

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: **2025-03-10**



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

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 m².

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.

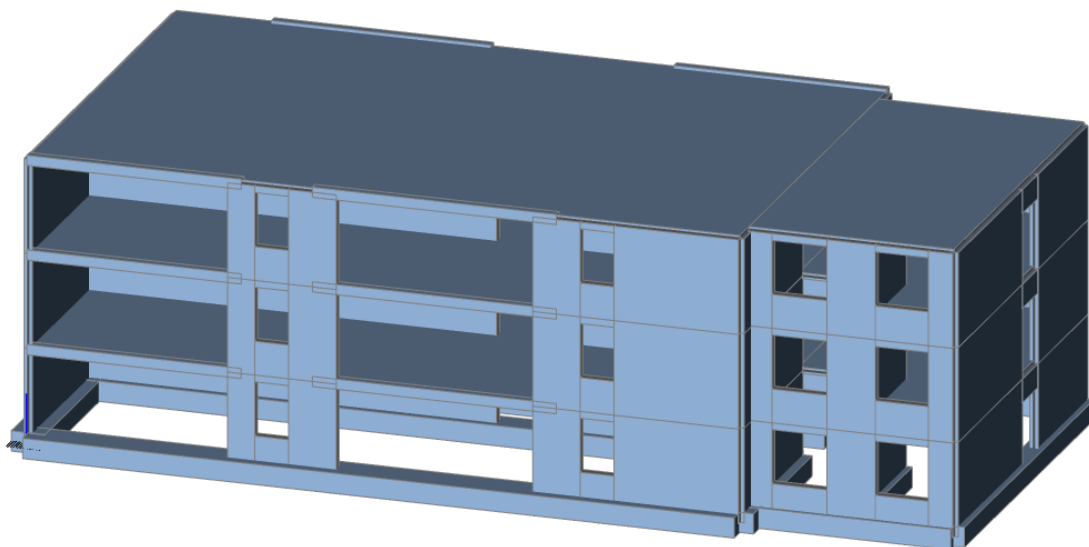
Matična stijena nalazi se na oko 85 cm od površine terena, temeljenje građevine će se izvesti na njoj. Pri završetku iskopa temeljnu plohu potrebno je ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala.

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

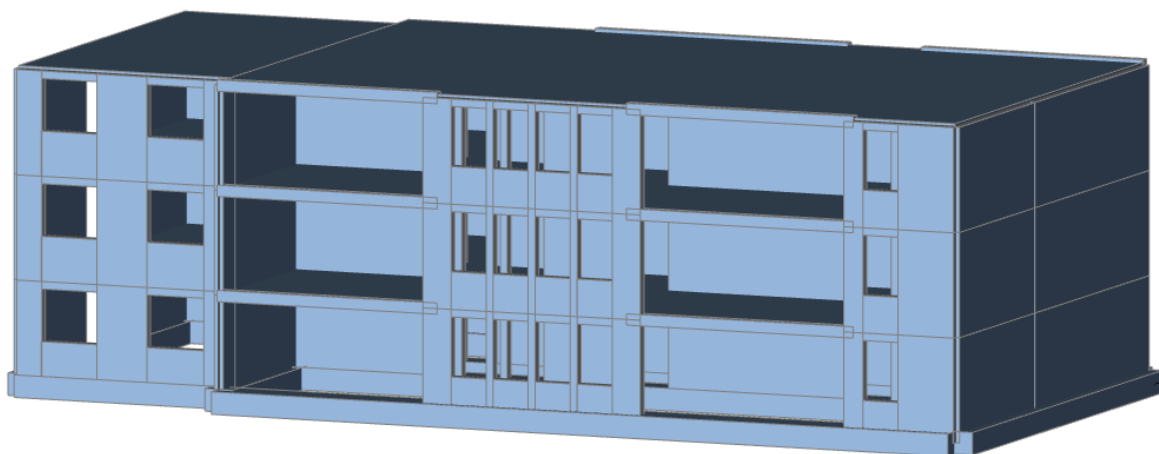
Ukoliko se naiđe na kavernu veće dubine i manje širine, a nije moguće potpuno uklanjanje materijala, sanaciju izvesti tako da se materijal ukloni do dubine 50 cm ispod kote temeljenja, a nastali prostor do projektirane kote zapuni podbetonom.

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

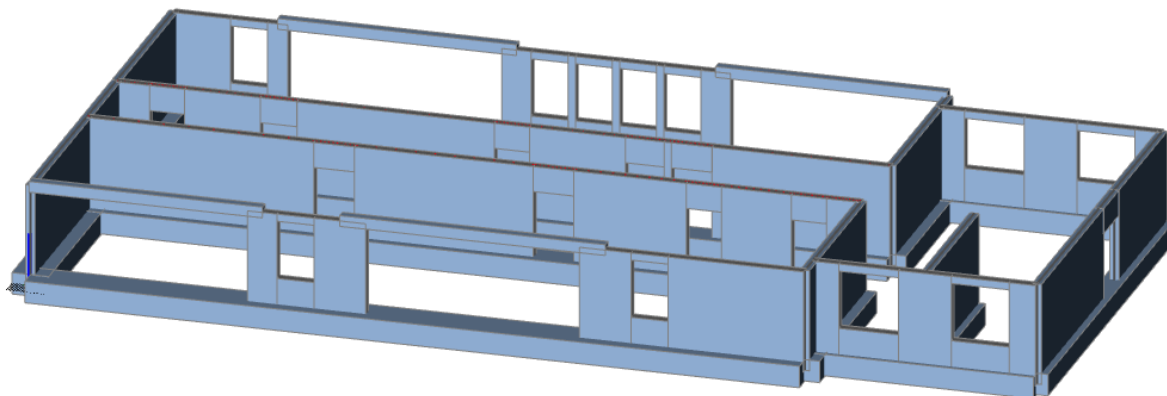
2. 3-D PRORAČUNSKI MODEL GRAĐEVINE



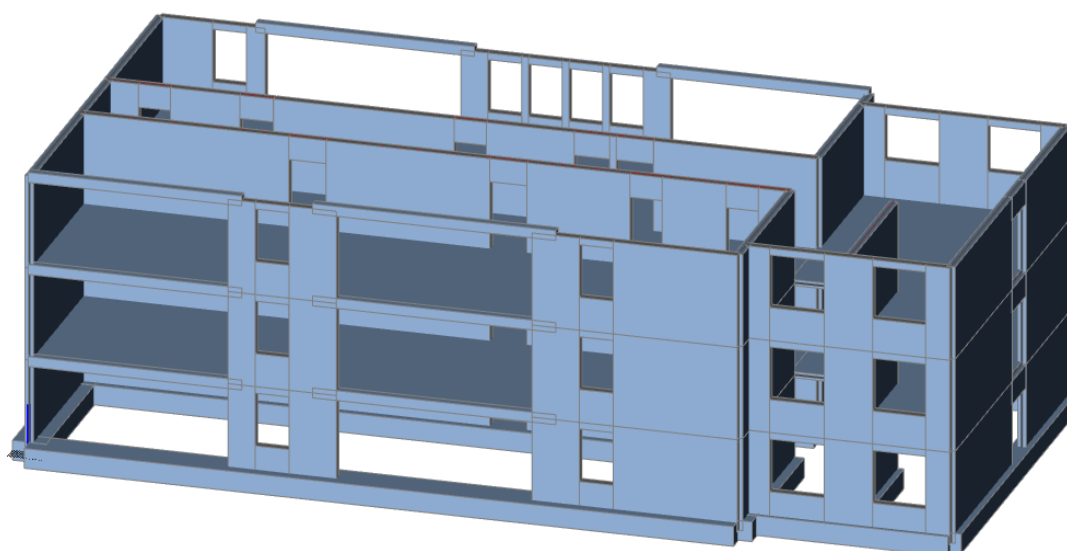
Slika 2.1 Proračunski model objekta – pogled 1



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

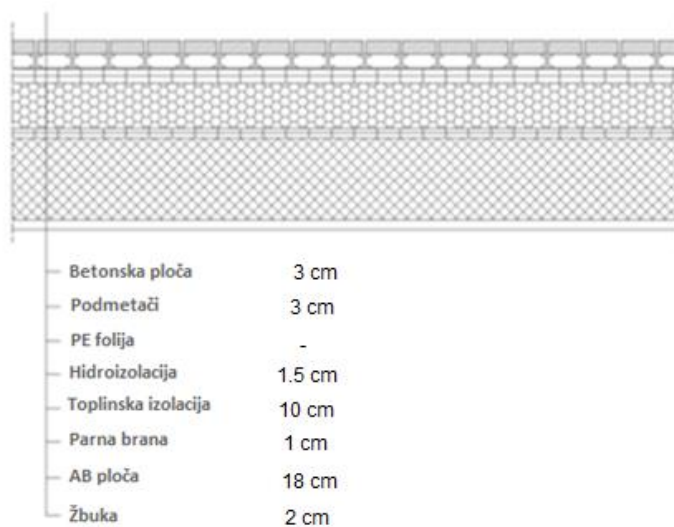
3.2. Stalno opterećenje (G_1)

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

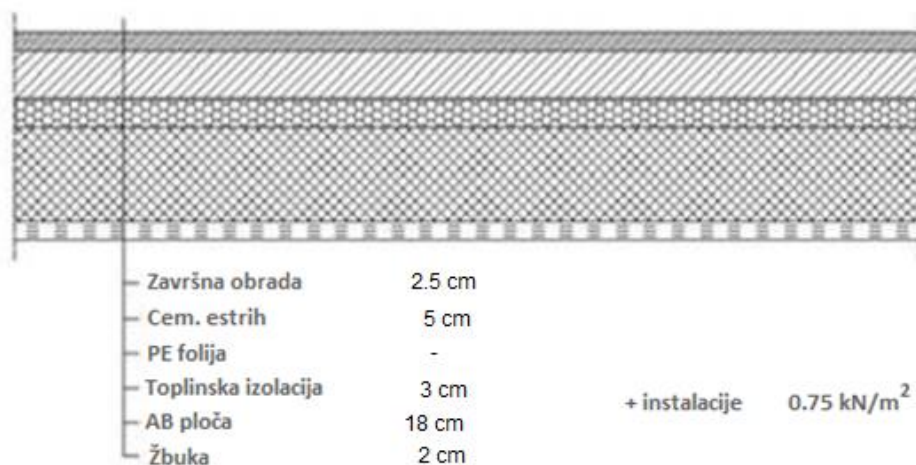


Tablica 3.2.2 Slojevi ravnog krova

| Sloj: | Debljina sloja (m): | γ (kN/m ³) | $d \times \gamma$ (kN/m ²) |
|---------------------|---------------------|-------------------------------|--|
| 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/m²)

3.2.3. Međukatne ploče



Tablica 3.2.3 Slojevi poda međukatnih konstrukcija

| Sloj: | Debljina sloja (m): | γ (kN/m ³) | $d \times \gamma$ (kN/m ²) |
|---------------------|---------------------|-------------------------------|--|
| 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/m²)

3.3. Promjenjivo opterećenje (Q_i)

| Krov | | q_k^* [kN/m ²] | 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° i 40° vrijednost q_k može se odrediti linearnom interpolacijom.

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

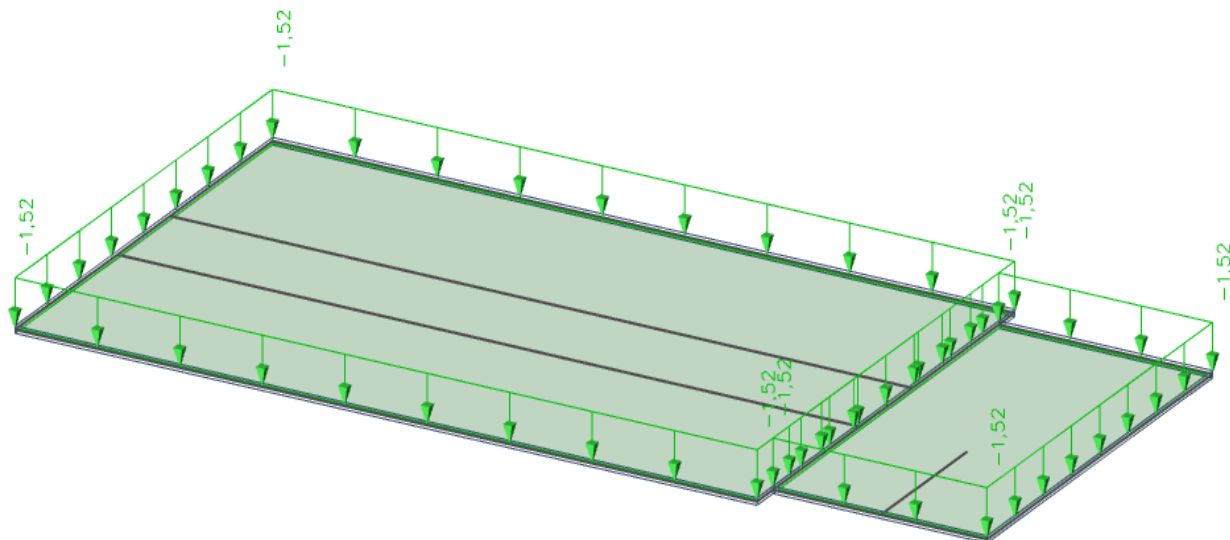
NAPOMENA 2: Svi nagibi krova mjere se u odnosu na horizontalu, a opterećenja djeluju vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.

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:

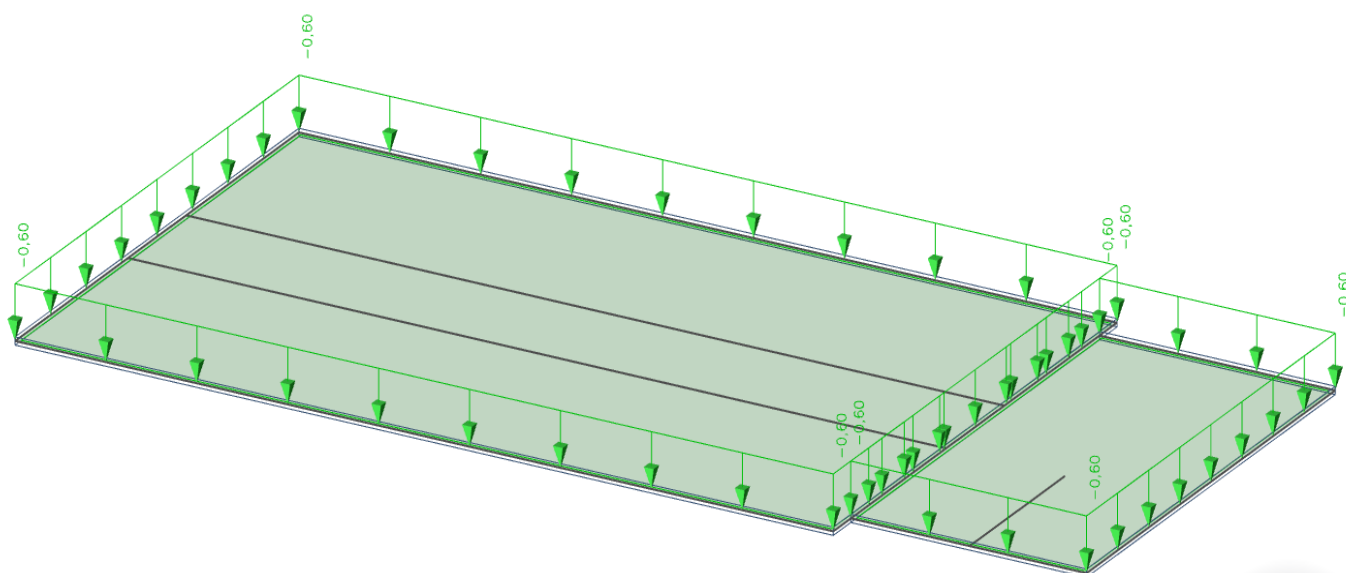
- Ravni krov: $q = 0,6 \text{ kN/m}^2$
- Stropovi – dječji vrtići, jaslice, škole: $q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

4. PRIKAZ OSNOVNIH DJELOVANJA

4.1. Krovna ploča

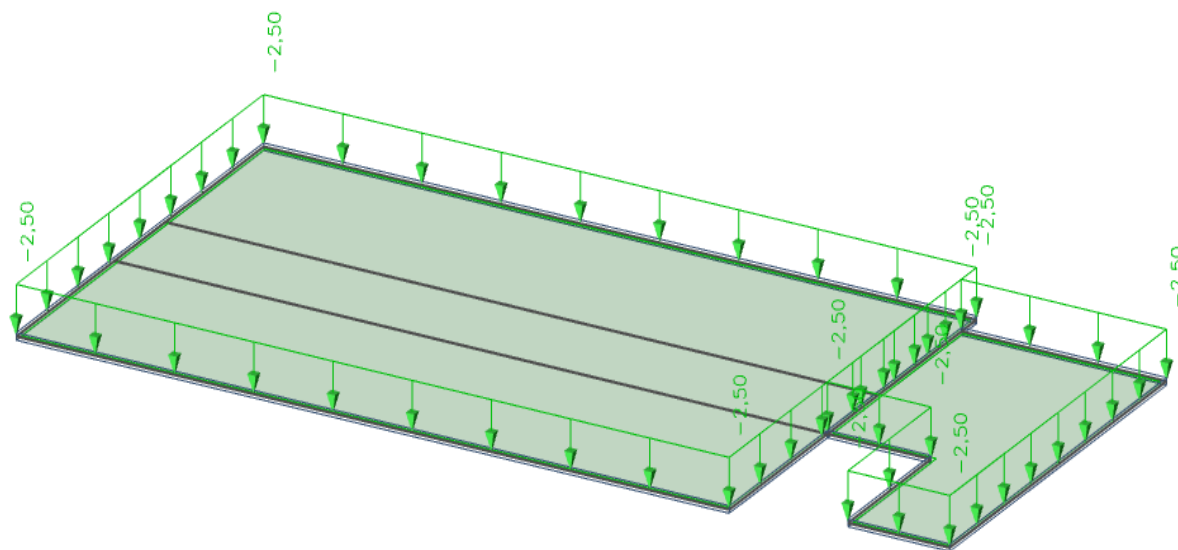


Slika 4.1.1 Dodatno stalno djelovanje G_1 [kN/m^2]

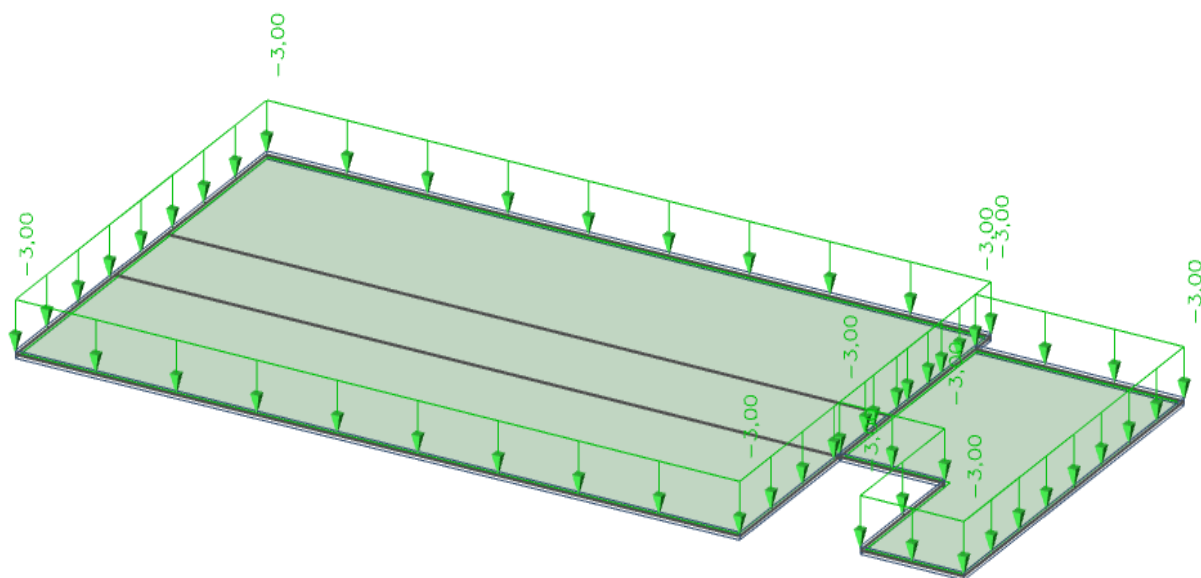


Slika 4.1.2 Promjenjivo djelovanje Q [kN/m^2]

4.2. Međukatna ploča



Slika 4.2.1 Dodatno stalno djelovanje $G1$ [kN/m²]



Slika 4.2.2 Promjenjivo djelovanje Q [kN/m²]

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.

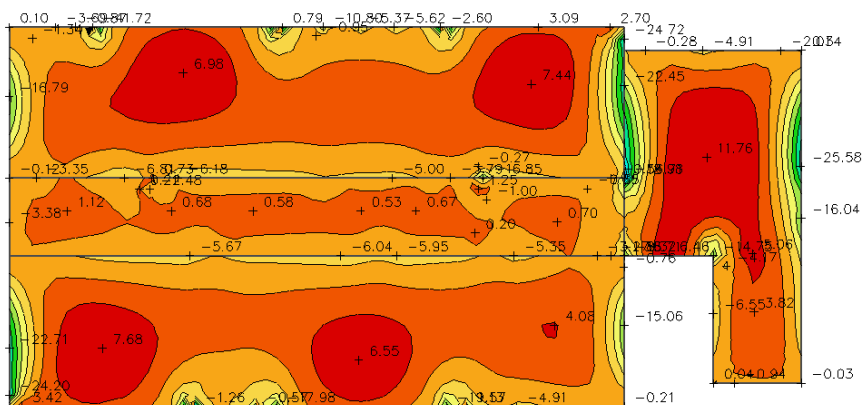
6.1.1. Prikaz modela i rezultata međukatne ploče



Slika 6.1. Prikaz modela ploče

2D internal forces

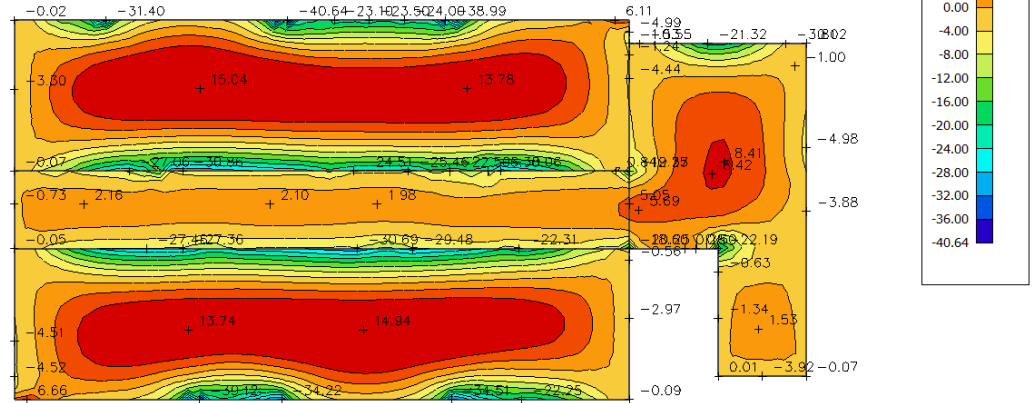
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

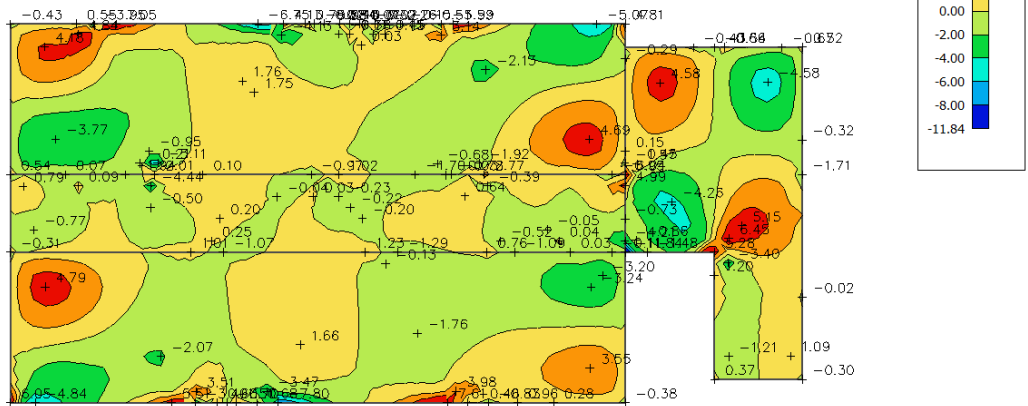
Values: m_{xy}
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

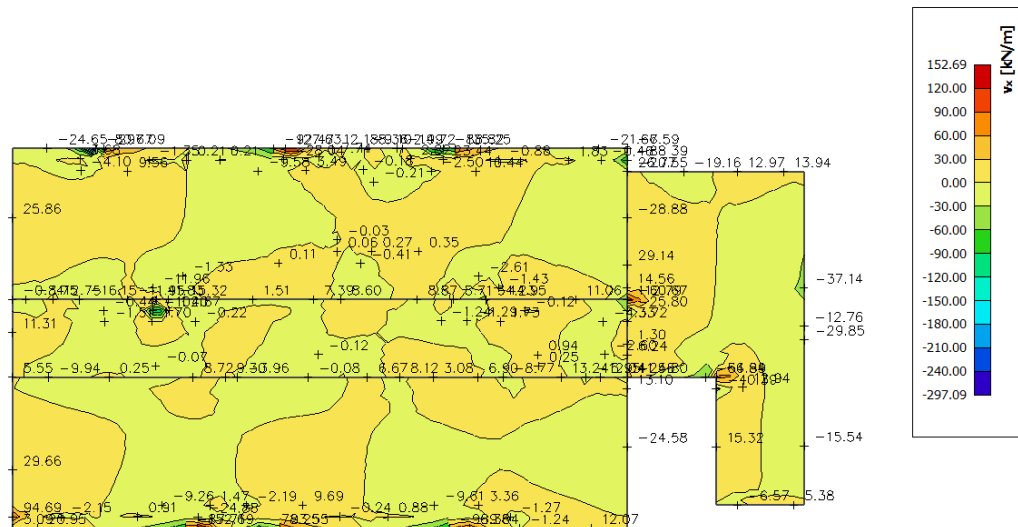
Values: m_{xy}
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

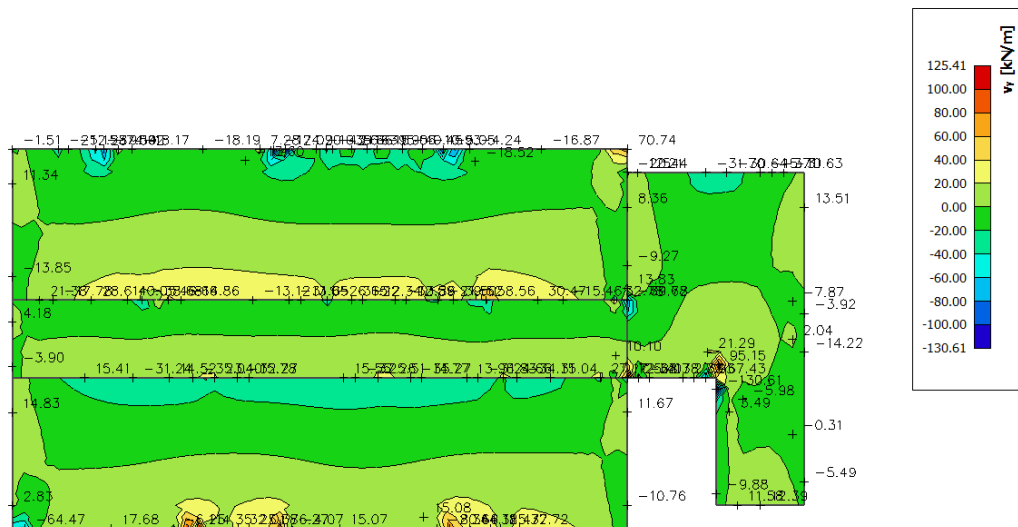
Values: v_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

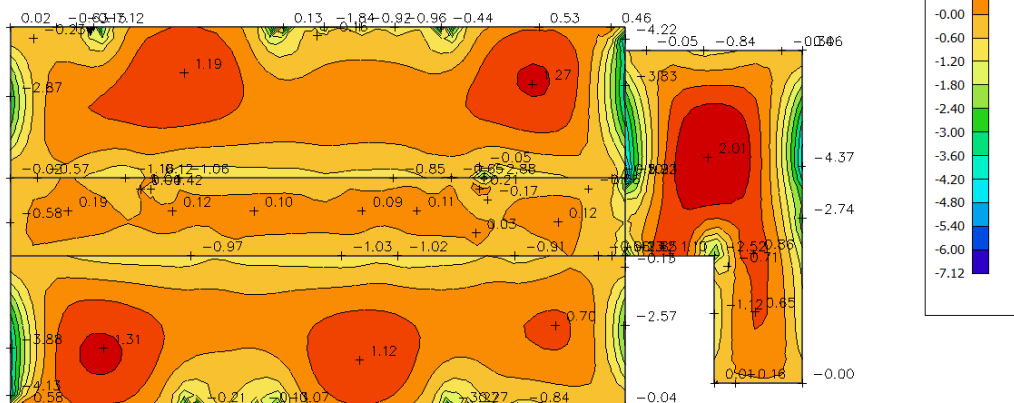
Values: v_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

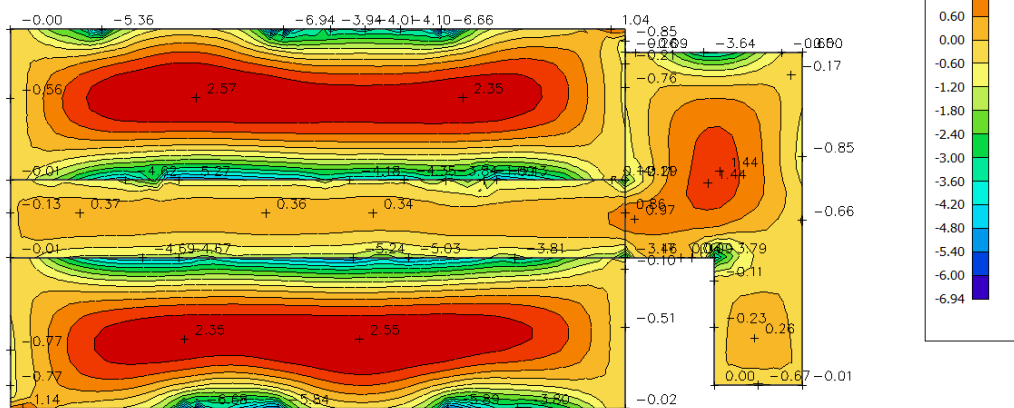
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: A 18
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

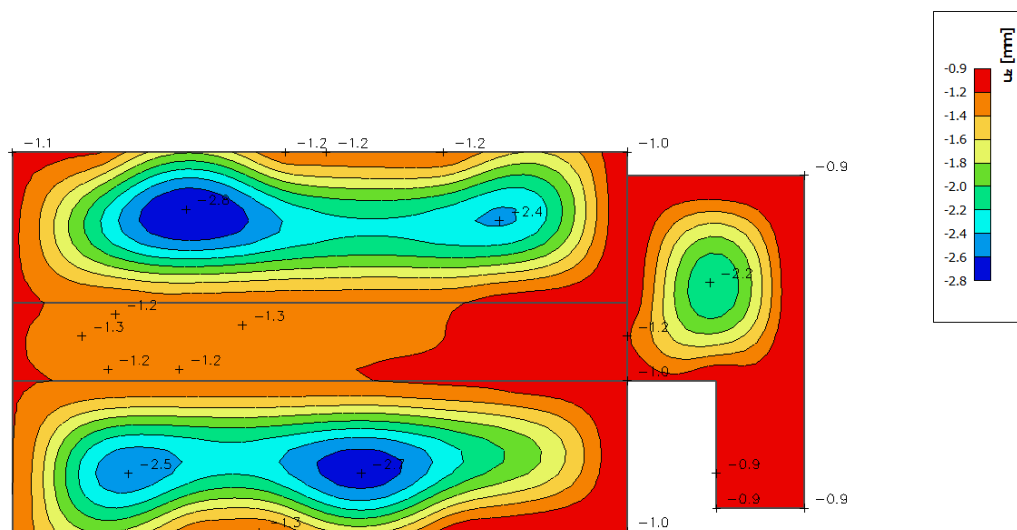
Combination: GSU1

Extreme: Member

Selection: All

Location: In nodes avg.. System:

Global



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

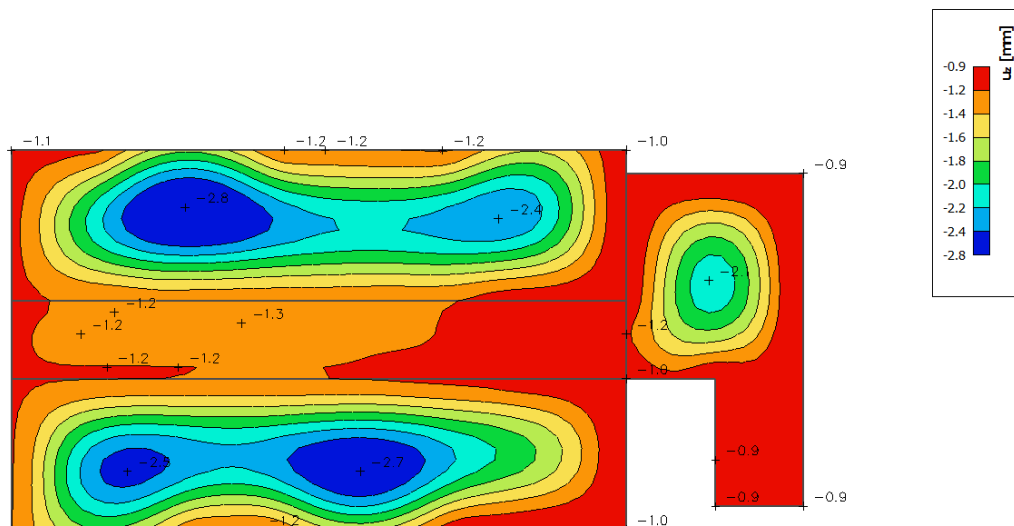
Najveći progib iznosa je $2.8 - 0.9 = 1.9 \text{ mm}$.

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.

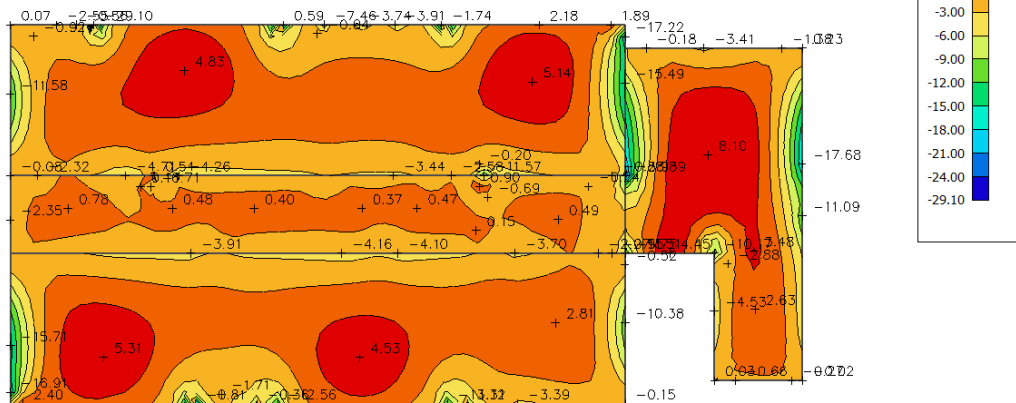
Oduzimanjem translacijske komponente pomaka dobivamo komponentu koja je se analizira odnosno provjerava je li zadovoljava dozvoljene granice.

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

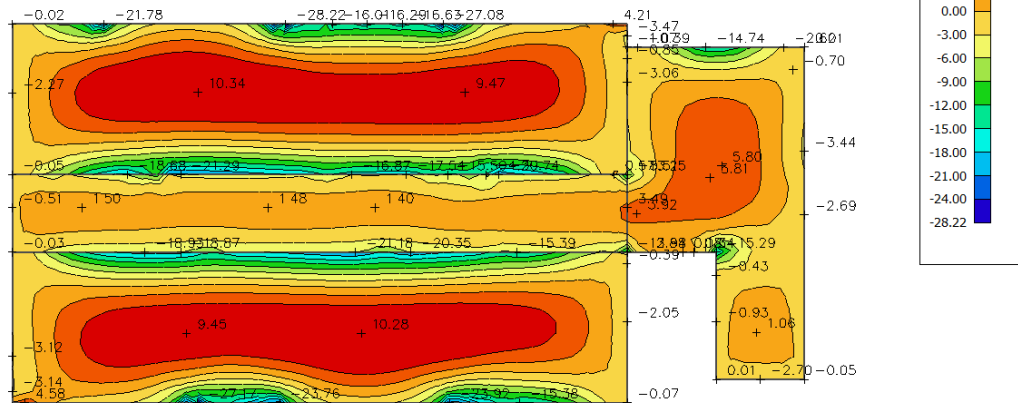
U priložena dva dijagrama odabire se najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan izračunu širine pukotine.

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 :

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

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

$$k_1 = 0.15$$

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

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

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

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

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

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

$$k = 0.15$$

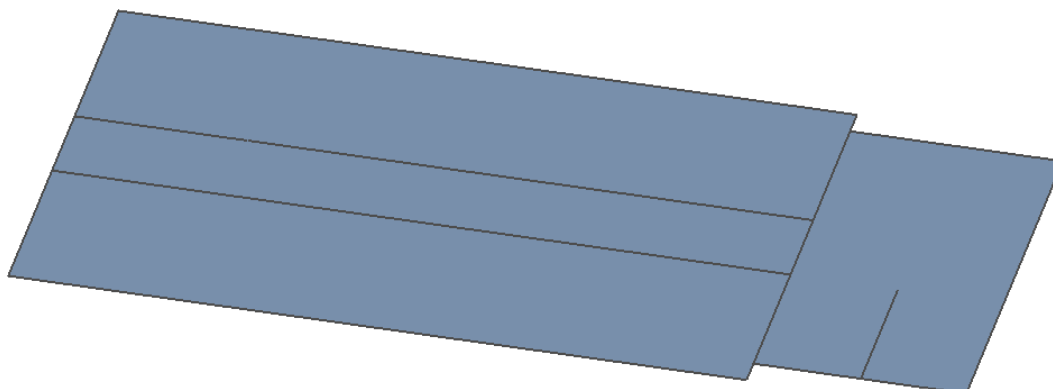
$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.495$$

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

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

Uvjet je zadovoljen.

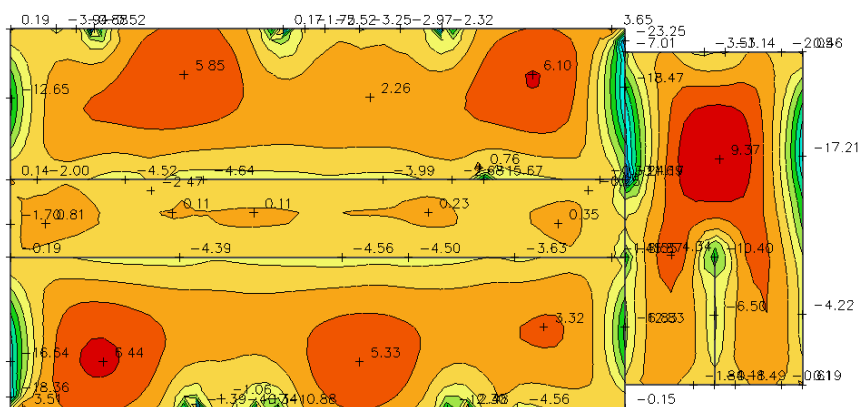
6.2.1. Prikaz modela i rezultata krovne ploče



Slika 6.13 Prikaz modela

2D internal forces

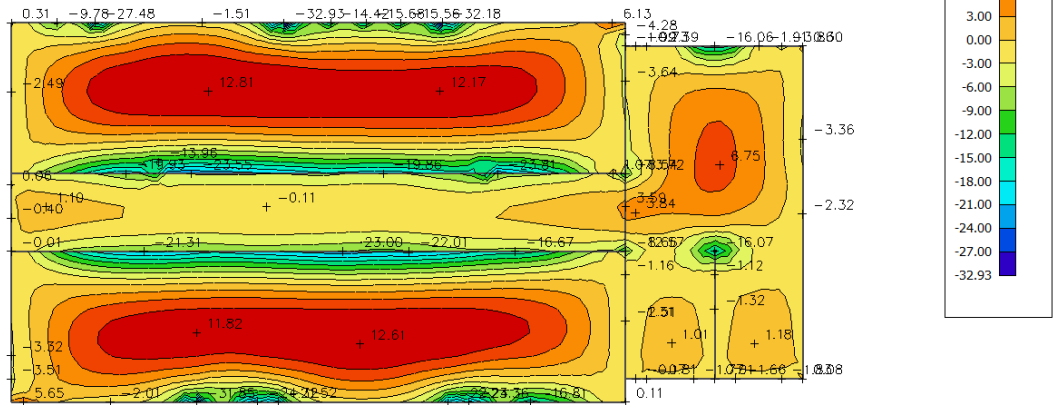
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

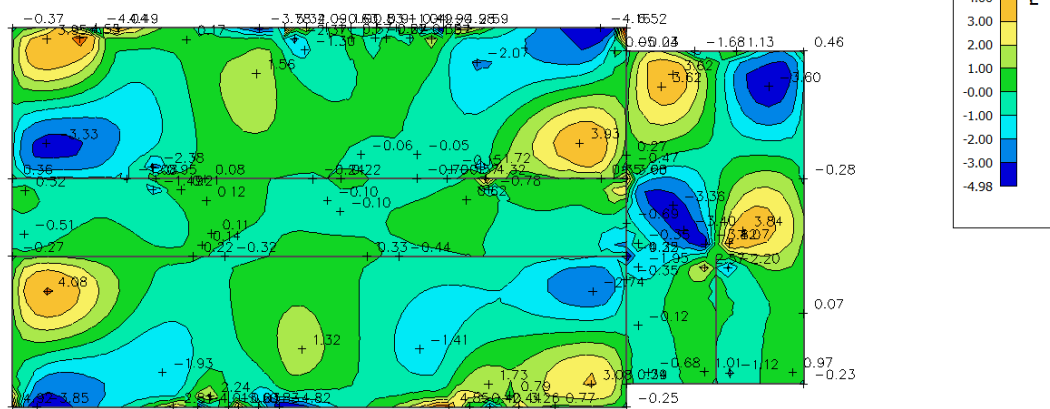
Values: m_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

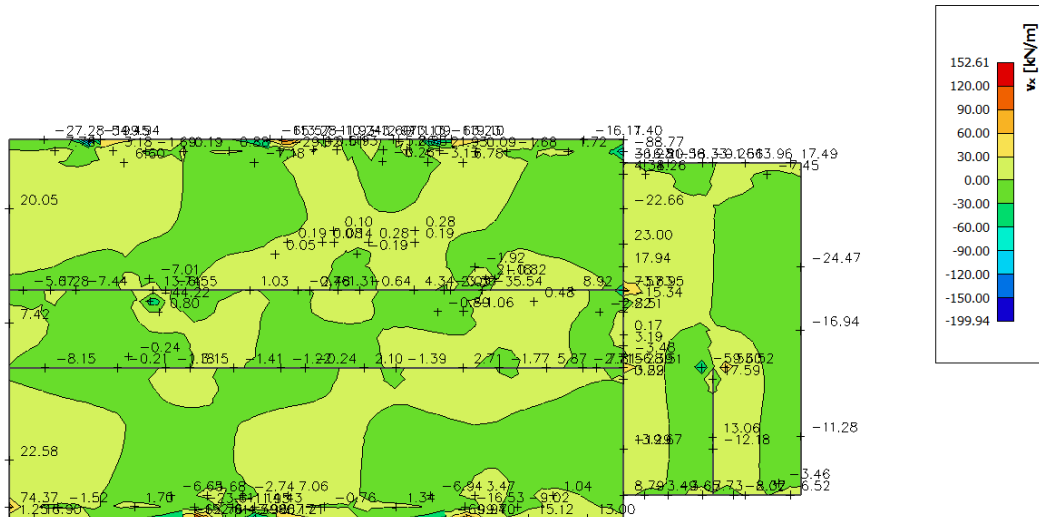
Values: m_{xy}
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

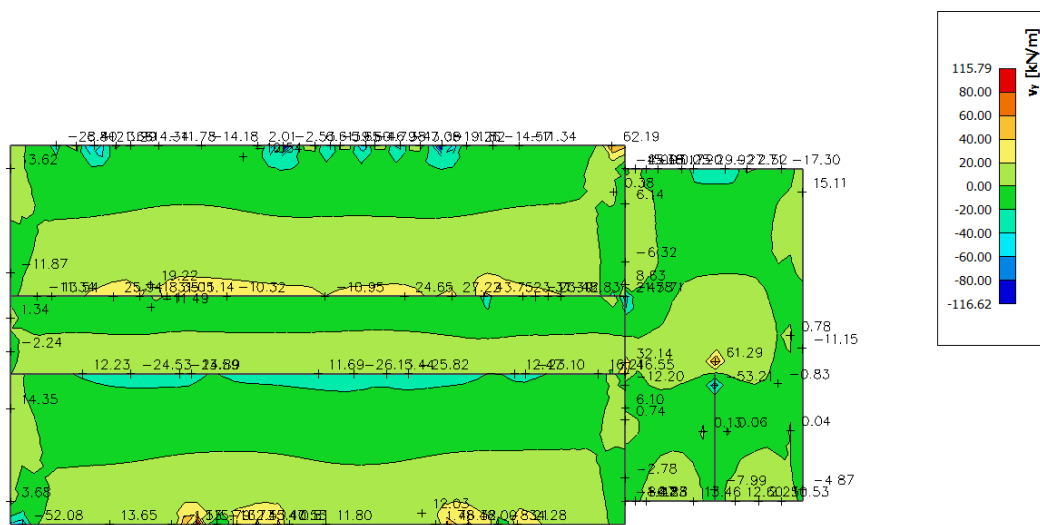
Values: v_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

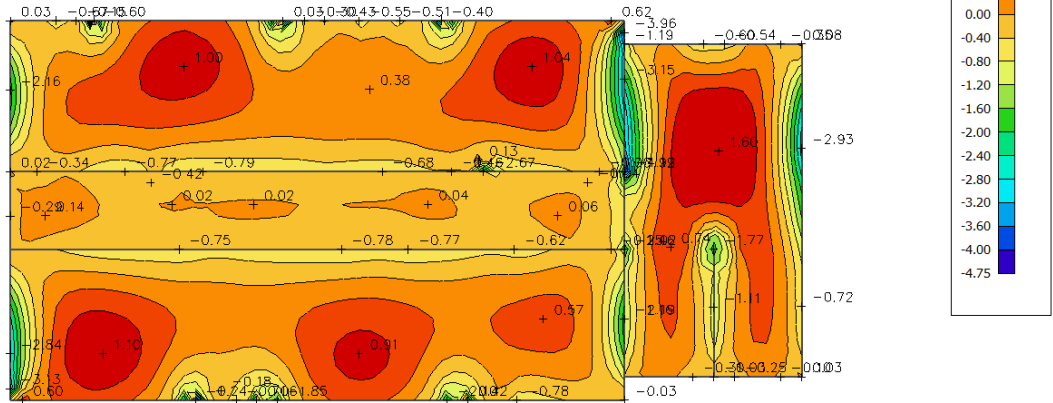
Values: v_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

2D internal forces

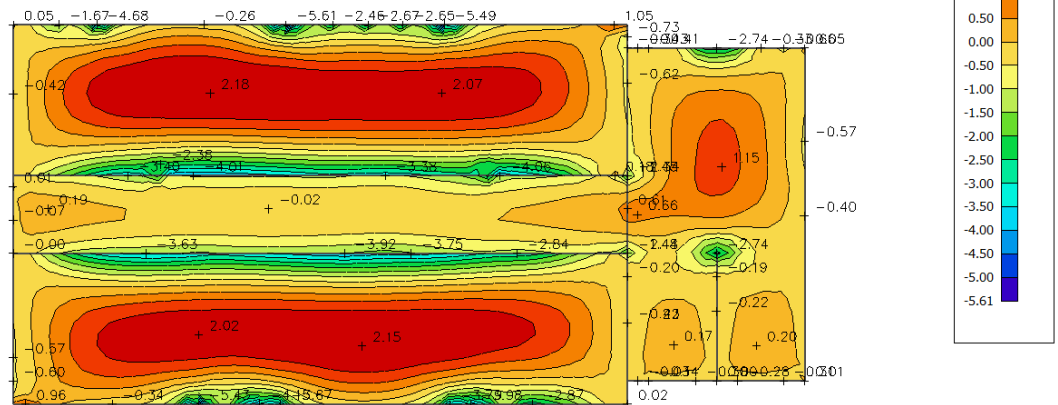
Values: m_x
 Linear calculation
 Combination: A 18
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



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

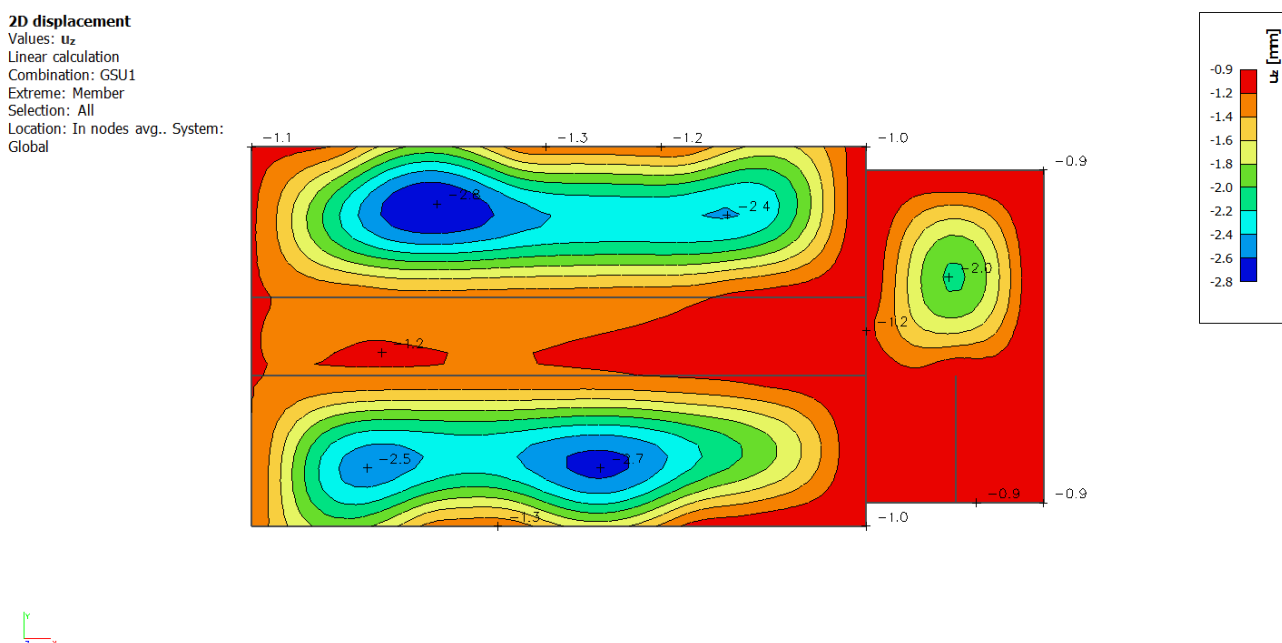
Potrebna armatura u polju: $A_s = 2,18 \times 1,30 = 2,84 \text{ cm}^2 / \text{m}'$

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

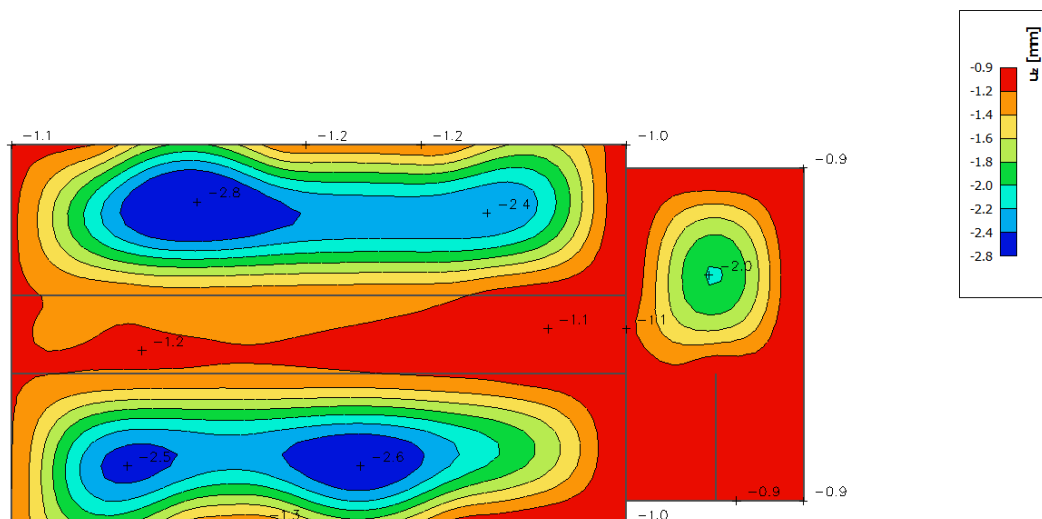
Najveći progib iznosa je $2,8 - 0,9 = 1,9 \text{ mm}$.

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

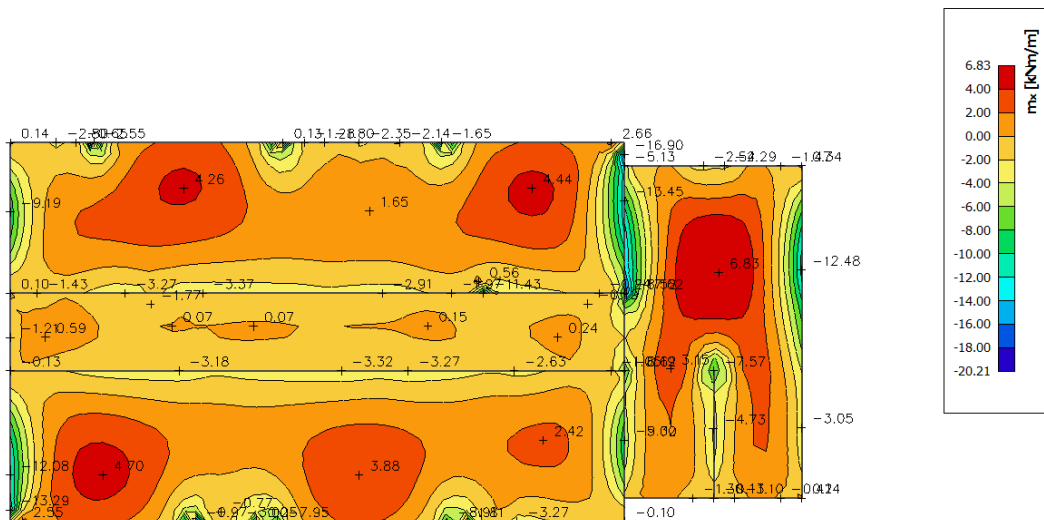
Najveći progib iznosa je $2.8 - 0.9 = 1.9$ mm.

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

Krovna ploča zadovoljava na progibe.

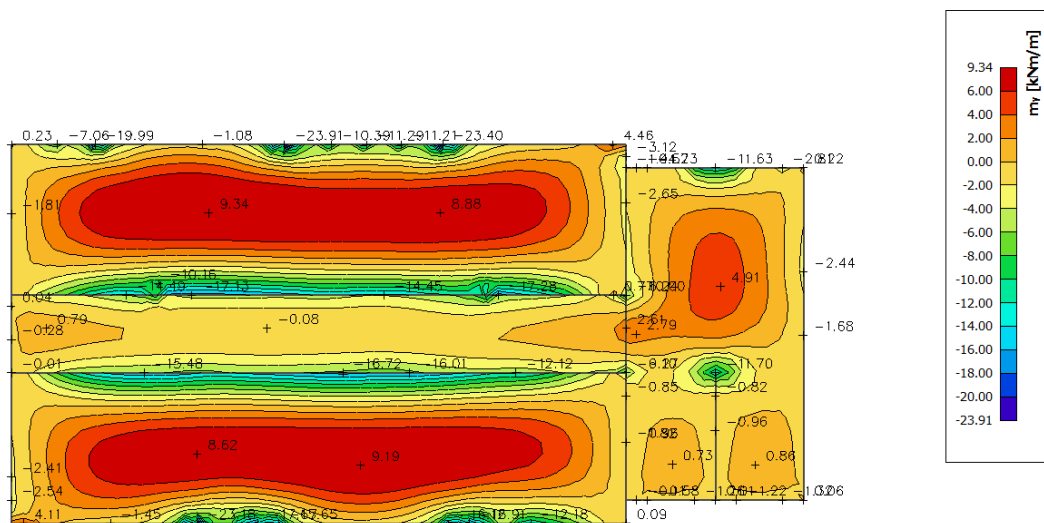
6.2.3. Kontrola pukotina

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 :

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

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) = \frac{7 \cdot 3.35}{100} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15.5}{7 \cdot 3.35}} \right) \\ = 2.47 \text{ cm}$$

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

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

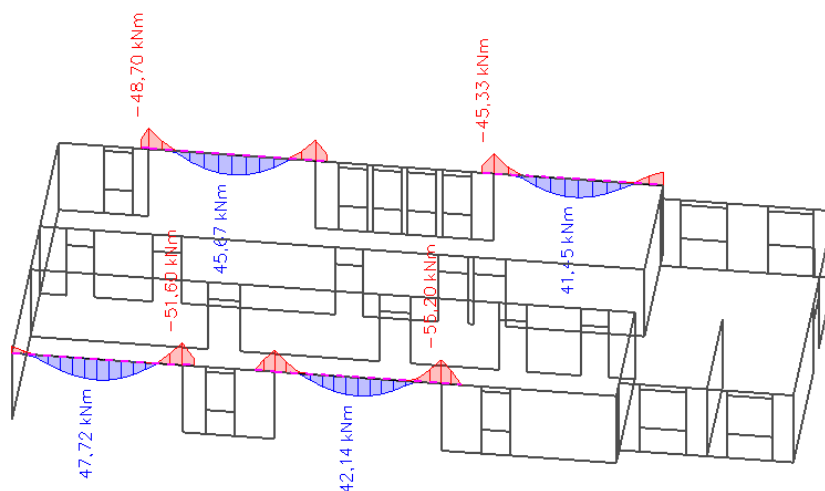
Linear calculation

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%.

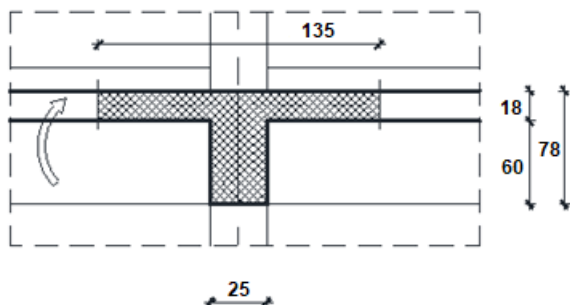
$$M_{max}^{polje} = 47.72 \cdot 1.30 = 62.04 \text{ kNm}$$

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

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

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

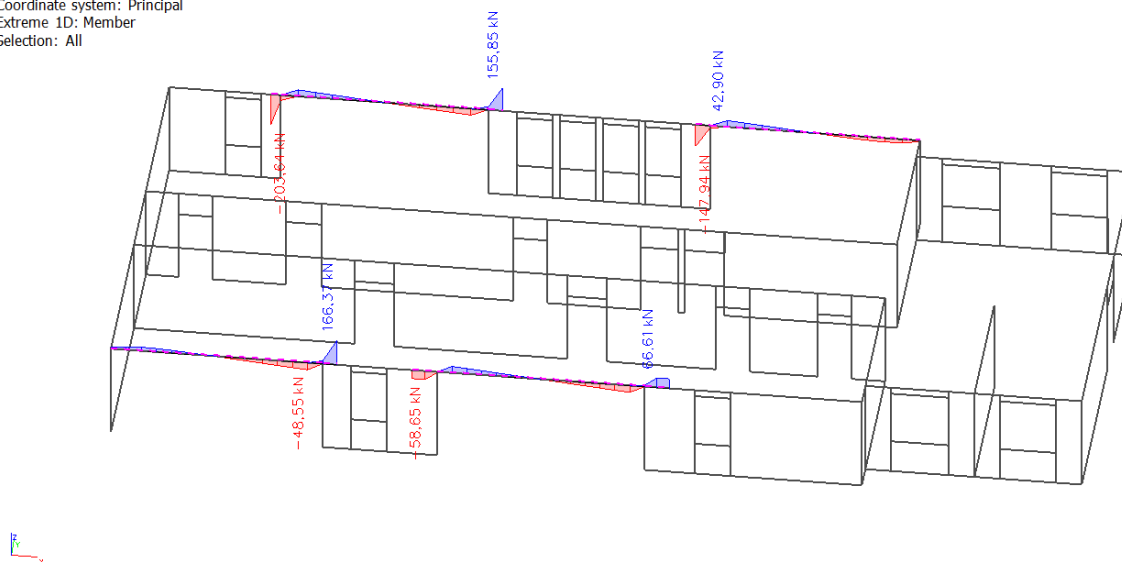
Izračunata armatura na ležaju je manja od minimalne zadane uvjetom, stoga usvajamo potrebnu površinu armature koja je iznad minimalnih 15.19 cm^2 .

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

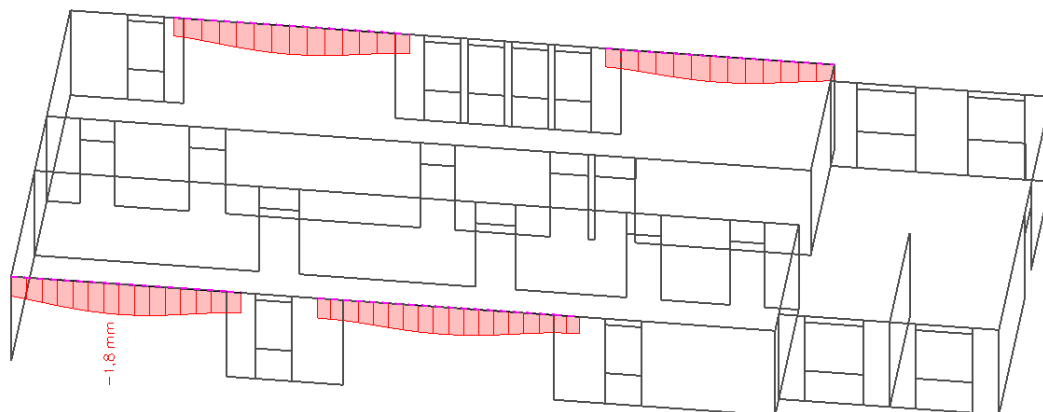
w_{max} – ukupni progib

| 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

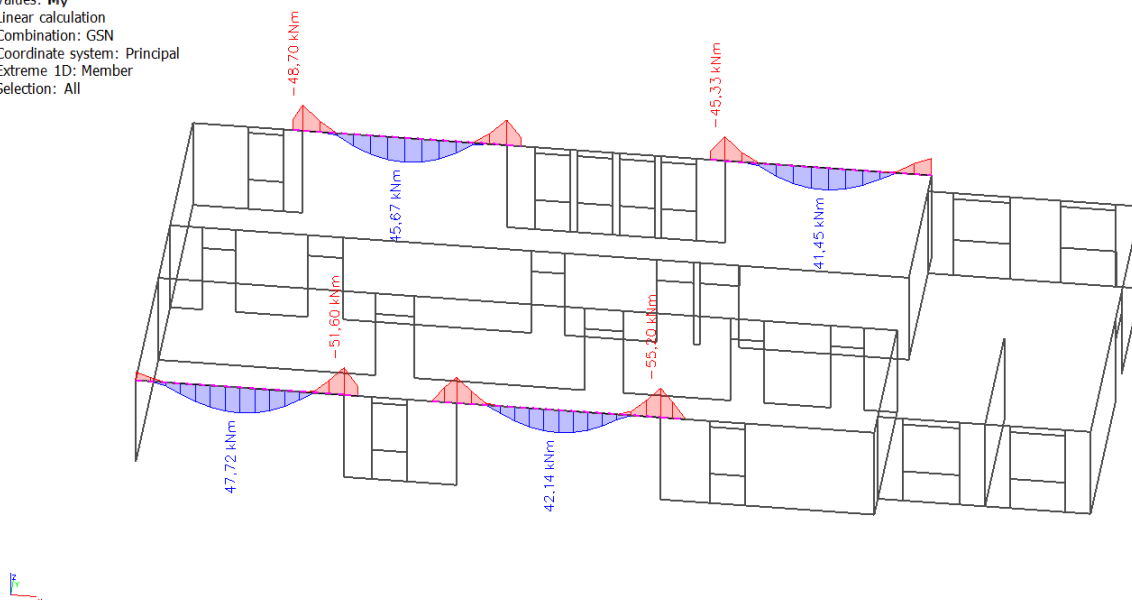
Linear calculation

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:

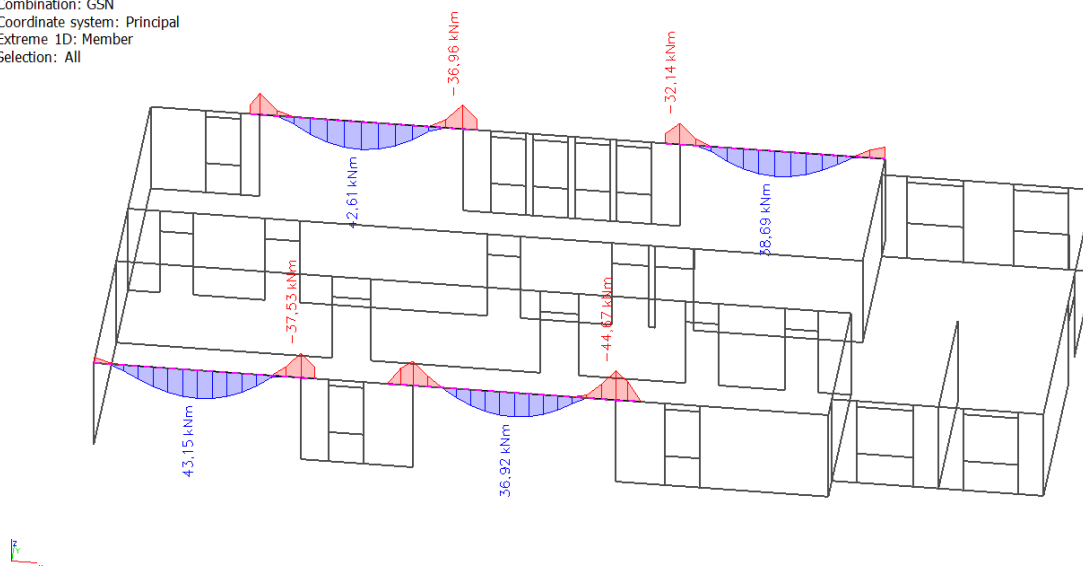
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 162.00 \cdot 0.0006 = 0.1 \text{ mm} < w_g = 0.3 \text{ mm}$$

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

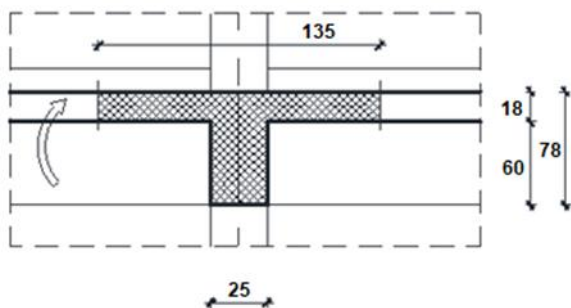
$$M_{max}^{polje} = 43.15 \cdot 1.30 = 56.1 \text{ kNm}$$

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

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

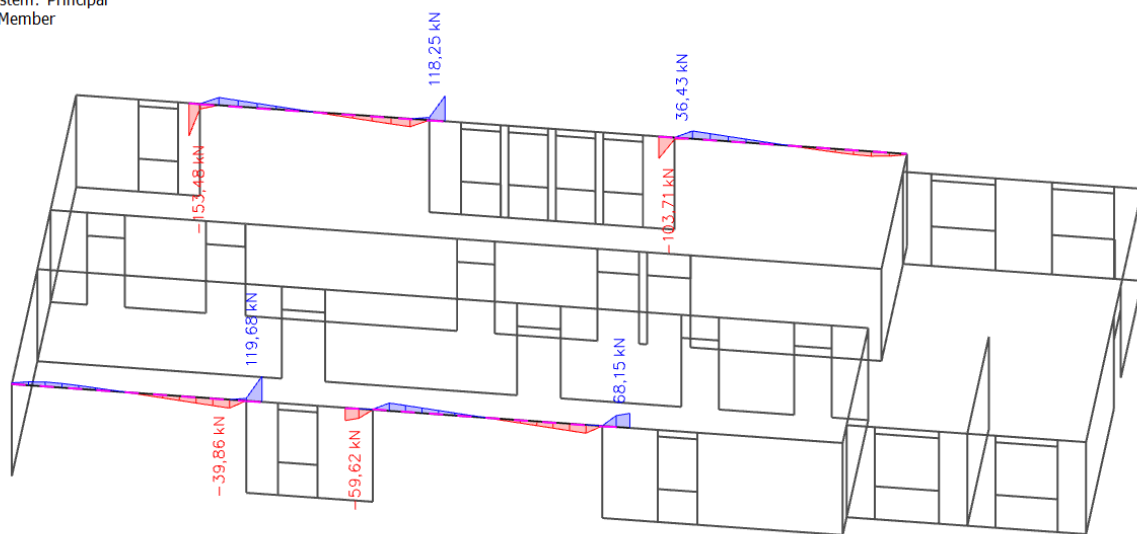
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{37.97 \cdot 100}{0.974 \cdot 57 \cdot 43.48} = 1.57 \text{ cm}^2$$

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

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

7.2.3. Dimenzioniranje na poprečnu silu

1D internal forces
 Values: Vz
 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

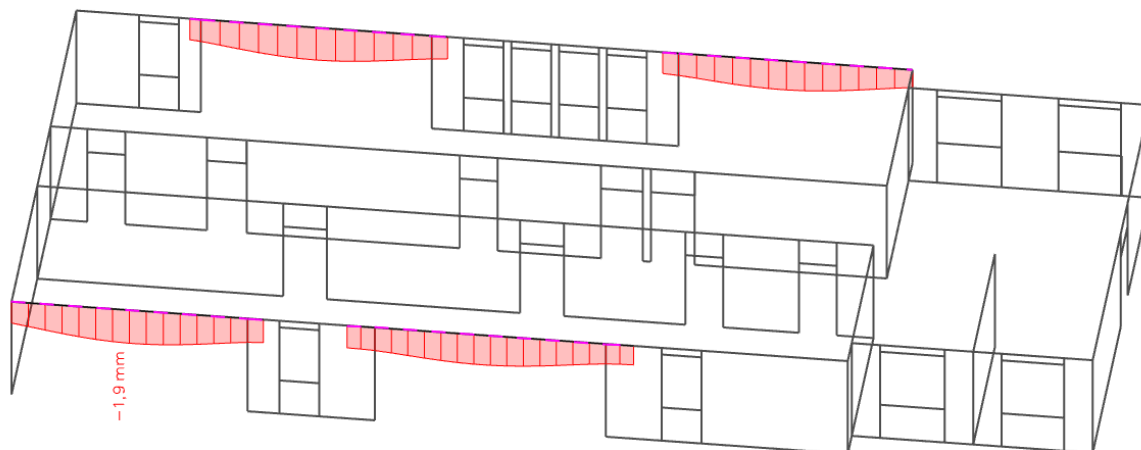
Linear calculation

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.

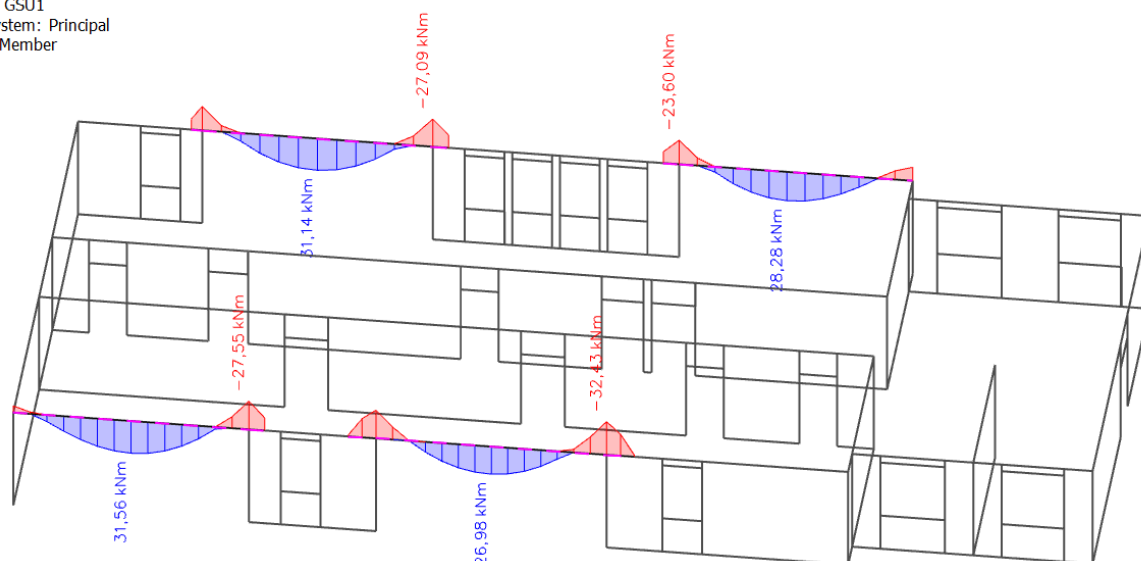
Dozvoljen progib $L/1000 = 650/1000 = 6.5$ mm.

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:

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

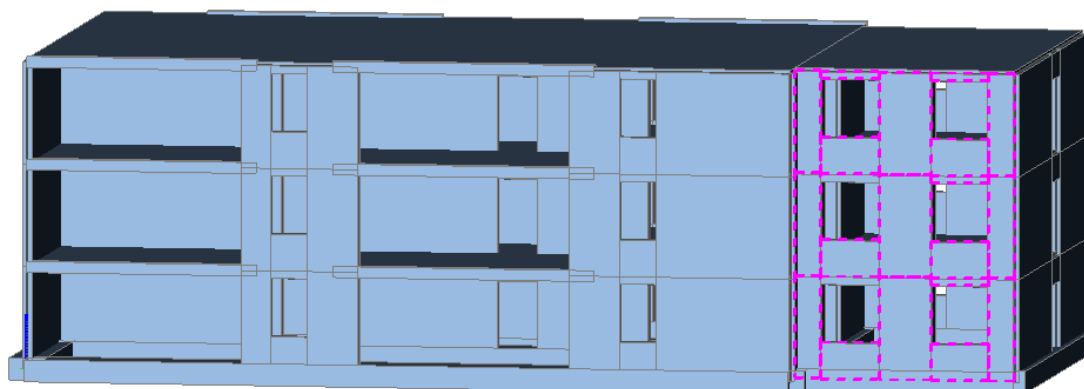
Pukotine zadovoljavaju!

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

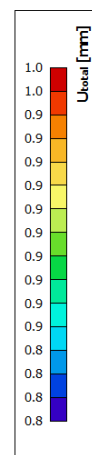
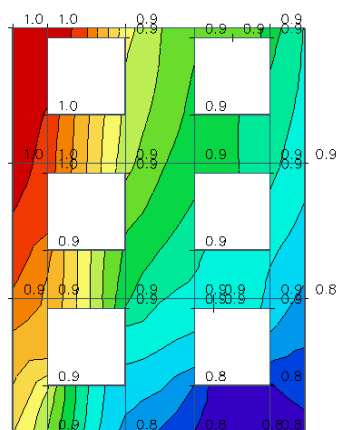
8.2. Prikaz modela i dijagrama



Slika 8.1 Položaj zida na kojem je izvršen proračun

2D displacement

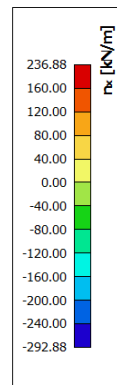
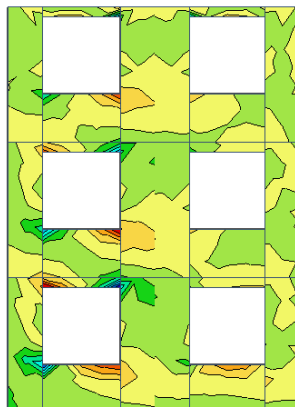
Values: U_{total}
 Linear calculation
 Combination: GSU2
 Extreme: Member
 Selection: All
 Location: In nodes avg.. System:
 Global



Slika 8.2 Pomaci (mm) za nazovistalnu kombinaciju GSU2

2D internal forces

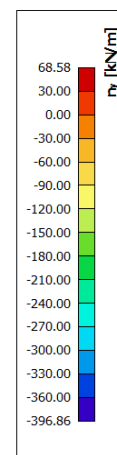
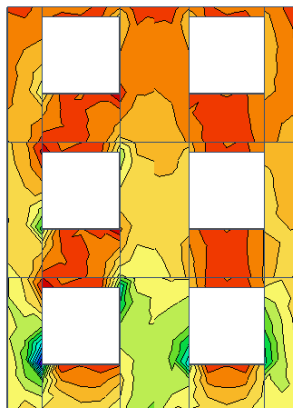
Values: n_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 8.3 Uzdužne sile smjer x u zidovima za anvelopu GSN

2D internal forces

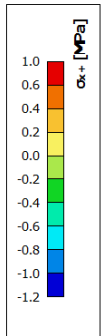
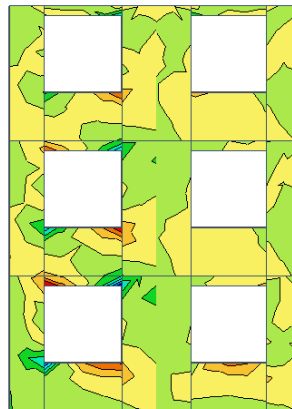
Values: n_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 8.4 Uzdužne sile smjer y u zidovima za anvelopu GSN

2D stress/strain

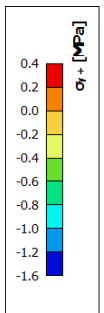
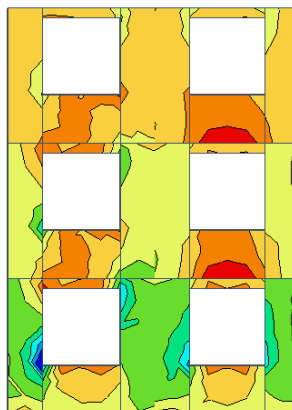
Values: σ_{x+}
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 8.5 Naprezanje σ_{x+} za GSN

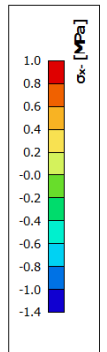
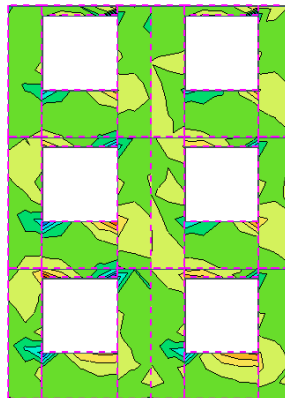
2D stress/strain

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



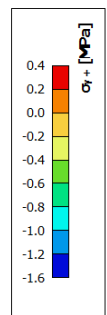
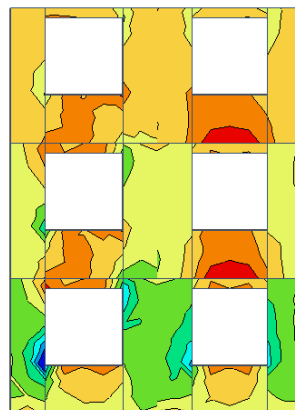
Slika 8.6 Naprezanje σ_{y+} za GSN

2D stress/strain
 Values: σ_x
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 8.7 Naprezanje σ_x za GSN

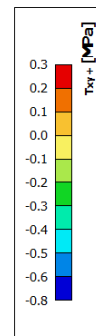
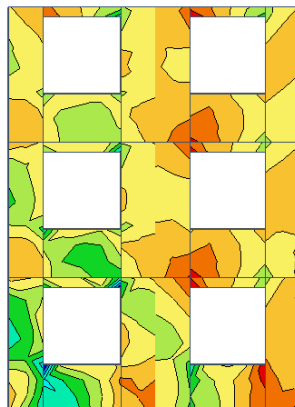
2D stress/strain
 Values: σ_y
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 8.8 Naprezanje σ_y za GSN

2D stress/strain

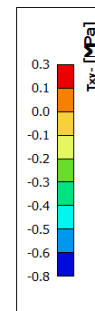
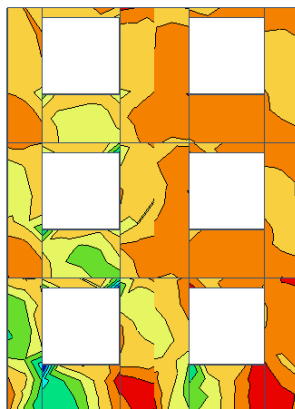
Values: τ_{xy+}
 Linear calculation
 Combination: GSN
 Extreme: Global
 Selection: All
 Location: In nodes avg. on macro.
 System: LCS mesh element



Slika 8.9 Posmično naprežanje τ_{xy+} za GSN

2D stress/strain

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



Slika 8.10 Posmično naprežanje τ_{xy-} za GSN

9. PRORAČUN TEMELJA

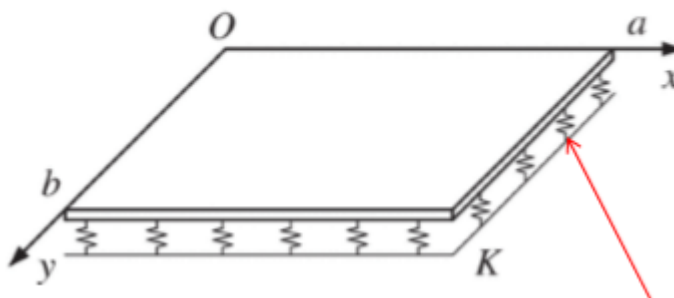
Kao što je navedeno u prethodnim poglavljima, građevina je temeljena s modelom trakastih temelja..

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 ν 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

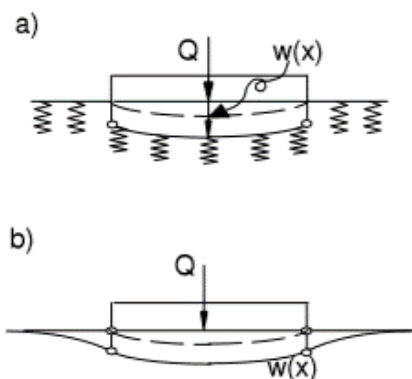
Koeficijent reakcije podloge K je odnos između dodirnog naprezanja q kojim tlo odgovara na vanjsko opterećenje i slijeganja w , koje to isto naprezanje izazove u tlu.

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

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)

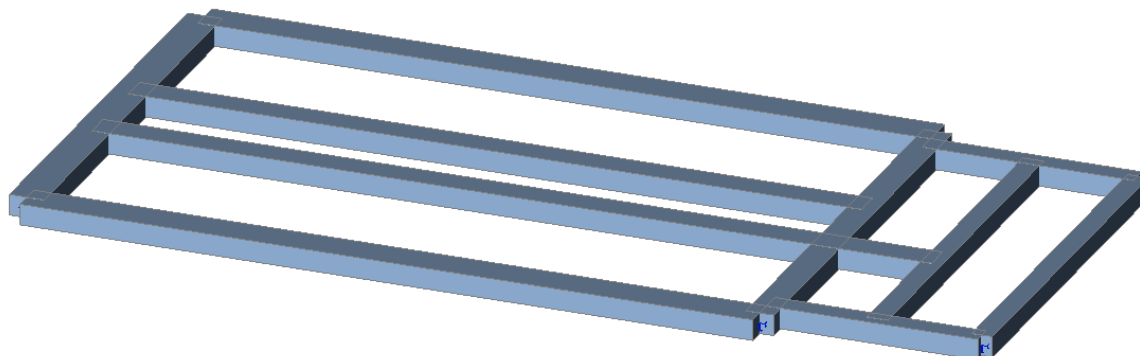
Nedostatci ovog modela :

- 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

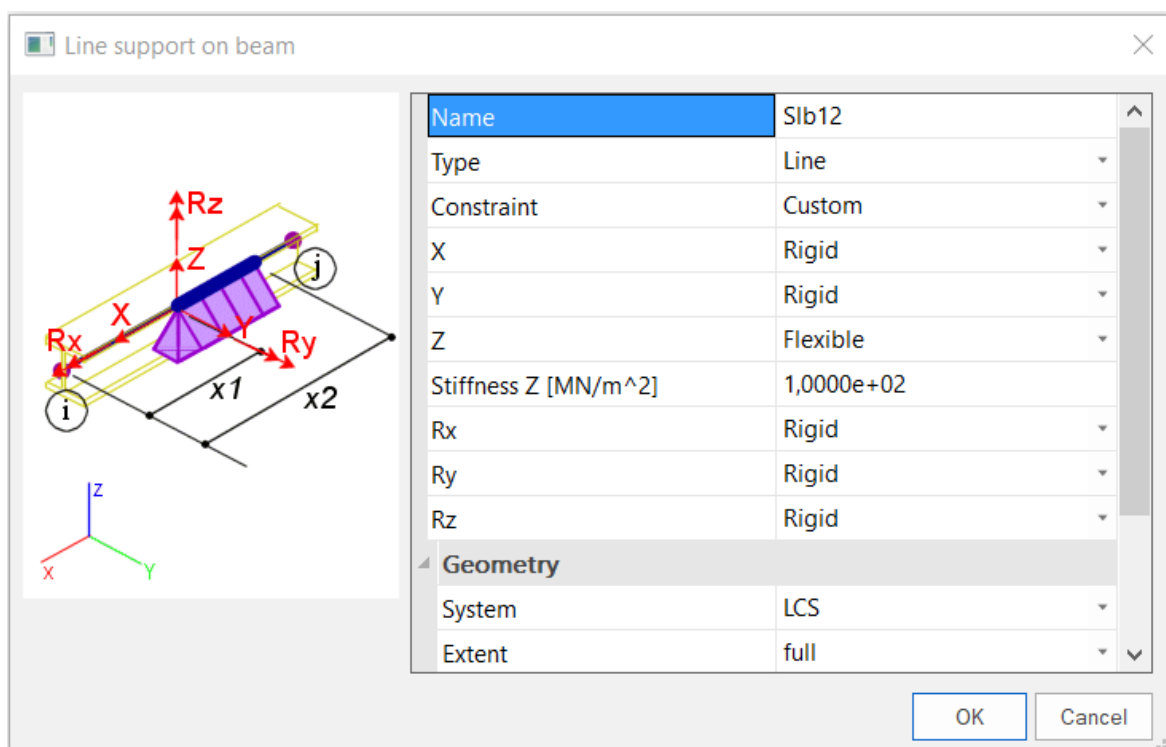
9.1.1. Model trakastih temelja

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.

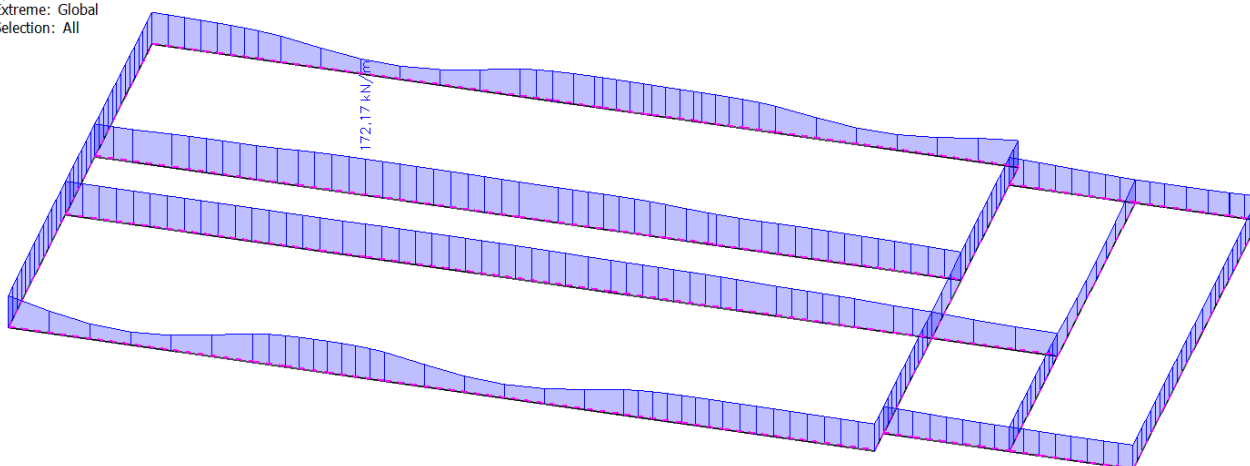


Slika 9.4 Model fleksibilnih linijskih ležajeva

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 kN/m^2 .

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

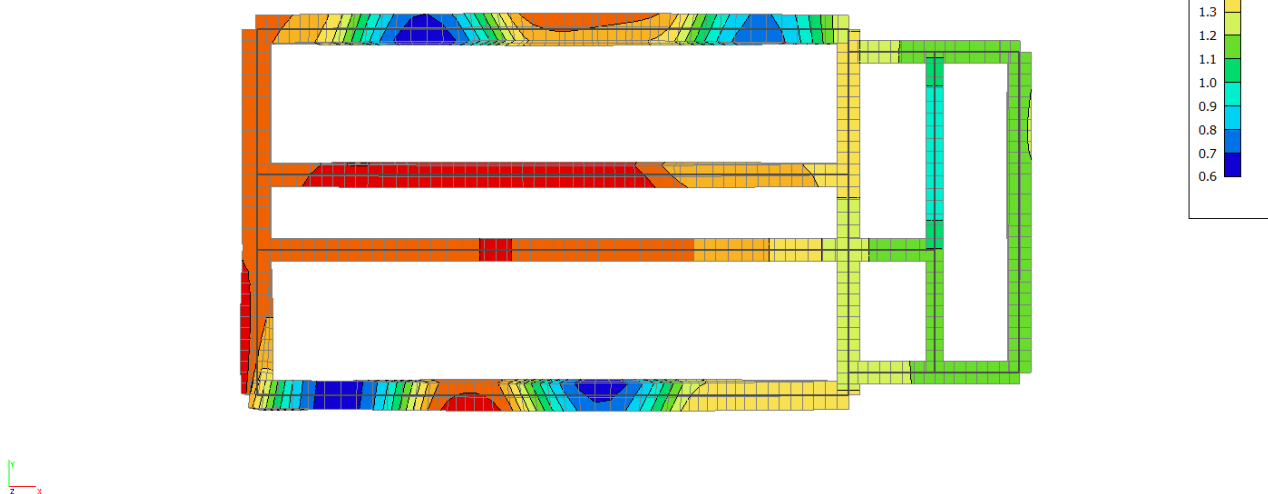
| | Reakcija F[kN/m] | Nosivost tla σ_{Rd} [kN] | Širina temeljne stope b[m] | Računska nosivost σ_{Ed} [kN] | σ_{Ed}/σ_{Rd} [%] |
|-----------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|
| T1 | 172,17 | 400,00 | 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

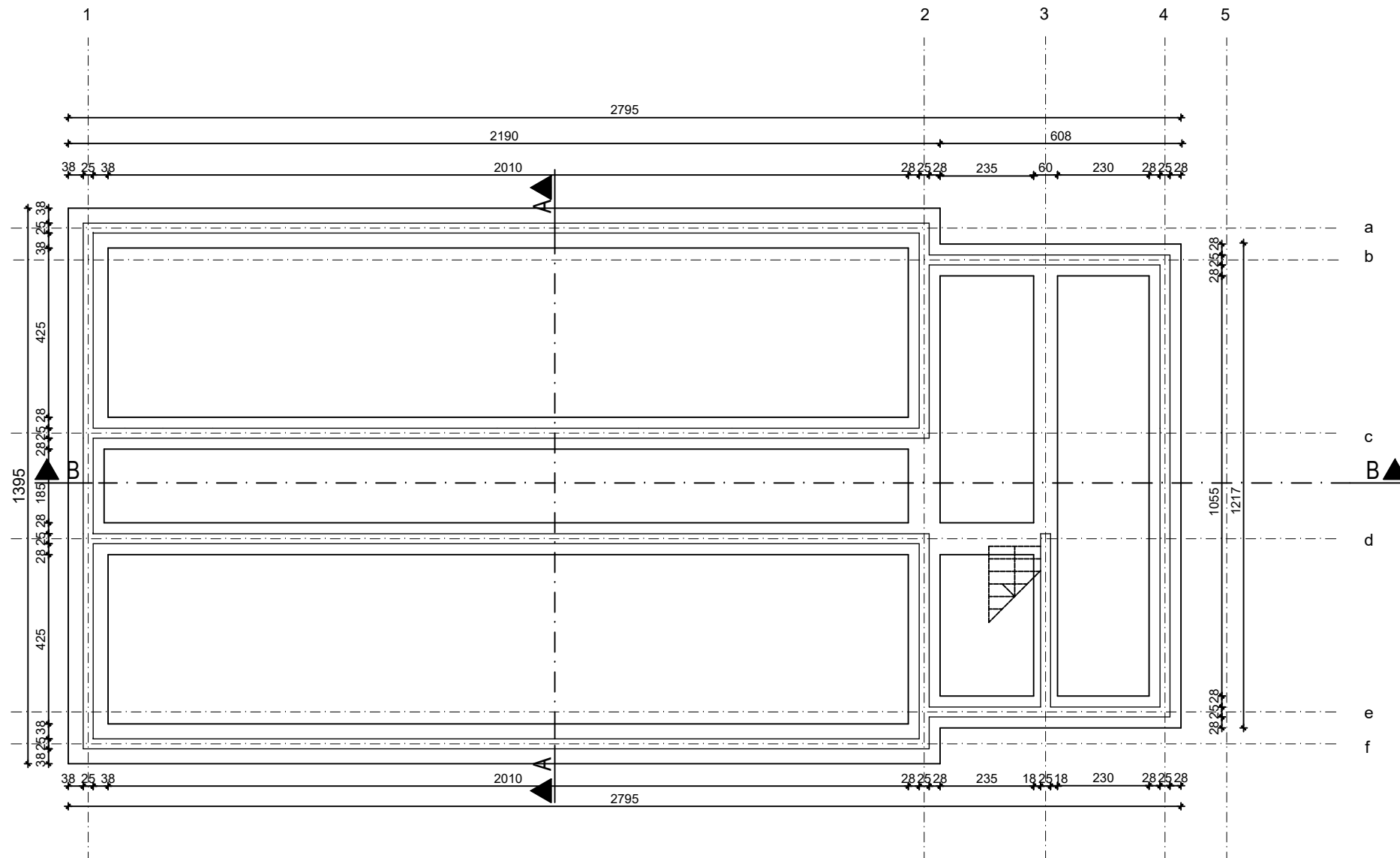
Na slici vidimo da se građevina ravnomjerno slegnula odnosno izbjegli smo pojavu diferencijalnog slijeganja.

10. GRAFIČKI PRILOZI

Redom su priloženi:

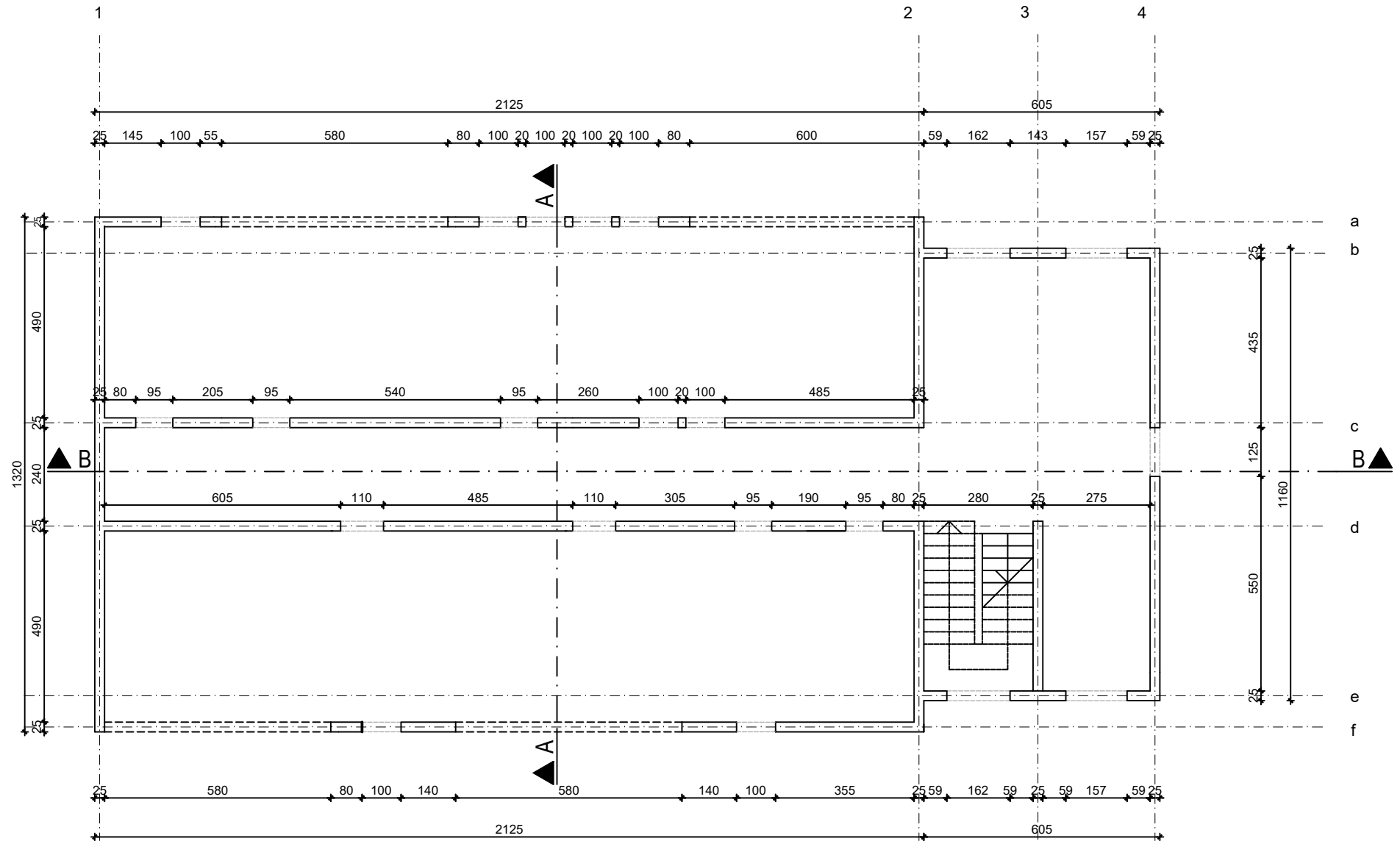
- Tlocrt temelja M 1:100
- Tlocrt karakteristične etaže M 1:100
- Presjek 1-1 M 1:100
- Presjek 2-2 M 1:100

TLOCRT TEMELJA



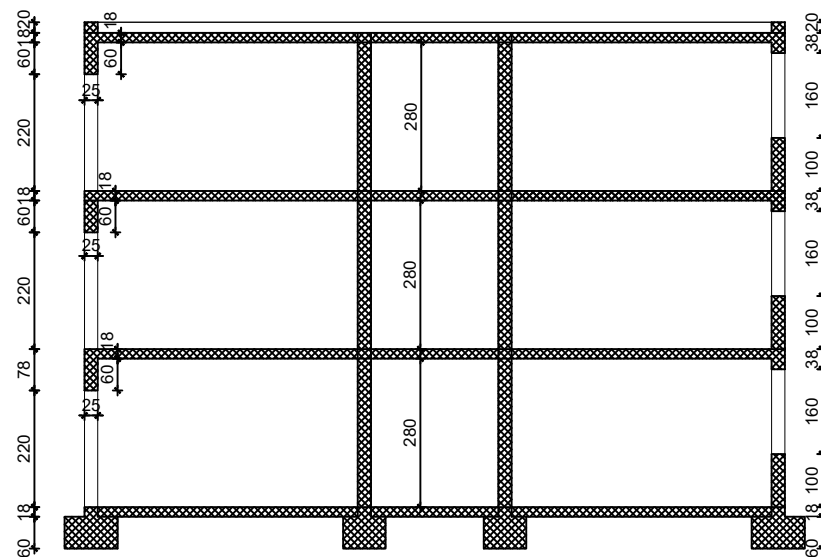
| | | | |
|---|-------------|--|-----------|
| SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE | | TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIĆA | |
| MJERILO 1 : 100 | ZAVRŠNI RAD | STUDENT KATE TAFRA | STR 63 |
| | | SADRŽAJ TLOCRT TEMELJA | |

TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE



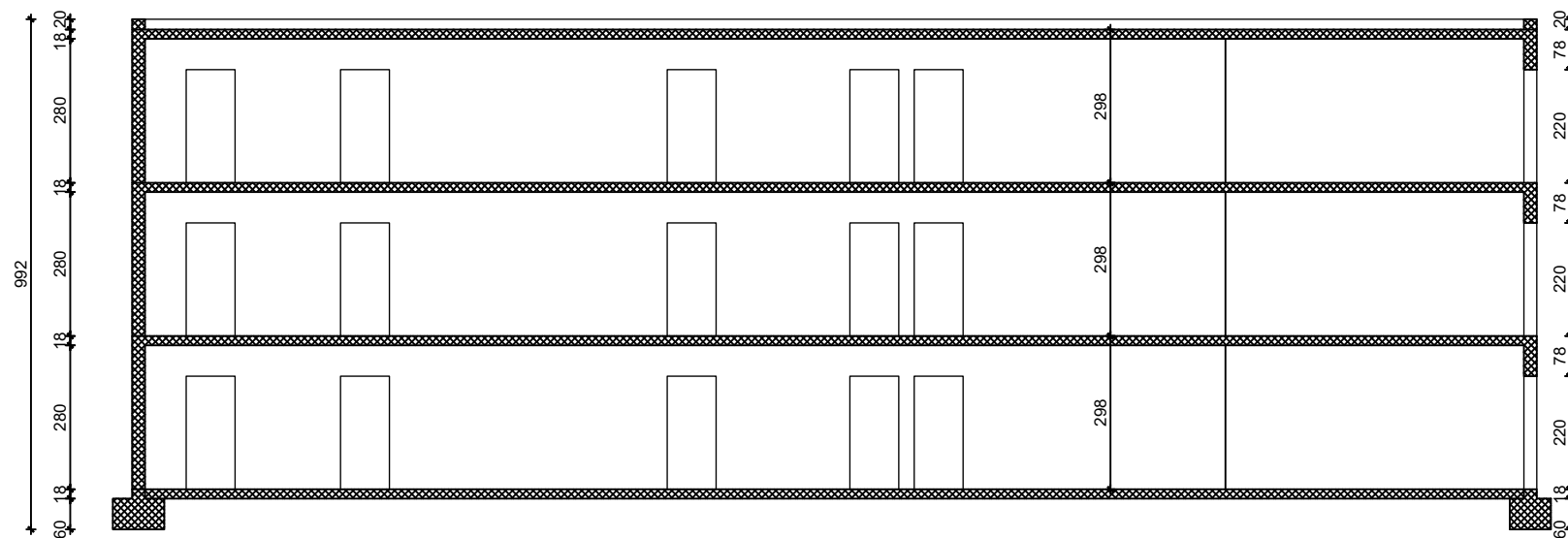
| | | | |
|---|-------------|--|-----------|
| SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE | | TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIĆA | |
| MJERILO 1 : 100 | ZAVRŠNI RAD | STUDENT KATE TAFRA | STR 64 |
| | | SADRŽAJ TLOCRT KARAKTERISTIČNE ETAŽE | |

PRESJEK A-A



| | | | |
|---|-------------|--|-----------|
| SVEUČILIŠTE U SPLITU FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE | | TEMA STATIČKI PRORAČUN DJEČJEG VRTIČA | |
| MJERILO 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.