 10.34 \text{ kNm/m}$

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{7 \cdot 3.35}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15.5}{7 \cdot 3.35}} \right) \\ = 2.47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{1034}{\left(15.5 - \frac{2.47}{3}\right) \cdot 3.35} = 20.58 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 205.8 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$

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

$E_{cm} = 32.0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 7$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3.0)} = 0.0045$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{205.8 - 0.4 \frac{2.9}{0.0045} (1 + 7 \cdot 0.0045)}{210000} \geq 0.6 \cdot \frac{205.8}{210000}$$

$$-0.000282 \geq 0.00058$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00058$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\emptyset = 8.0 \text{ mm}$  –

$c = 30 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  – Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{8}{0.0045} = 404 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 404 \cdot 0.00058 = 0.23 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

Pukotine zadovoljavaju!

## 6.2. Proračun krovne ploče

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 1.0 \cdot 0.155^2 \cdot 16.7 \cdot 1000 = 63,79 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura:

$$A_{s,min} = 0.0015 \cdot b \cdot d = 0.0015 \cdot 100 \cdot 15.5 = 2.33 \text{ cm}^2 / m$$

$$A_{s,min} = 0.06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} = 0.06 \cdot 100 \cdot \frac{15.5}{500} = 1.86 \text{ cm}^2 / m$$

$$A_{s,max} = 0.31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.31 \cdot 100 \cdot 15.5 \cdot \frac{16.7}{434.80} = 18.46 \text{ cm}^2 / m$$

Za proračun armature usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ , potrebna armatura :

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0.9 \cdot 15.5 \cdot 43.48} = M_{Ed} \cdot 0.165$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature :

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{155}} = 2.14 \leq 2.0 \rightarrow k = 2.0$$

$$k_1 = 0.15$$

$$\vartheta_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{3.85}{15.5 \cdot 100} = 0.0025$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 2.0 \cdot (100 \cdot 0.0025 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 1000 \cdot 155$$

$$V_{Rd,c} = 68.52 \text{ kN/m}$$

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

$$k = 0.15$$

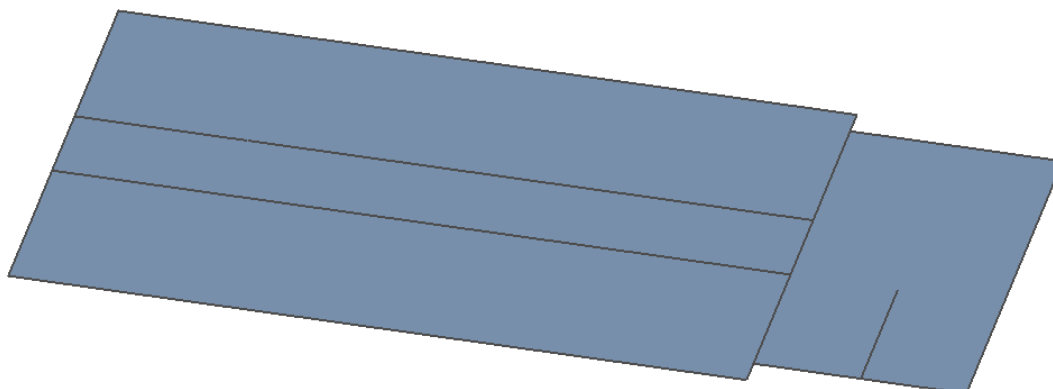
$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.495$$

$$\vartheta_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$V_{Rd,c,min} = 0.495 \cdot 1000 \cdot 155 = 76.73 \text{ kN/m}$$

Uvjet je zadovoljen.

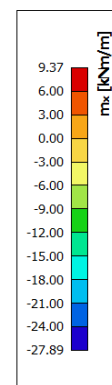
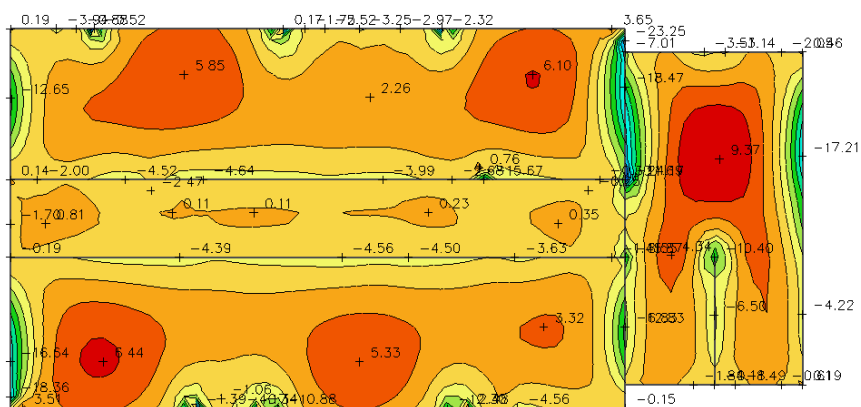
### 6.2.1. Prikaz modela i rezultata krovne ploče



Slika 6.13 Prikaz modela

**2D internal forces**

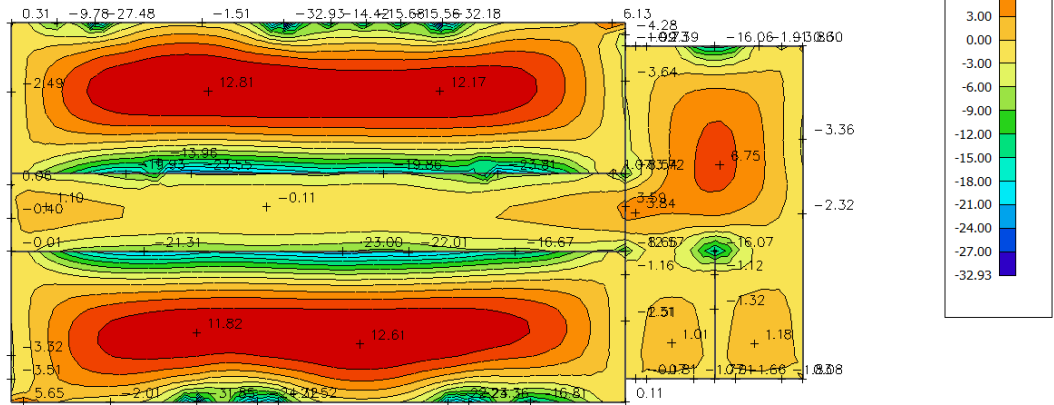
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.14 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSN-1

**2D internal forces**

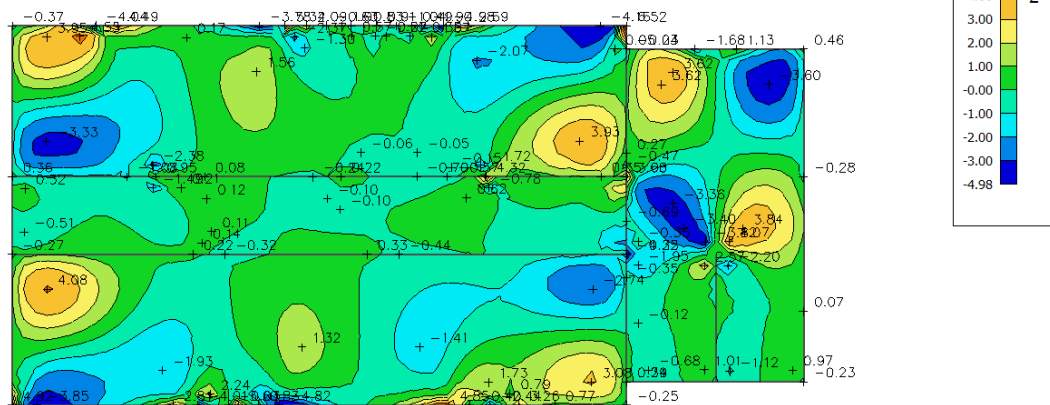
Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

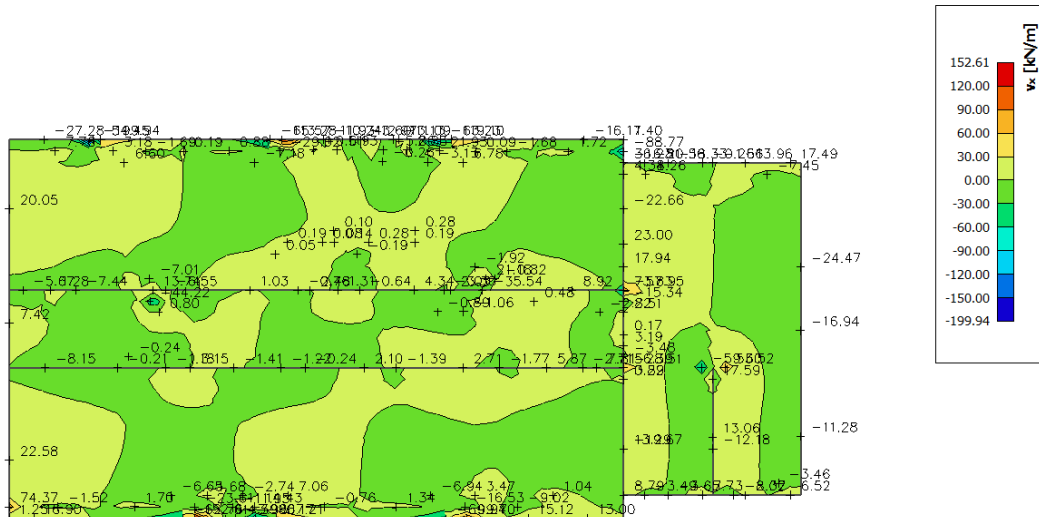
Values:  $m_{xy}$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.16 Moment savijanja  $M_{Ed,xy}$  (kNm/m) za GSN-1

**2D internal forces**

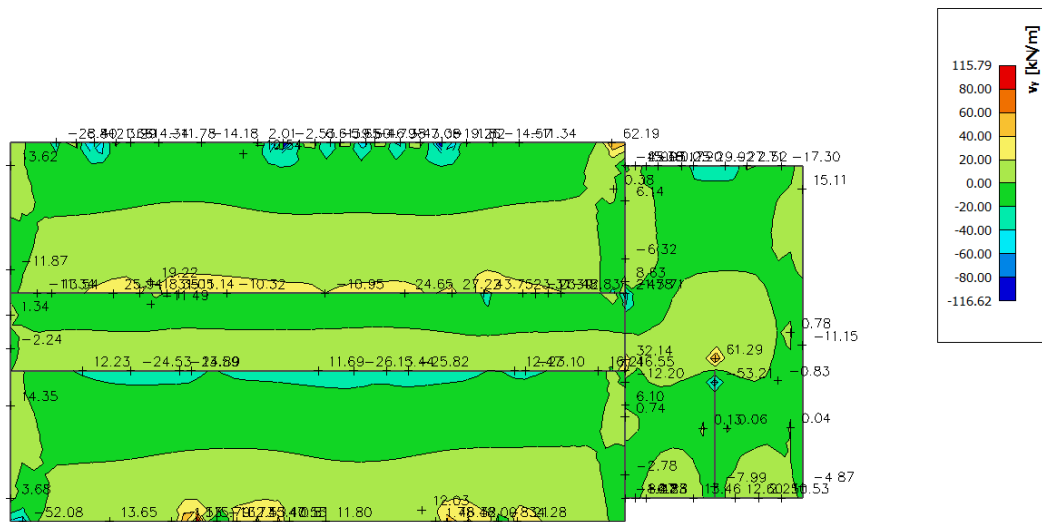
Values:  $v_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



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

**2D internal forces**

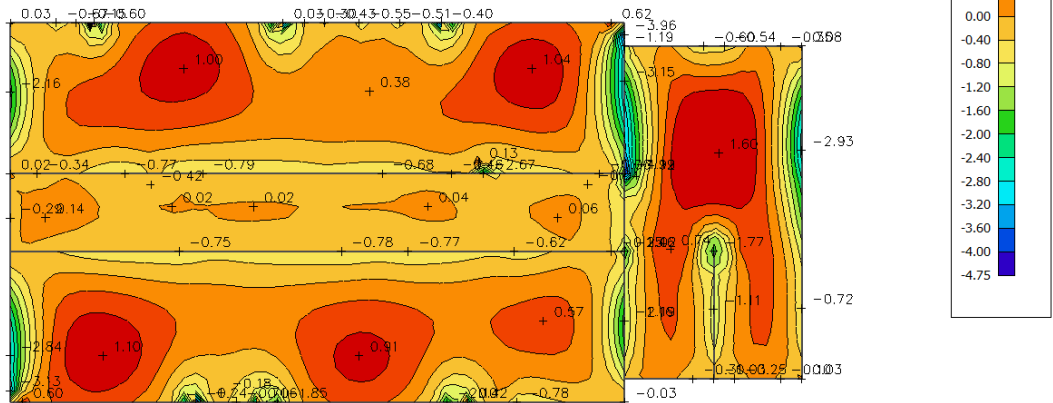
Values:  $v_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.18 Poprečne sile  $V_{Ed,y}$  (kN/m) za GSN

**2D internal forces**

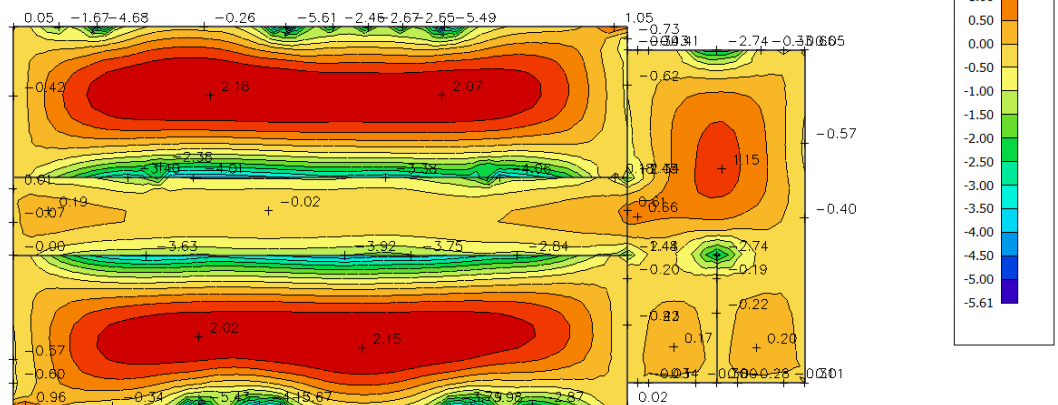
Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: A 18  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.19 Potrebna površina armature  $A_s$ ( $cm^2/m$ ) u x smjeru

**2D internal forces**

Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: A 18  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.20 Potrebna površina armature  $A_s$ ( $cm^2/m$ ) u y smjeru



*Napomena:* Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti za 15% nad ležajem i povećati za 30% u polju.

Potrebna armatura na ležaju:  $A_s = 5,61 \times 0,85 = 4,77 \text{ cm}^2 / \text{m}'$

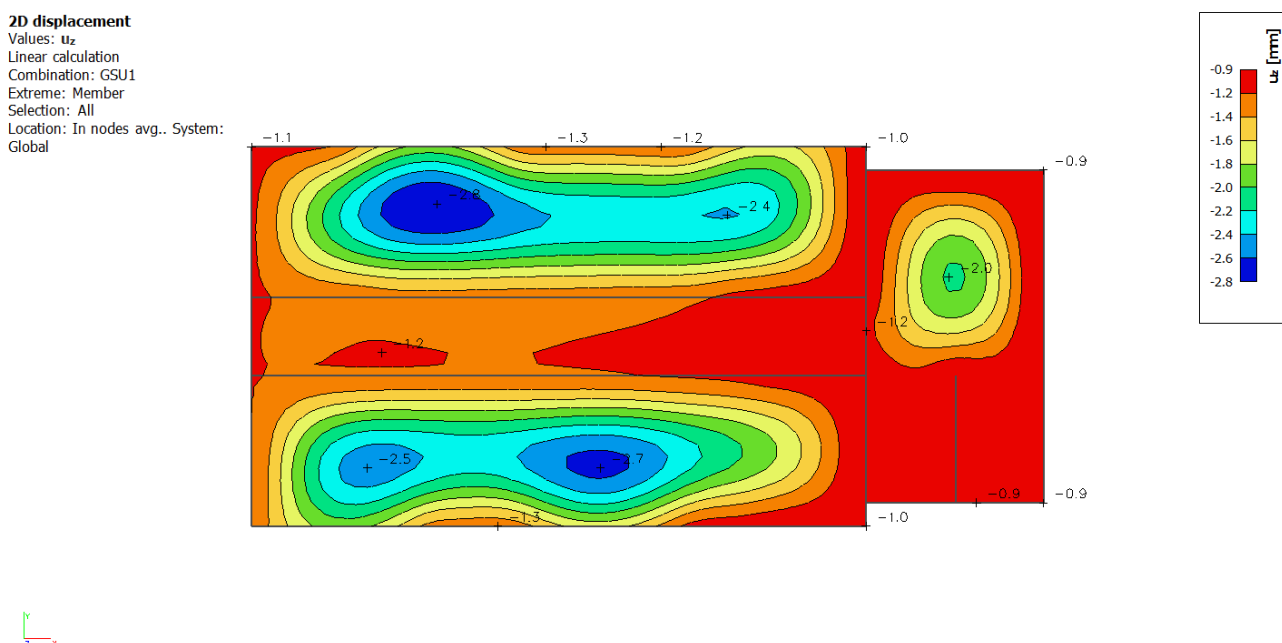
Potrebna armatura u polju:  $A_s = 2,18 \times 1,30 = 2,84 \text{ cm}^2 / \text{m}'$

### Odabrana armatura

Ležaj: Q-636 ( $6,36 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )

Polje: Q-335 ( $3,35 \text{ cm}^2 / \text{m}'$ )

### 6.2.2. Kontrola progiba



Slika 6.21 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je  $2,8 - 0,9 = 1,9 \text{ mm}$ .

Dozvoljen progib  $L/1000 = 5150/1000 = 5,15 \text{ mm}$

Krovna ploča zadovoljava na progibe.

**2D displacement**Values:  $u_z$ 

Linear calculation

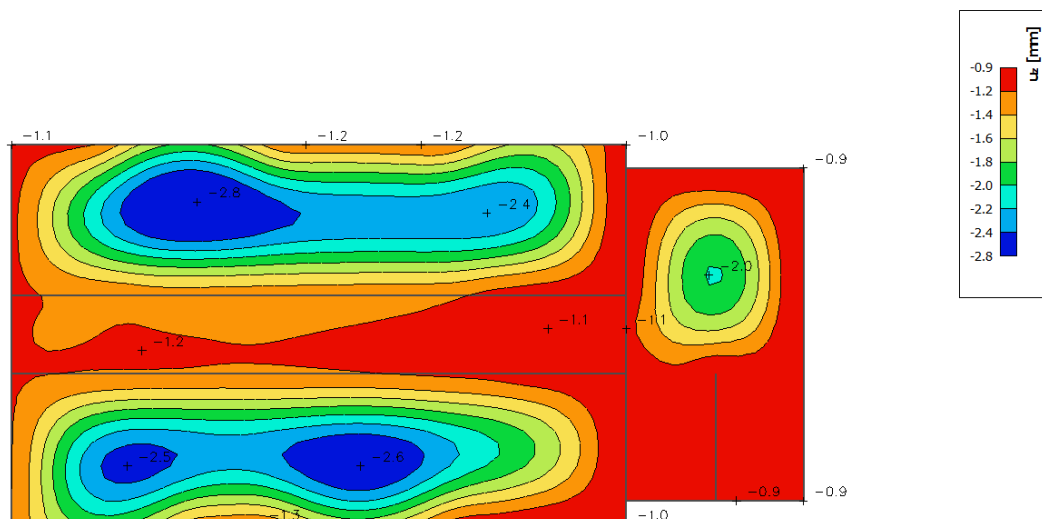
Combination: GSU2

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg., System:

Global



Slika 6.22 Progib ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

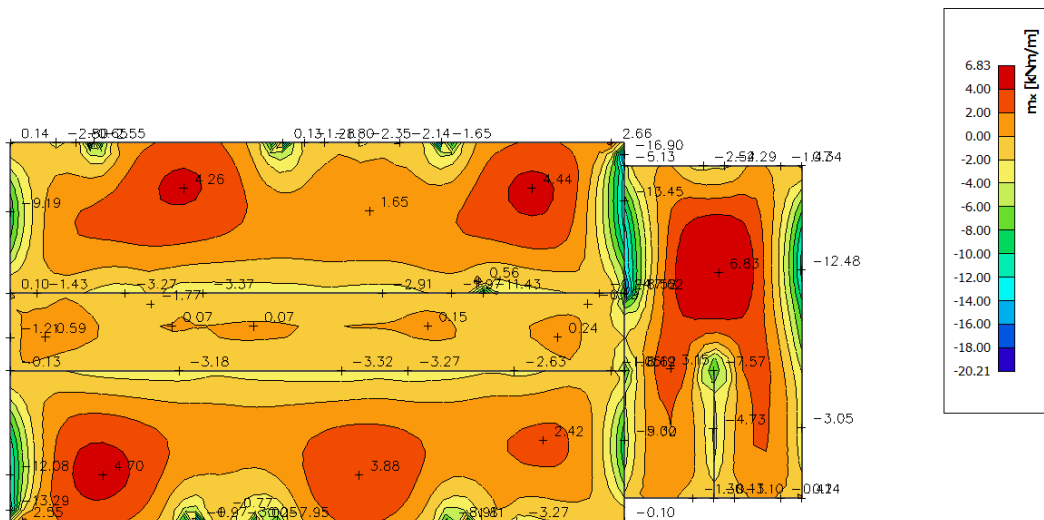
Najveći progib iznosa je  $2.8 - 0.9 = 1.9$  mm.

Dozvoljen progib  $L/1000 = 5150/1000 = 5.15$  mm

Krovna ploča zadovoljava na progibe.

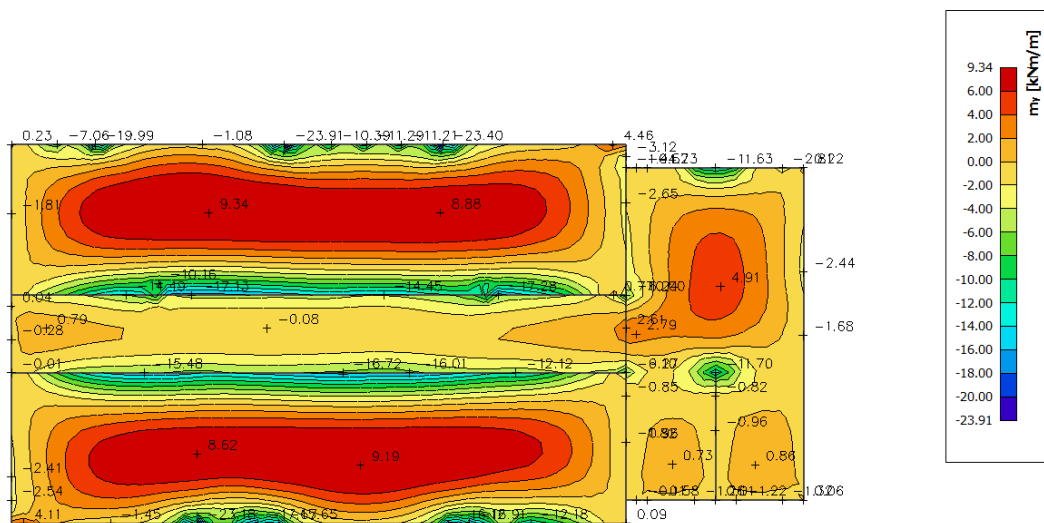
### 6.2.3. Kontrola pukotina

**2D internal forces**  
 Values:  $m_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.23 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSU-1

**2D internal forces**  
 Values:  $m_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 6.24 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSU-1

Mjerodavni moment  $M = 9.34 \text{ kNm/m}$

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{7 \cdot 3.35}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15.5}{7 \cdot 3.35}} \right) = 2.47 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{934}{\left(15.5 - \frac{2.47}{3}\right) \cdot 3.35} = 19.16 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 191.6 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$

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

$E_{cm} = 32.0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 7$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.35}{100 \cdot (2.5 \cdot 3.0)} = 0.0045$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{191.6 - 0.4 \frac{2.6}{0.0045} (1 + 7 \cdot 0.0045)}{210000} \geq 0.6 \cdot \frac{191.6}{210000}$$

$$-0.00022 \geq 0.00055$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00055$$

Srednji razmak pukotina:

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

$\emptyset = 8.0 \text{ mm}$  –

$c = 30 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  – Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{8}{0.0045} = 404 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 404 \cdot 0.00055 = 0.22 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

Pukotine zadovoljavaju!

## 7. PRORAČUN AB GREDA

Limitirajući moment:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{sd,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} = 0.159 \cdot 0.25 \cdot 0.75^2 \cdot 16.70 \cdot 1000 = 373,4 \text{ kNm}$$

Minimalna i maksimalna armatura za grede:

$$A_{s,min}^{polje} = 0.0015 \cdot b_w \cdot d = 0.0015 \cdot 25 \cdot 75 = 2.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min}^{ležaj} = 0.0015 \cdot b_{eff} \cdot d = 0.0015 \cdot 135 \cdot 75 = 15.19 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max}^{polje} = 0.31 \cdot b_w \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.31 \cdot 25 \cdot 75 \cdot \frac{16.70}{434.80} = 22.32 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max}^{ležaj} = 0.85 \cdot b_{eff} \cdot h_f \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.85 \cdot 135 \cdot 78 \cdot \frac{16.70}{434.80} = 366.69 \text{ cm}^2$$

### 7.1. Međukatna greda

#### 7.1.1. Prikaz rezultata proračuna

##### 1D internal forces

Values:  $M_y$

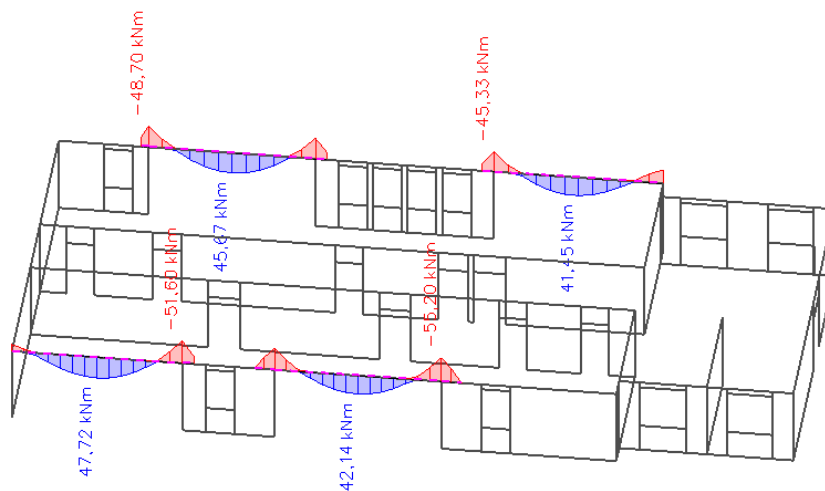
Linear calculation

Combination: GSN

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



Slika 7.1 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN

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

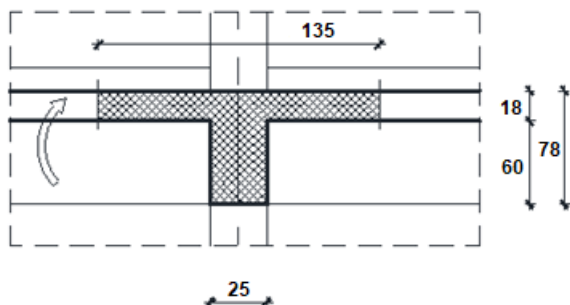
$$M_{max}^{polje} = 47.72 \cdot 1.30 = 62.04 \text{ kNm}$$

$$M_{max}^{ležaj} = 55,2 \cdot 0.85 = 46.92 \text{ kNm}$$

### 7.1.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

#### Polje:

Utjecajna širina:  $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \rightarrow b_{eff} = 25 + \frac{0.85 \cdot 648}{5} = 135 \text{ cm}$



$M_{Ed} = 62.04 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{62.04 \cdot 100}{135 \cdot 75^2 \cdot 1.67} = 0.005$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0.4$   $\xi = 0.038$   $\zeta = 0.987$

$$x = \xi \cdot d = 0.038 \cdot 75 = 2.85 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{62.04 \cdot 100}{0.987 \cdot 75 \cdot 43.48} = 1.92 \text{ cm}^2$$

Izračunata armatura u polju je manja od minimalne zadane uvjetom, stoga usvajamo potrebnu površinu armature koja je iznad minimalnih  $2.8 \text{ cm}^2$ .

Odabrano  $2\emptyset 14$  ( $A_s = 3.08 \text{ cm}^2$ )

#### Ležaj:

$M_{Ed} = 46.92 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{46.92 \cdot 100}{25 \cdot 75^2 \cdot 1.67} = 0.019$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$   $\xi = 0.074$   $\zeta = 0.974$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{46.92 \cdot 100}{0.974 \cdot 75 \cdot 43.48} = 1.48 \text{ cm}^2$$

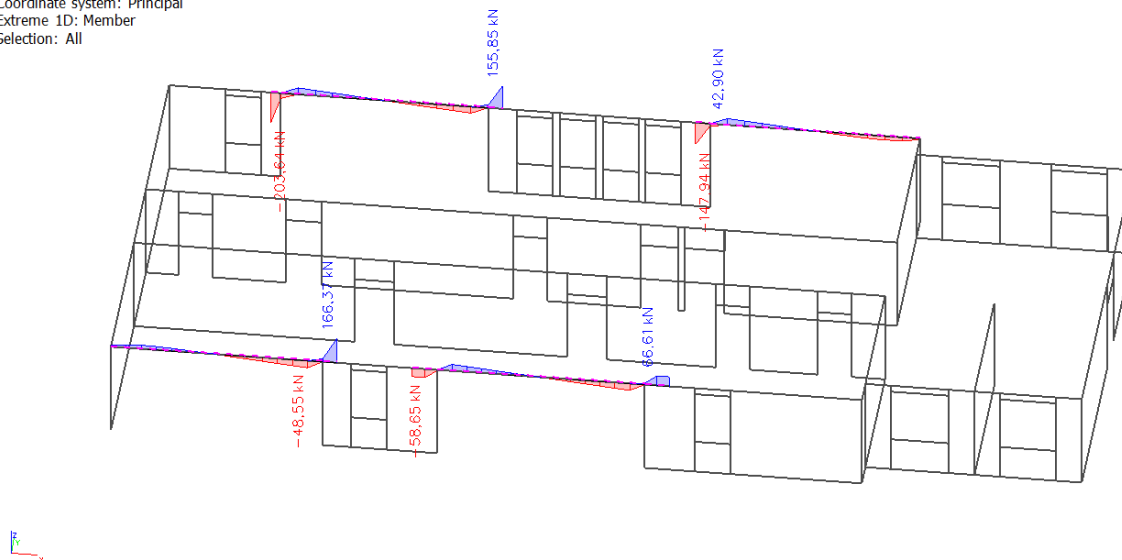
Izračunata armatura na ležaju je manja od minimalne zadane uvjetom, stoga usvajamo potrebnu površinu armature koja je iznad minimalnih  $15.19 \text{ cm}^2$ .

Odabrano  $5\emptyset 22$  ( $A_s = 19.01 \text{ cm}^2$ )

### 7.1.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

#### 1D internal forces

Values:  $V_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



Slika 7.2 Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  (kN/m) za GSN

$$V_{Ed} = 203.64 \text{ kN}$$

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1.52 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.52$$

$$k = 0.15$$

$$\vartheta_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{22.09}{25 \cdot 60} = 0.015$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.52 \cdot (100 \cdot 0.015 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 250 \cdot 750$$

$$V_{Rd,c} = 114.5 \text{ kN/m}$$



$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.52^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.328$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0.328 \cdot 250 \cdot 750 = 61.5 \text{ kN/m}$$

Uvjet je zadovoljen.

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 203.64 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{25}{250} \right] = 0.54$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.54 \cdot 250 \cdot 750 \cdot 16.67 = 843.92 > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{203.64}{843.92} \approx 0.24 \rightarrow V_{Ed} = 0.24 V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d ; 30.0 \text{ cm}\} =$$

$$\min\{0.75 \cdot 75 = 56.25, 30.0\} \rightarrow s_{max} = 30.0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.0009$$

Potrebna računaska armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0009 \cdot 30.00 \cdot 25.00}{2} = 0.34 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone:  $\emptyset 8/20$  ( $A_{sw} = 0.50 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B 500B \rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.5}{30} \cdot (0.9 \cdot 75) \cdot 43.48 \cdot 2 = 97.83 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 43.48 \cdot (0.9 \cdot 75)}{203.64} = 14.4 \text{ cm}$$

Postaviti spone  $\emptyset 8/15$  ( $A_{sw} = 0.5 \text{ cm}^2$ )

### 7.1.4. Kontrola progiba



Slika 7.3 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

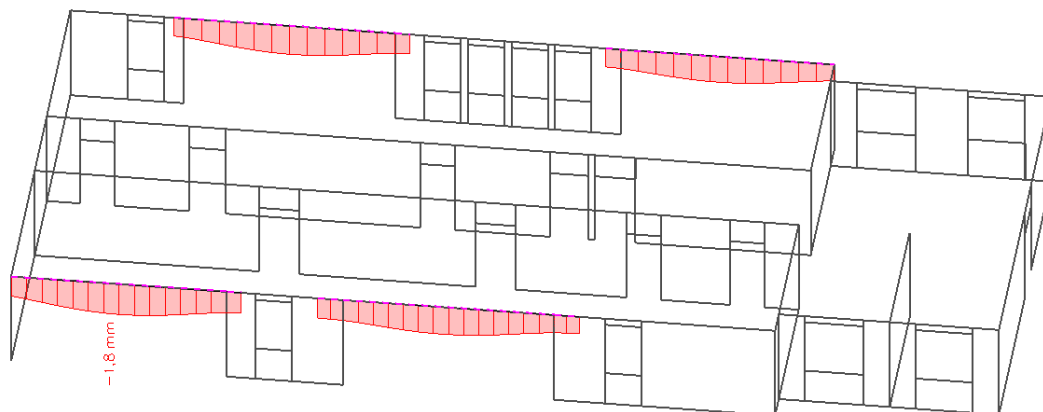
$w_{max}$  – ukupni progib

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 sklopu proračuna za granično stanje nosivosti)	L/400	L/500
Kada $w_{max}$ može narušiti izgled zgrade	L/250	-

Tablica 7.1 Ograničenje vertikalnih progiba za karakterističnu kombinaciju

#### 1D deformations

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



Slika 7.4 Progib grede (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je  $1.8 - 1.0 = 0.8$  mm.

Dozvoljen progib  $L/1000 = 650/1000 = 6.5$  mm.

Međukatna greda zadovoljava na progibe.

### 7.1.5. Kontrola pukotina

#### 1D internal forces

Values:  $M_y$

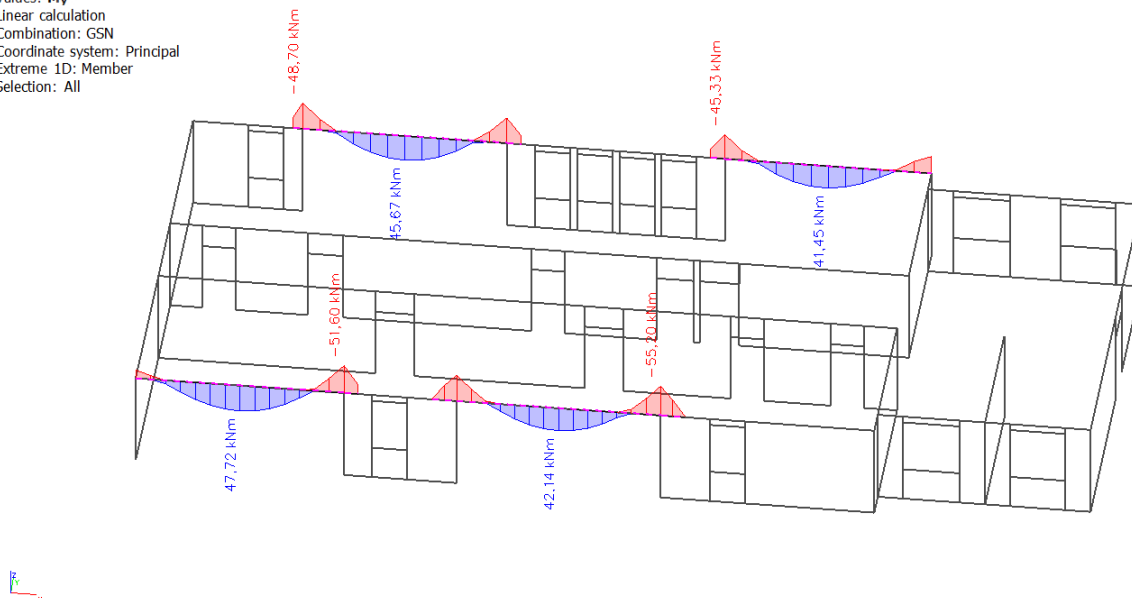
Linear calculation

Combination: GSN

Coordinate system: Principal

Extreme 1D: Member

Selection: All



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

$$M_{\max} = 47.72 \text{ kNm}$$

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{7 \cdot 3.08}{25} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 25 \cdot 75}{7 \cdot 3.08}} \right) = 10.54 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{4772}{\left(75 - \frac{10.54}{3}\right) \cdot 3.08} = 21.67 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 216.7 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$

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

$E_{cm} = 32.0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 7 \text{ – Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{3.08}{25 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.016$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{216.7 - 0.4 \cdot \frac{2.6}{0.016} (1 + 3.08 \cdot 0.016)}{210000} \geq 0.6 \cdot \frac{216.7}{210000}$$

$$0.0007 \geq 0.0006$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.0006$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]}$$

$$\emptyset = 18.0 \text{ mm}$$

$c = 30 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  – Savijanje

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{18}{0.051} = 162.00 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

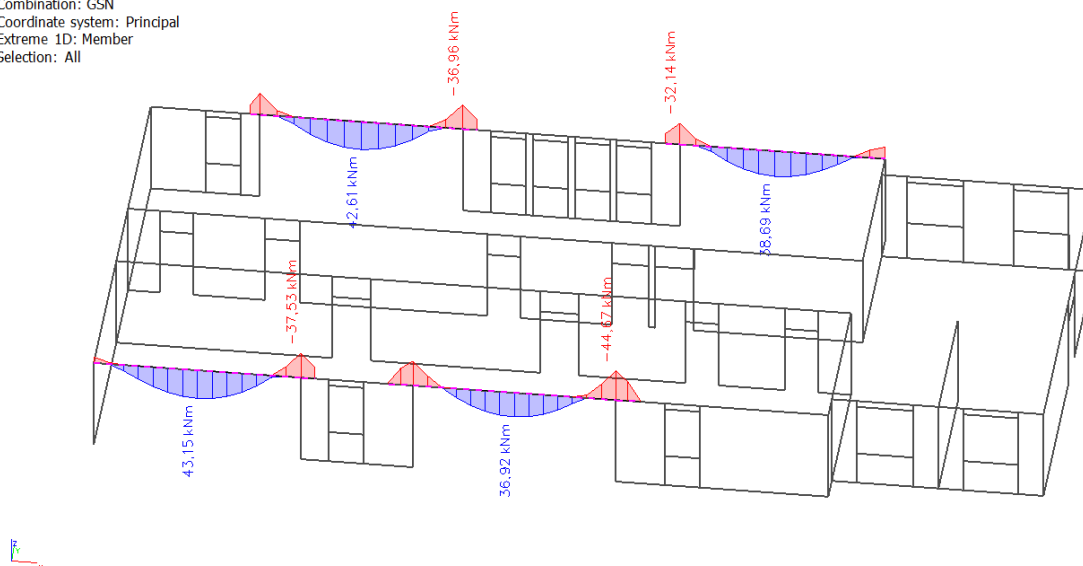
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 162.00 \cdot 0.0006 = 0.1 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

Pukotine zadovoljavaju!

## 7.2. Krovna greda

### 7.2.1. Prikaz rezultata proračuna

1D internal forces  
 Values:  $M_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



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

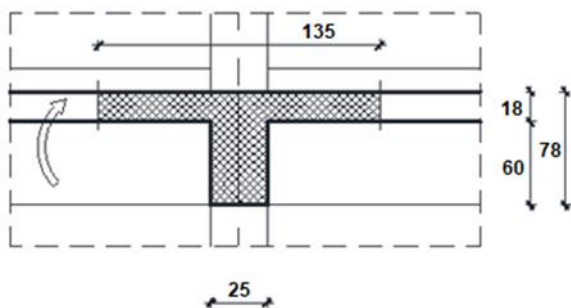
$$M_{max}^{polje} = 43.15 \cdot 1.30 = 56.1 \text{ kNm}$$

$$M_{max}^{ležaj} = 44.67 \cdot 0.85 = 37.97 \text{ kNm}$$

## 7.2.2. Dimenzioniranje na moment savijanja

### Polje:

Utjecajna širina:  $b_{eff} = b_0 + \frac{l_0}{5} \leq e \rightarrow b_{eff} = 25 + \frac{0.85 \cdot 650}{5} = 135 \text{ cm}$



$M_{Ed} = 56.1 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{56.1 \cdot 100}{135 \cdot 75^2 \cdot 1.67} = 0.004$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0.4$   $\xi = 0.038$   $\zeta = 0.987$

$$x = \xi \cdot d = 0.038 \cdot 75 = 2.85 \text{ cm} < h_{pl}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{56.1 \cdot 100}{0.987 \cdot 75 \cdot 43.48} = 1.74 \text{ cm}^2$$

Izračunata armatura u polju je manja od minimalne zadane uvjetom, stoga usvajamo potrebnu površinu armature koja je iznad minimalnih  $2.8 \text{ cm}^2$ .

Odabrano  $2\emptyset 14$  ( $A_s = 3.08 \text{ cm}^2$ )

### Ležaj:

$M_{Ed} = 37.97 \text{ kNm}$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{37.97 \cdot 100}{25 \cdot 75^2 \cdot 1.67} = 0.016$$

Očitano:  $\varepsilon_{s1} = 10.0 \text{ ‰}$   $\varepsilon_{c2} = 0.8 \text{ ‰}$   $\xi = 0.074$   $\zeta = 0.974$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{37.97 \cdot 100}{0.974 \cdot 75 \cdot 43.48} = 1.57 \text{ cm}^2$$

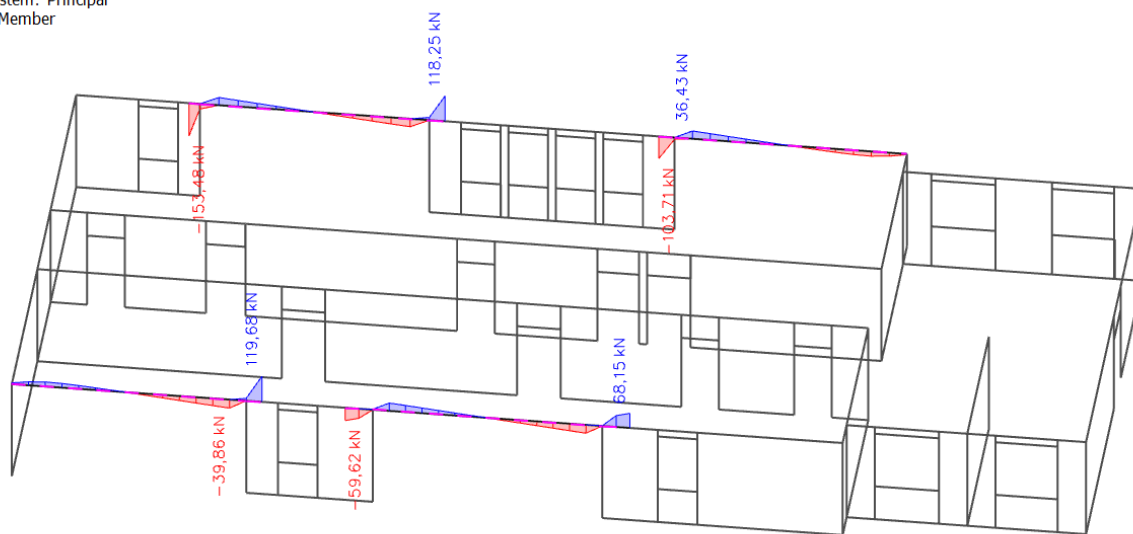
Izračunata armatura na ležaju je manja od minimalne zadane uvjetom, stoga usvajamo potrebnu površinu armature koja je iznad minimalnih  $15.19 \text{ cm}^2$ .

Odabrano  $5\emptyset 22$  ( $A_s = 19.01 \text{ cm}^2$ )

### 7.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

#### 1D internal forces

Values:  $V_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



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

$$V_{Ed} = 153.48 \text{ kN}$$

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

$$k = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.0 + \sqrt{\frac{200}{750}} = 1.52 \leq 2.0 \rightarrow k = 1.52$$

$$k = 0.15$$

$$\vartheta_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = 0.0$$

$$C_{Rdc} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{22.09}{25 \cdot 60} = 0.015$$

$$V_{Rd,c} = \left[ 0.12 \cdot 1.52 \cdot (100 \cdot 0.015 \cdot 25)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.0 \right] \cdot 250 \cdot 750$$

$$V_{Rd,c} = 114.5 \text{ kN/m}$$

$V_{Rd,c}$  mora biti veći od:

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

$$k = 0.15$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.52^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.328$$

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

$$V_{Rd,c} \geq 0.328 \cdot 250 \cdot 750 = 61.5 \text{ kN/m}$$

Uvjet je zadovoljen.

$$V_{Ed,max} = V_{Ed} = 153.48 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd}$$

$$v = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] = 0.6 \left[ 1.0 - \frac{25}{250} \right] = 0.54$$

$$V_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.54 \cdot 250 \cdot 750 \cdot 16.67 = 843.92 > V_{Ed,max} = V_{Ed}$$

$$\frac{V_{Ed,max}}{V_{Rd,max}} = \frac{203.64}{843.92} \approx 0.24 \rightarrow V_{Ed} = 0.24 V_{Rd,max}$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d ; 30.0 \text{ cm}\} =$$

$$\min\{0.75 \cdot 75 = 56.25, 30.0\} \rightarrow s_{max} = 30.0 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0.0009$$

Potrebna računaska armatura!

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} = \frac{0.0009 \cdot 30.00 \cdot 25.00}{2} = 0.34 \text{ cm}^2$$

Odabrane minimalne spone:  $\emptyset 8/20$  ( $A_{sw} = 0.50 \text{ cm}^2$ )

$$f_{ywd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; B 500B \rightarrow f_{ywd} = \frac{500}{1.15} = 434.8 \text{ MPa} = 43.48 \text{ kN/cm}^2$$

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

$$V_{Rd,s} = \frac{0.5}{30} \cdot (0.9 \cdot 75) \cdot 43.48 \cdot 2 = 97.83 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} > V_{Rd}$$

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_w \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yw,d} \cdot z}{V_{Ed}} = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 43.48 \cdot (0.9 \cdot 75)}{203.64} = 14.4 \text{ cm}$$

Postaviti spone  $\emptyset 8/15$  ( $A_{sw} = 0.5 \text{ cm}^2$ )



## 7.2.4. Kontrola progiba

### 1D deformations

Values:  $u_z$

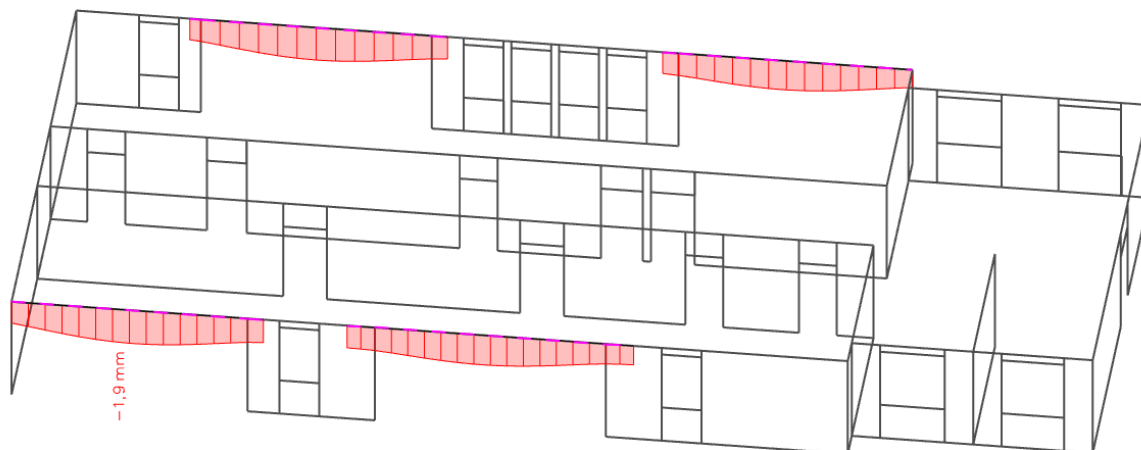
Linear calculation

Combination: GSU1

Coordinate system: Global

Extreme 1D: Global

Selection: All



Slika 7.8 Progib grede (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je  $1.9 - 1.0 = 0.9$  mm.

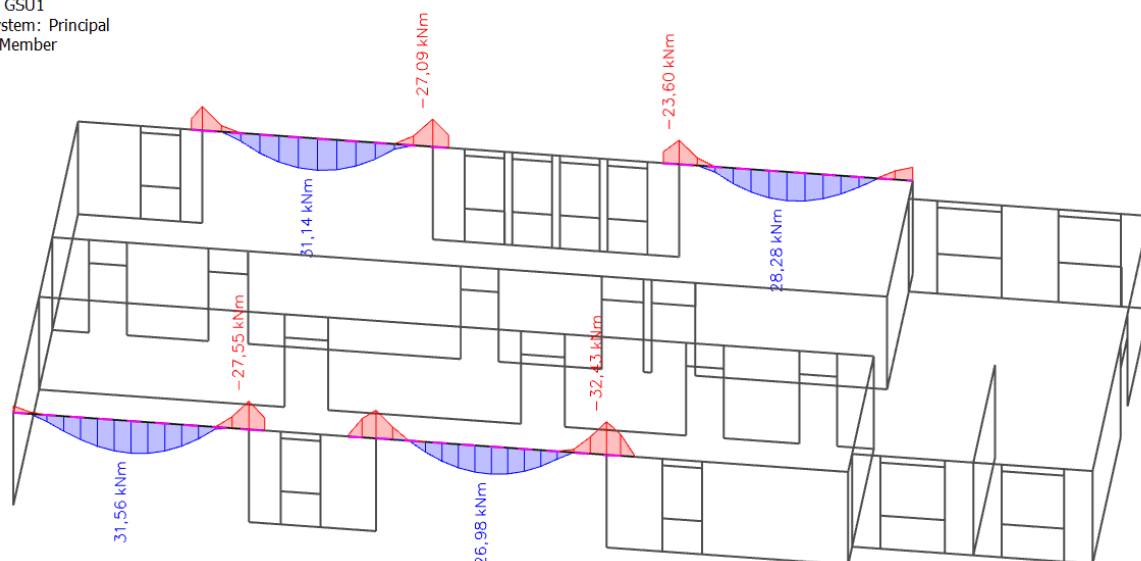
Dozvoljen progib  $L/1000 = 650/1000 = 6.5$  mm.

Krovna greda zadovoljava na progibe.

## 7.2.5. Kontrola pukotina

### 1D internal forces

Values:  $M_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU1  
 Coordinate system: Principal  
 Extreme 1D: Member  
 Selection: All



Slika 7.9 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm) za GSU-1

$$M_{\max} = 31.56 \text{ kNm}$$

Prognozna širina pukotine:

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

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

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

$$x = \frac{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{\varepsilon 1} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{6.25 \cdot 12.57}{40} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 40 \cdot 57}{6.25 \cdot 12.57}} \right) = 13.13 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} = \frac{14713}{\left(57 - \frac{13.13}{3}\right) \cdot 12.57} = 22.24 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 222.40 \text{ MPa}$$

Za C 25/30  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2.6 \text{ MPa}$

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

$E_{cm} = 32.0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 200.0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 7 \text{ – Odnos modula elastičnosti}$$

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{12.57}{40 \cdot (2.5 \cdot 3)} = 0.042$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{222.40 - 0.4 \cdot \frac{2.9}{0.042} (1 + 12.57 \cdot 0.042)}{200000} \geq 0.6 \cdot \frac{222.40}{200000}$$

$$-0.009 \geq 0.00067$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.00067$$

Srednji razmak pukotina:

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

$$\emptyset = 20.0 \text{ mm}$$

$c = 40 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0.8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0.5$  – Savijanje

$k_3 = 3.4$

$k_4 = 0.425$

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot 40 + 0.8 \cdot 0.5 \cdot 0.425 \cdot \frac{20}{0.042} = 216.95 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 222.40 \cdot 0.00067 = 0.15 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

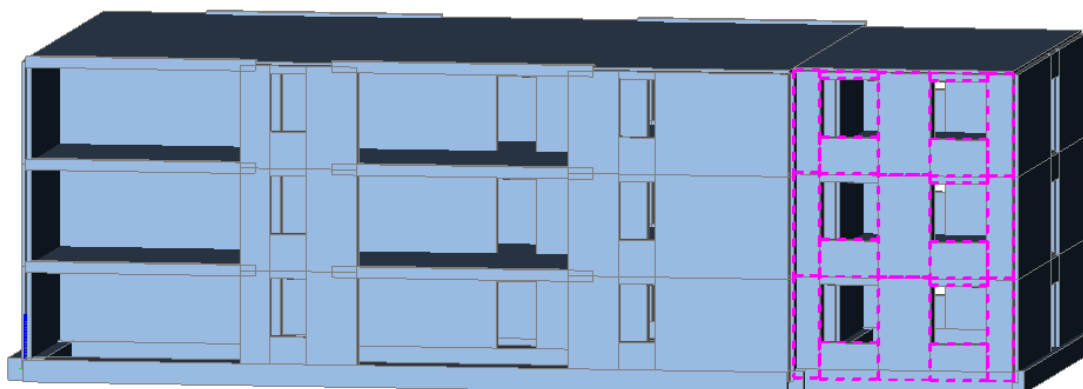
Pukotine zadovoljavaju!

## 8. PRORAČUN ZIDOVA

### 8.1. Opći uvjeti

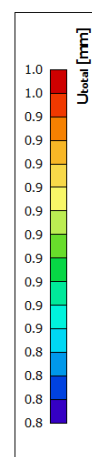
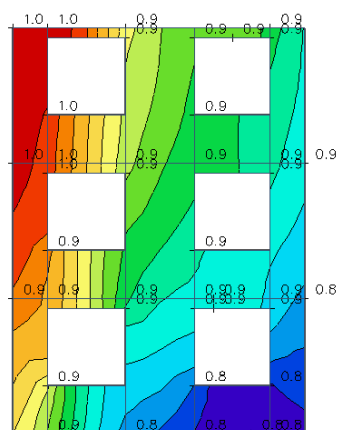
- Minimalna debljina:  $b_{wo} \geq \max \{0.15 \text{ m}, h_s/20\}$ , ( $h_s$ =svijetla katna visina)
- Ograničenje naprezanja u betonu (srednjeg tlačnog naprezanja) je:  
 $v_d = N_{Ed}/A_c f_{cd} \leq 0.40$  (klasa DCM), odnosno  $\sigma_{c,Rd} \leq 0.40 \cdot f_{cd}$   
 $N_{Ed}$  = uzdužna sila u proračunu potresne proračunske situacije  
 seizmička kombinacija za C25/30:  $\sigma_{c,Rd,E} \leq 0.40 \cdot (25/1.5) = 6.7 \text{ MPa}$
- Kritično područje:  
 $\min \{2L_w, h_s\} \geq h_{cr} \geq \max \{L_w, h_w/6\}$ , ( $L_w$ =duljina zida,  $h_w$ =ukupna visina zida,  $h_s$ =svijetla katna visina)
- Minimalno armiranje:
  - na krajevima zida:
    - vertikalno:  $\rho_{min} = 0.5\%$  od površine  $A_c = L_c \cdot b_w$  ( $L_c = \max \{0.15 L_w, 1.5 b_w\}$ )
    - spone: min  $\phi 6$ ; max. razmak:  $\min \{8d_{bL}, b_o/2, 175 \text{ mm}\}$  ( $d_{bL}$ =promjer vert. šipki;  $b_o$ =širina jezgre)
  - ostali dio zida:
    - vertikalno:  $\rho_{min} = 0.2\%$
    - horizontalno:  $\rho_{min} = 0.2\%$
    - spone: min  $4\phi 6/m^2$
- Lagano armirani zidovi  $L_w \geq \min \{4 \text{ m}, 2/3 h_w\}$
- Najmanji omjer poprečne armature  $\rho_{w,min}$  velikih slabo armiranih betonskih zidova:  $\rho_{w,min} = 0.15 \cdot (f_{ct,m}/f_{yd})$ .  
 $C 25/30$  ( $f_{ct,m} = 2.6 \text{ MPa}$ );  $B 500B$  ( $f_y = 500 \text{ MPa}$ );  $\rho_{w,min} = 0.15 \cdot (2.6/435) = 0.0009$   
 $b_w = 16 \text{ cm}$ ;  $A_{s,min} = 0.0009 \cdot 16 \cdot 100/2 = 0.72 \text{ cm}^2/m$  obostrano  
 $b_w = 20 \text{ cm}$ ;  $A_{s,min} = 0.0009 \cdot 20 \cdot 100/2 = 0.90 \text{ cm}^2/m$  obostrano  
 $b_w = 30 \text{ cm}$ ;  $A_{s,min} = 0.0009 \cdot 30 \cdot 100/2 = 1.35 \text{ cm}^2/m$  obostrano  
 $b_w = 40 \text{ cm}$ ;  $A_{s,min} = 0.0009 \cdot 40 \cdot 100/2 = 1.80 \text{ cm}^2/m$  obostrano

## 8.2. Prikaz modela i dijagrama



Slika 8.1 Položaj zida na kojem je izvršen proračun

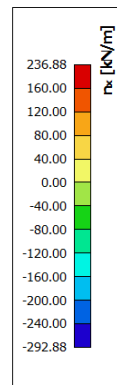
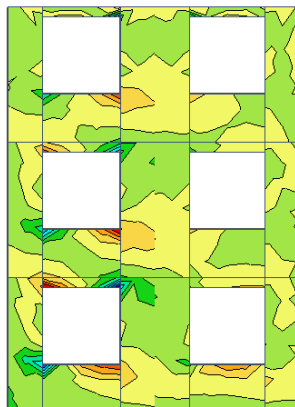
**2D displacement**  
 Values:  $U_{total}$   
 Linear calculation  
 Combination: GSU2  
 Extreme: Member  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg.. System:  
 Global



Slika 8.2 Pomaci (mm) za nazovistalnu kombinaciju GSU2

**2D internal forces**

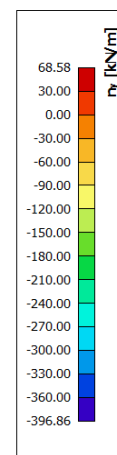
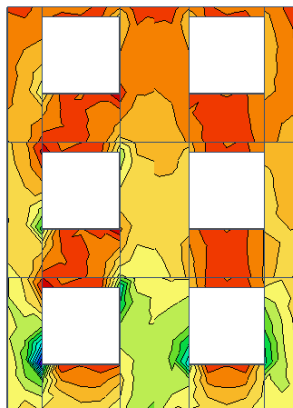
Values:  $n_x$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 8.3 Uzdužne sile smjer  $x$  u zidovima za anvelopu GSN

**2D internal forces**

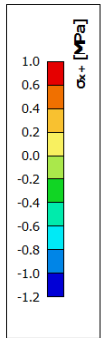
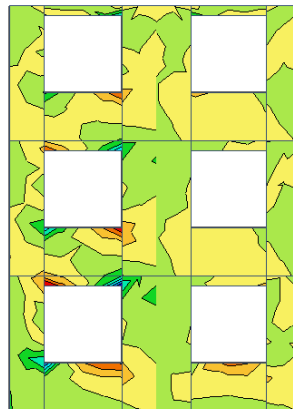
Values:  $n_y$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 8.4 Uzdužne sile smjer  $y$  u zidovima za anvelopu GSN

**2D stress/strain**

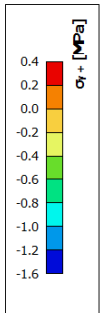
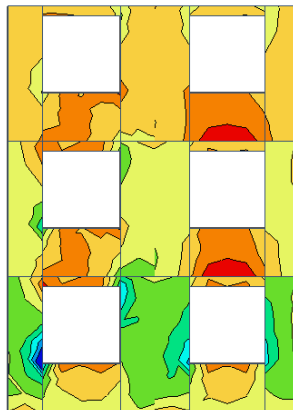
Values:  $\sigma_{x+}$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



Slika 8.5 Naprezanje  $\sigma_{x+}$  za GSN

**2D stress/strain**

Values:  $\sigma_{y+}$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Extreme: Global  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



Slika 8.6 Naprezanje  $\sigma_{y+}$  za GSN

**2D stress/strain**Values:  $\sigma_x$ 

Linear calculation

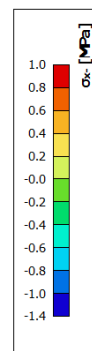
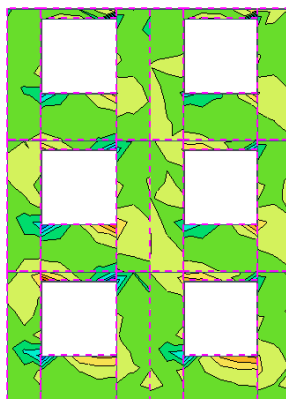
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

System: LCS mesh element

Slika 8.7 Naprezanje  $\sigma_x$  za GSN**2D stress/strain**Values:  $\sigma_y$ 

Linear calculation

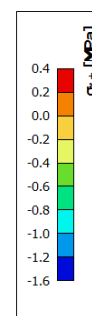
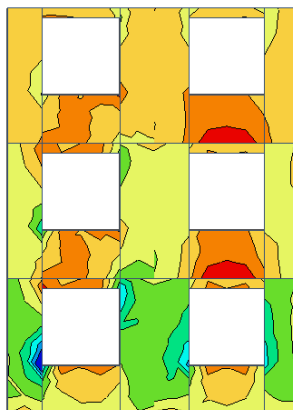
Combination: GSN

Extreme: Global

Selection: All

Location: In nodes avg. on macro.

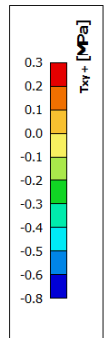
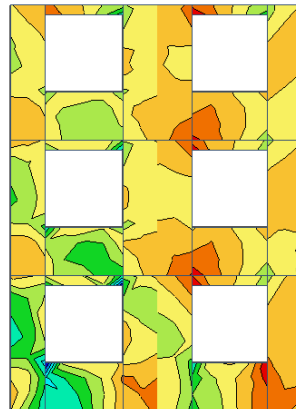
System: LCS mesh element

Slika 8.8 Naprezanje  $\sigma_y$  za GSN



**2D stress/strain**

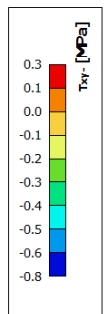
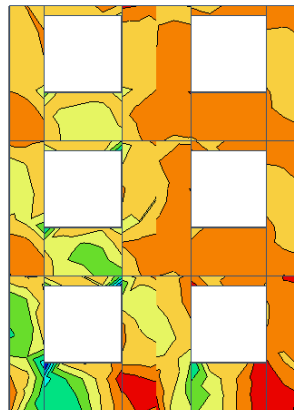
Values:  $\tau_{xy+}$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 8.9 Posmično naprežanje  $\tau_{xy+}$  za GSN

**2D stress/strain**

Values:  $\tau_{xy-}$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 Extreme: Global  
 Selection: All  
 Location: In nodes avg. on macro.  
 System: LCS mesh element



Slika 8.10 Posmično naprežanje  $\tau_{xy-}$  za GSN

## 9. PRORAČUN TEMELJA

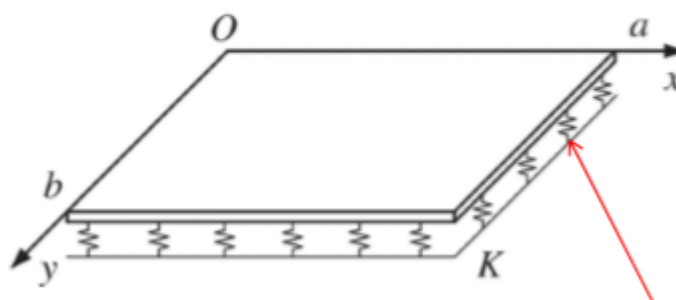
Kao što je navedeno u prethodnim poglavljima, građevina je temeljena s modelom trakastih temelja..

Osnovni problem modeliranja savitljivih konstrukcija je modeliranje međudjelovanja konstrukcija – tlo.

Rješenje savitljivih temeljnih konstrukcija analitičkom ( zatvorenom ) obliku u većini složenijih problema se rješava nekom od numeričkih metoda.

U rješavanju problema tlo se modelira na dva osnovna pristupa :

- Analiza u neprekidnoj sredini – proračun se vrši nekom od numeričkih metoda u kojoj se tlo modelira kao poluprostor. Potrebni podatci o tlu  $E$  i  $\nu$  za linearno elastičan model.
- Međudjelovanje konstrukcija – tlo se modelira Winklerovim modelom ( opruge ). Koristi se linearan model s konstantnom krutošću ili model s promjenjivom krutošću. Ovaj pristup je približan jer se zanemaruje međusobni utjecaj pomaka različitih točaka u tlu.



Slika 9.1 Međudjelovanje konstrukcija – tlo modelirano Winkler- ovim modelom

U rješavanju problema koristio se Winklerovom model temeljenja.

Winklerov prostor samo približno opisuje deformacijske osobine temeljnog tla. Stišljivo tlo zamjenjujemo sustavom elastičnih pera, tako da je pomak točke na površini Winklerovog prostora linearno proporcionalnom reaktivnom pritisku:

$$W(x) = \frac{q(x)}{K}$$

$K$  – koeficijent reakcije tla ( $\text{kN/m}^2/\text{m}'$ )

Koeficijent reakcije (odgovora) podloge – Winklerov koeficijent

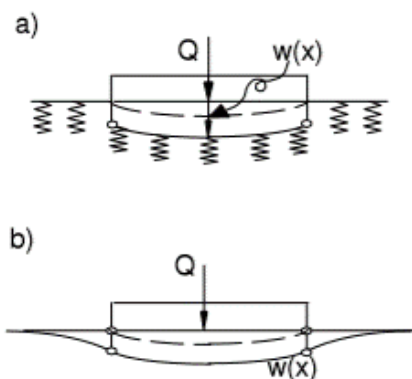
Koeficijent reakcije podloge  $K$  je odnos između dodirnog naprezanja  $q$  kojim tlo odgovara na vanjsko opterećenje i slijeganja  $w$ , koje to isto naprezanje izazove u tlu.

$$K = \frac{q}{w} \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \right]$$

Vrijednost koeficijenta  $K$  ovisi o elastičnim svojstvima podloge i o veličini opterećene površine.

$$EI \cdot \frac{d^4 w}{dx^4} + K \cdot w(x) = p(x) + g$$

Uz korištenje rubnih uvjeta ovu diferencijalnu jednadžbu je moguće riješiti u zatvorenom obliku.



Slika 9.2 Winklerov model (a) i stvarni nosač (b)

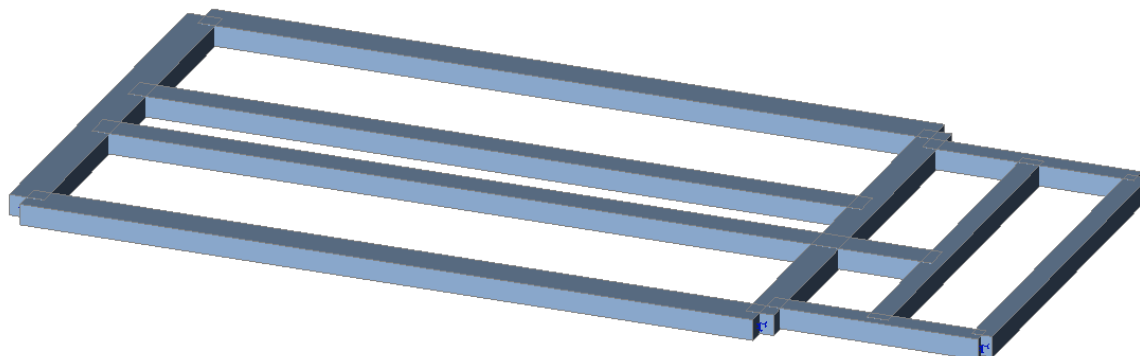
Nedostatci ovog modela :

- Opterećenje skraćuje samo ona pera na kojima gređa izravno leži ( zanemaruje se međusobni utjecaj )
- Na tlo se može prenijeti kao pritisak tako i zatezanje
- Određivanje koeficijenta reakcije tla ( $K$ ) koji ovisi o intenzitetu opterećenja, obliku i veličini opterećene plohe , krutosti gređe, svojstvima materijala gređe, svojstvima temeljnog tla ispod gređe

## 9.1. Proračun trakastih temelja

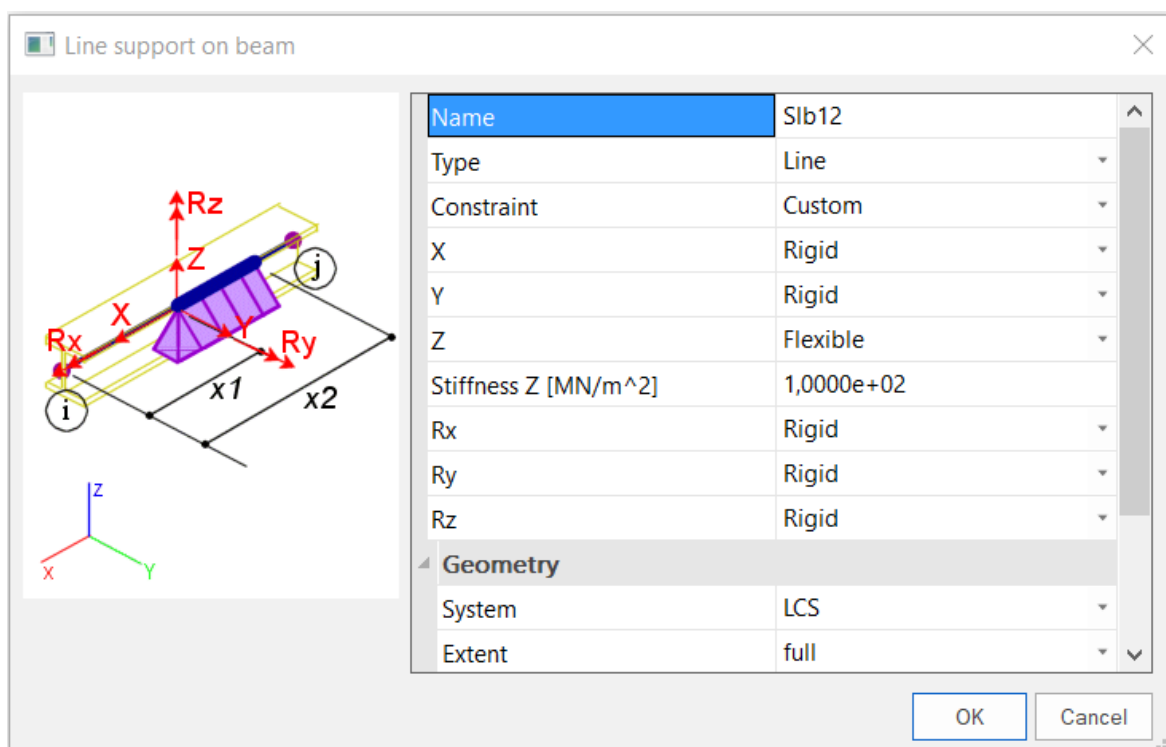
### 9.1.1. Model trakastih temelja

Temelji su modelirani kao gredni elementi, na kojima su postavljeni linijski ležajevi.



Slika 9.3 Model trakastih temelja

Kako bismo u model unijeli realnu stišljivost tla, linijske ležajeve ćemo modelirati kao fleksibilne kojima ćemo pomak u smjeru z zadati pomoću krutosti tla. Ostali pomaci i zaokreti su spriječeni.

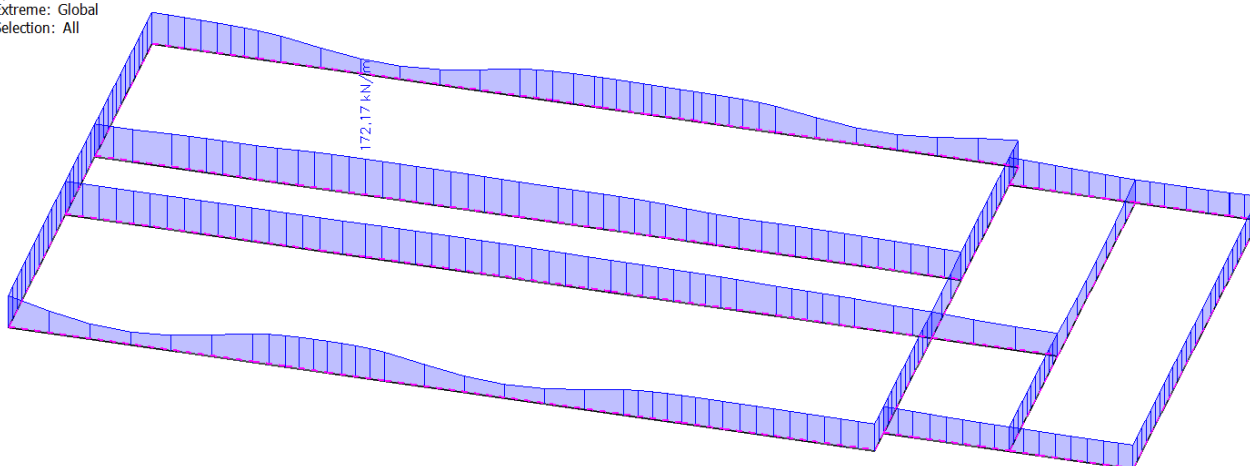


Slika 9.4 Model fleksibilnih linijskih ležajeva

### 9.1.2. Proračun širine temeljne stope

#### Reactions

Values:  $R_z$   
 Linear calculation  
 Combination: GSN  
 System: Global  
 Extreme: Global  
 Selection: All



Slika 9.5 Linijske reakcije na mjestima oslanjanja zidova na temeljne trake (Kn/m) za kombinaciju GSN-1

Cilj proračuna je dobiti približno jednak omjer računске nosivosti i nosivosti tla - u granicama od 60% do 70% iskoristivosti tla, tako da slijeganje temelja bude što ujednačenije.

Reakcije su dobivene iz programa „Scia Engineer“.

Vrijednost dopuštenog kontaktnog napreznja je  $400 \text{ kN/m}^2$ .

$$\sigma_{Ed} = F / b \text{ [kN]}$$

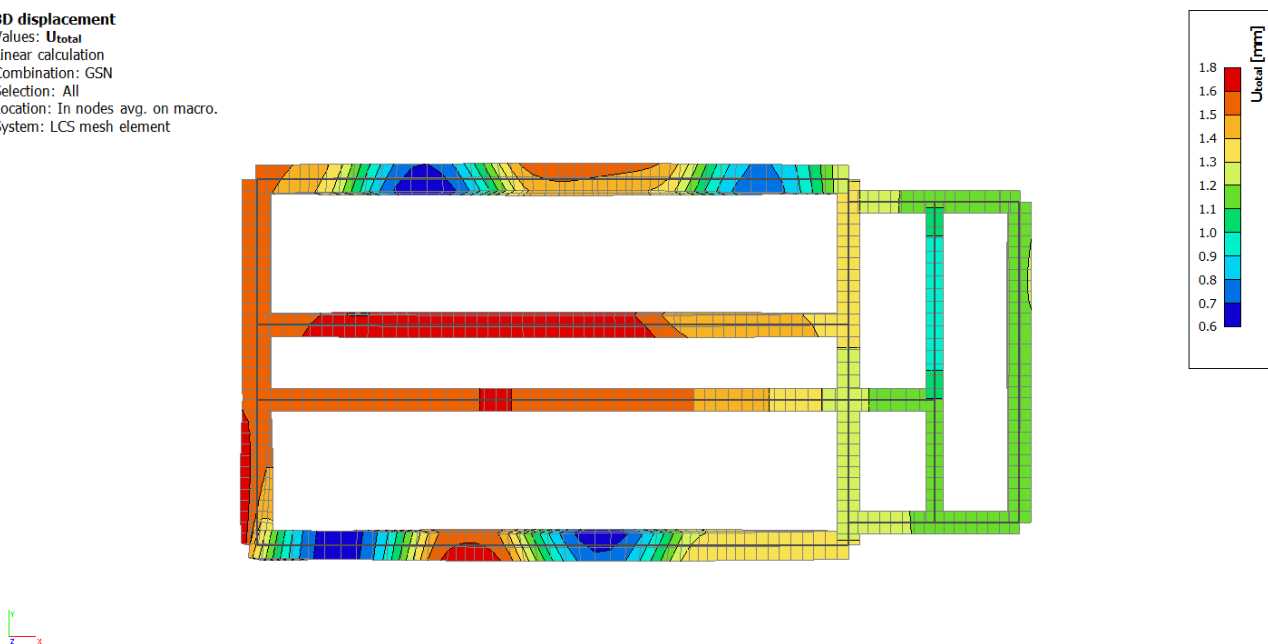
	Reakcija F[kN/m]	Nosivost tla $\sigma_{Rd}$ [kN]	Širina temeljne stope b[m]	Računska nosivost $\sigma_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{Ed}/\sigma_{Rd}$ [%]
<b>T1</b>	172,17	400,00	0,6	286,95	0,72

Napomena: Visina svih temeljnih stopa je 1 metar.

### 9.1.3. Slijeganje građevine

Iz tablice je vidljivo da su naprezanja ispod temeljnih traka približno jednaka odnosno postignuto je ravnomjerno naprezanje na kontaktu temelja i nosivog tla. Ravnomjernim naprezanjem dobiva se ravnomjerno slijeganje temeljnog tla, na taj način izbjegava se pojava diferencijalnog slijeganja.

3D displacement  
Values:  $U_{total}$   
Linear calculation  
Combination: GSN  
Selection: All  
Location: In nodes avg. on macro.  
System: LCS mesh element



Slika 9.6 Slijeganje trakastih temelja za kombinaciju GSN

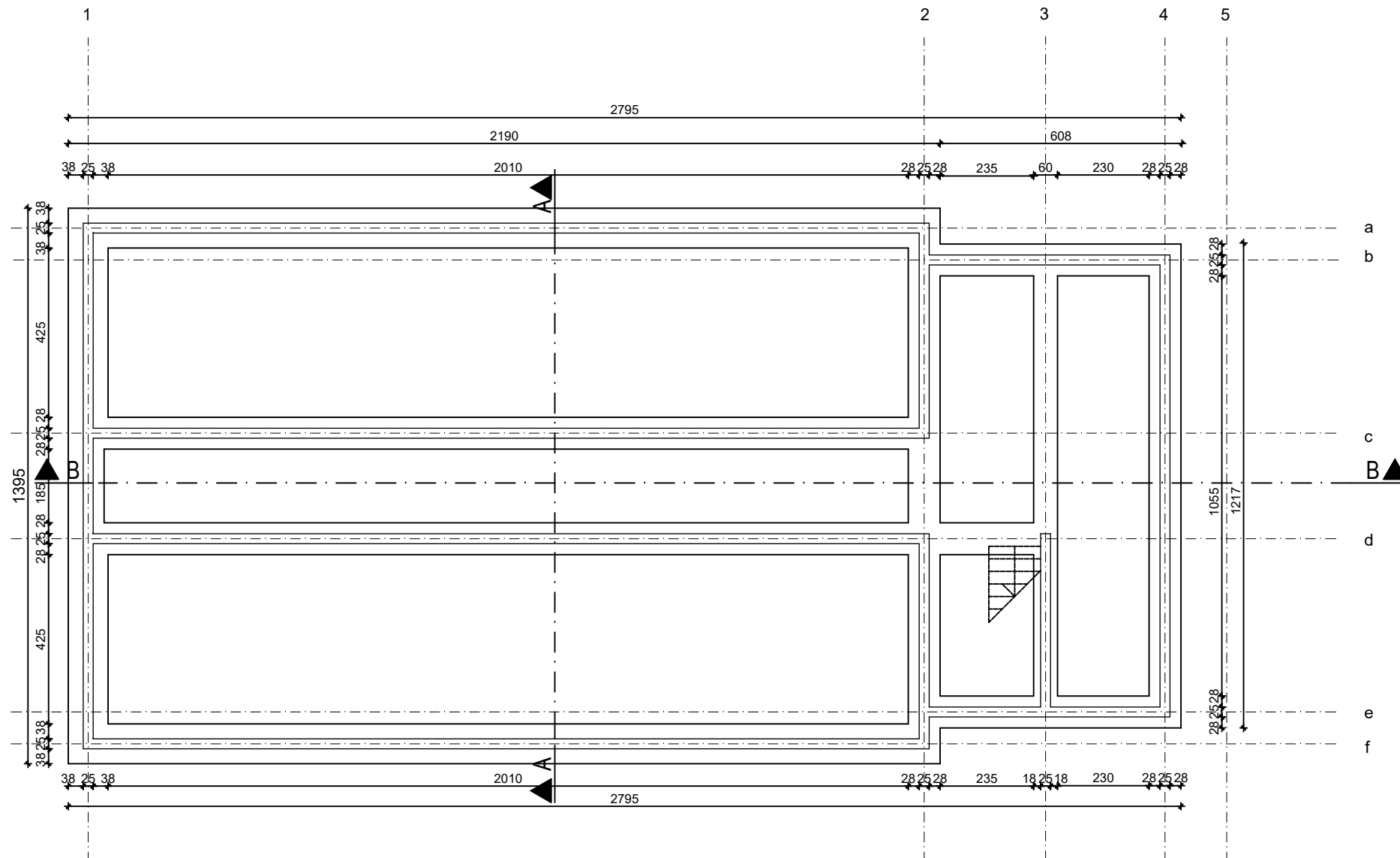
Na slici vidimo da se građevina ravnomjerno slegnula odnosno izbjegli smo pojavu diferencijalnog slijeganja.

## 10. GRAFIČKI PRILOZI

Redom su priloženi:

- Tlocrt temelja M 1:100
- Tlocrt karakteristične etaže M 1:100
- Presjek 1-1 M 1:100
- Presjek 2-2 M 1:100

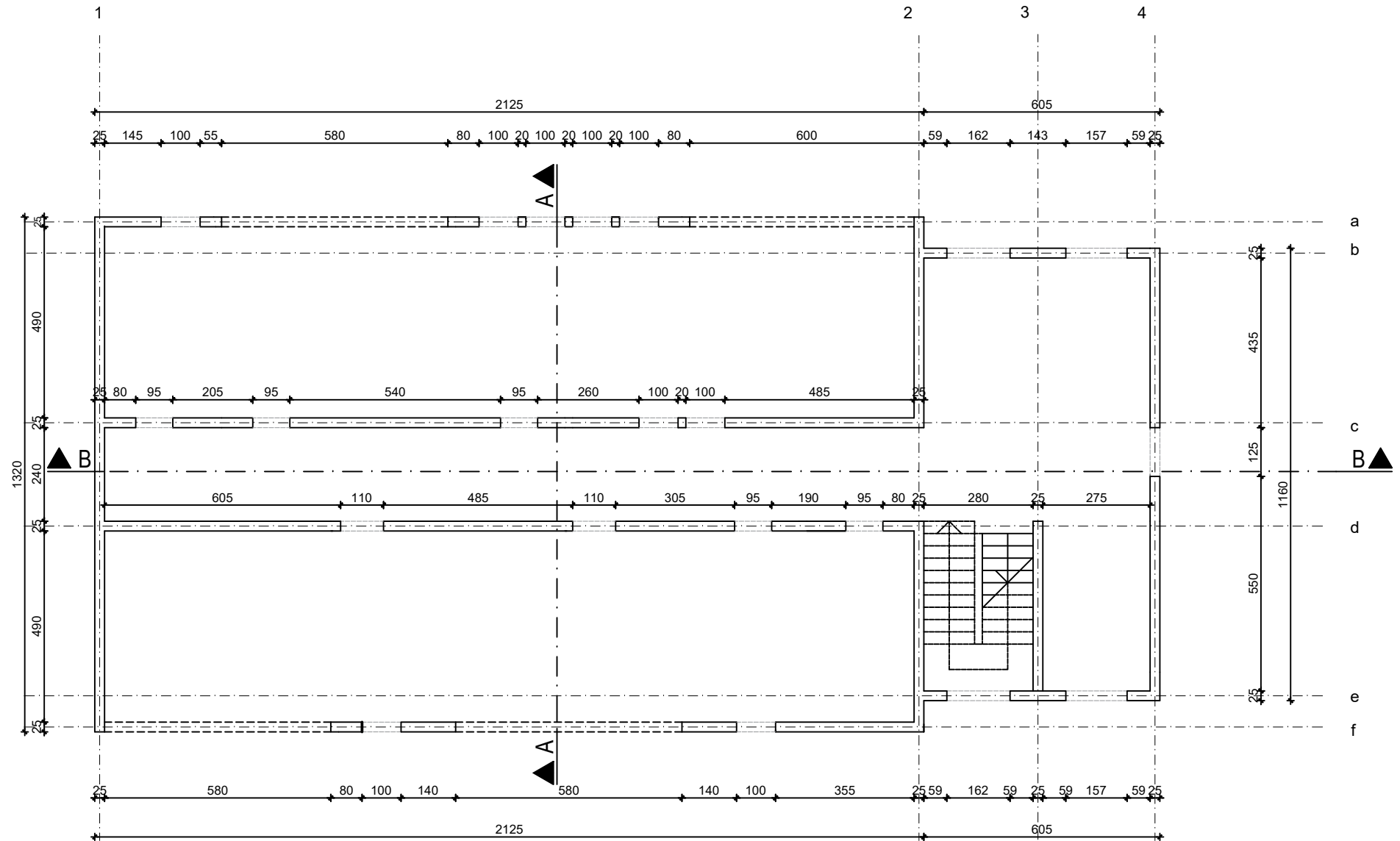
# TLOCRT TEMELJA



SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIĆA	
MJERILO 1 : 100	ZAVRŠNI RAD	STUDENT KATE TAFRA	STR 63
		SADRŽAJ TLOCRT TEMELJA	

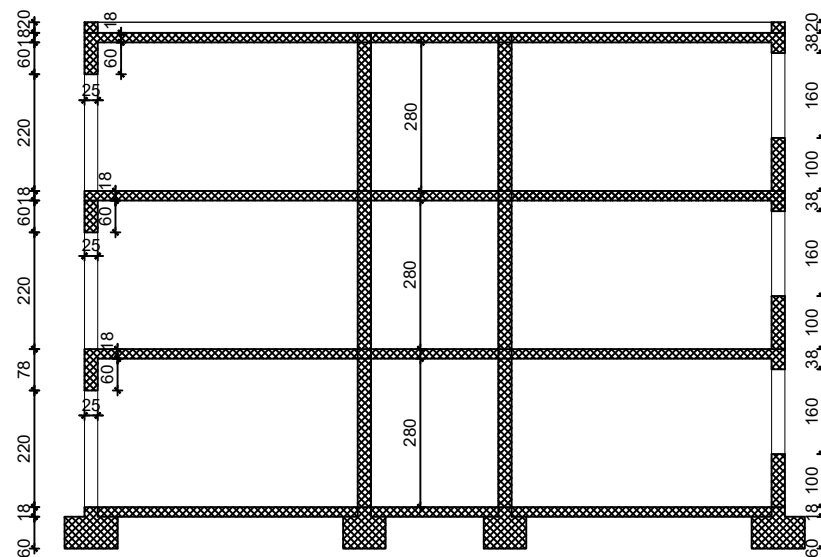


# TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE



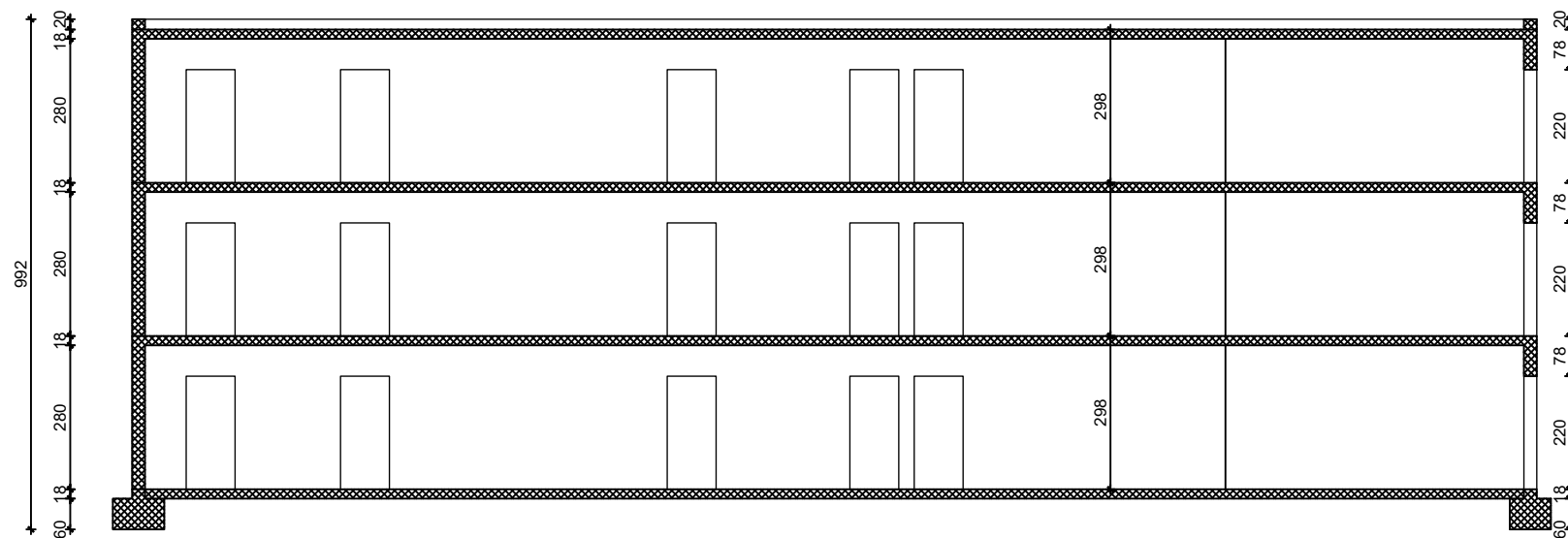
SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIĆA	
MJERILO 1 : 100	ZAVRŠNI RAD	STUDENT KATE TAFRA	STR 64
		SADRŽAJ TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE	

# PRESJEK A-A



SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIĆA	
UMJERILO 1 : 100	ZAVRŠNI RAD	STUDENT KATE TAFRA	STR 65
		SADRŽAJ PRESJEK A-A	

# PRESJEK B-B



SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE		TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIĆA	
MJERILO 1 : 100	ZAVRŠNI RAD	STUDENT KATE TAFRA	STR 66
		SADRŽAJ PRESJEK B-B	

## 11.LITERATURA

- Ante Mihanović, Boris Trogrlić, **Građevna statika I**, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2011.
- Ante Mihanović, Boris Trogrlić, **Građevna statika II**, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2011.
- Ivan Tomičić, **Betonske konstrukcije**, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb 1996.
- Jure Radnić, Alen Harapin, **Osnove betonskih konstrukcija**, interna skripta, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2015.