

# Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno - stambene zgrade

---

Pavić, Mario

Master's thesis / Diplomski 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:123:402499>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-03**



*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**

# **DIPLOMSKI RAD**

**Mario Pavić**

**Split, 2021.**

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

**Mario Pavić**

**Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske  
poslovno-stambene zgrade**

**Diplomski rad**

**Split, 2021.**

# **Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade**

## **Sažetak:**

U radu je prikazan proračun nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade. Zgrada se sastoji od prizemlja i pet katova. Proračun i dimenzioniranje nosivih elemenata konstrukcije je provedeno u skladu sa Europskim normama pomoću računalnog programa SCIA Engineer 19.1. Proračunate su rezne sile za temelje, ploče, zidove, grede i stupove koji su sukladno tome i armirani. Projekt sadrži tehnički opis konstrukcije, proračun nosivih elemenata te karakteristične građevinske nacрте.

## **Ključne riječi:**

Poslovno-stambena zgrada, proračun nosive konstrukcije, monolitne grede, ploče, zidovi, stupovi

# **Project of structural analysis of the reinforced concrete business-residential building**

## **Abstract:**

Structural analysis of reinforced concrete business-residential building are presented in this work. The building consist of ground floor and five stories. Calculation of structural elements was performed in accordance with European standards using structural analysis software SCIA Engineer 19.1. Internal forces for the foundations, slabs ,walls, beams and columns were calculated and reinforced accordingly. The project is consisted od technical description, calculation of structural elements and characteristic structural drawings.

## **Ključne riječi:**

Business-residential building, structural analysis, monolithic beams, slabs, walls, columns

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

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Mario Pavić

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083217991

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

PREDMET: Betonske konstrukcije II

**ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

Tema: Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade

Opis zadatka: Na temelju zadanih arhitektonskih podloga potrebno je napraviti proračunski model građevine. Za dobivene rezultate potrebno je dimenzionirati nosive elemente konstrukcije te im odrediti potrebnu armaturu.

Projekt mora sadržavati:

- tehnički opis
- analizu opterećenja
- proračun
- građevne nacрте
- armaturne planove

U Splitu, ožujak 2021

Mentor Diplomskog rada:

Doc. dr. sc. Nikola Grgić

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:

Doc. dr. sc. Ivo Andrić

## SADRŽAJ

1. TEHNIČKI OPIS .....	4
1.1 Općenito.....	4
1.2 Konstruktivne pojedinosti .....	4
1.2.1 Lokacija konstrukcije .....	5
1.2.2 Norme za proračun armiranobetonskih konstrukcija .....	5
1.3 Geotehnički izvještaj.....	5
1.4 Program kvalitete i osiguranja kvalitete .....	6
2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI .....	7
2.1 Beton.....	7
2.1.1 Izvođenje betonskih radova .....	8
2.2 Armaturni čelik .....	9
3. NUMERIČKI MODEL .....	11
4. ANALIZA OPTEREĆENJA.....	13
4.1 Međukatna konstrukcija katova.....	13
4.2 Balkoni, lođe.....	15
4.3 Krovna konstrukcija.....	16
4.4 Stubište .....	17
4.5 Prikaz djelovanja.....	19
4.5.1 Međukatna ploča .....	19
4.5.2 Krovna ploča .....	20
4.5.3 Stubište.....	21
4.6 Opterećenje snijega na konstrukciju.....	22
4.7 Opterećenje vjetra na konstrukciju .....	25
4.8 Djelovanje potresa na konstrukciju .....	28
4.8.1 Proračun faktora ponašanja .....	29
4.9 Proračun zgrade na seizmičko djelovanje metodom spektralne analize prema EC-8	31
4.9.1 Ulazni proračunski spektar .....	31
4.9.2 Rezultati modalne analize.....	32
4.9.3 Prikaz vlastitih vektora.....	33
5. KOMBINACIJE DJELOVANJA.....	35
5.1 Granično stanje nosivosti .....	35
5.2 Granično stanje uporabljivosti.....	36
6. PRORAČUN KROVNE PLOČE .....	37
6.1 Prikaz modela i rezultata .....	37
6.2 Dimenzioniranje ploče .....	38
6.3 Kontrola progiba i pukotina krovne ploče .....	41
6.3.1 Kontrola progiba krovne ploče .....	41
6.3.2 Kontrola pukotina krovne ploče .....	43
7. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE.....	47
7.1 Prikaz modela i rezultata međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže .....	47

7.2	Dimenzioniranje ploče .....	48
7.3	Prikaz modela i rezultata međukatne ploče 1 etaže .....	50
7.4	Dimenzioniranje ploče .....	51
7.5	Kontrola progiba i pukotina međukatne ploče.....	53
7.5.1	Kontrola progiba međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže .....	53
7.5.2	Kontrola progiba međukatne ploče 1 etaže.....	54
7.5.3	Kontrola pukotina međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže .....	55
7.5.4	Kontrola pukotina međukatne ploče 1 etaže .....	58
8.	PRORAČUN TEMELJNE PLOČE.....	62
8.1	Winkler-ov model .....	62
8.2	Prikaz rezultata .....	64
8.3	Dimenzioniranje temeljne ploče.....	66
8.4	Kontrola progiba i pukotina temeljne ploče .....	69
8.4.1	Kontrola progiba .....	69
8.4.2	Kontrola pukotina.....	70
9.	PRORAČUN AB GREDA.....	74
9.1	Prikaz rezultata ab grede dimenzije $b/h=20/60$ .....	74
9.2	Dimenzioniranje ab grede dimenzije $b/h=20/60$ .....	75
9.2.1	Dimenzioniranje na moment savijanja u polju.....	76
9.2.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	76
9.3	Kontrola progiba i pukotina ab grede dimenzije $b/h=20/60$ .....	78
9.3.1	Kontrola progiba ab grede .....	78
9.3.2	Kontrola pukotina ab grede .....	80
9.4	Prikaz rezultata ab grede dimenzije $b/h=35/70$ .....	82
9.5	Dimenzioniranje ab grede dimenzije $b/h=35/70$ .....	83
9.5.1	Dimenzioniranje na moment savijanja u polju.....	84
9.5.2	Dimenzioniranje na moment savijanja nad ležajem.....	84
9.5.3	Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	85
9.6	Kontrola progiba i pukotina ab grede dimenzije $b/h=35/70$ .....	87
9.6.1	Kontrola progiba ab grede .....	87
9.6.2	Kontrola pukotina ab grede .....	88
10.	PRORAČUN STUPOVA.....	92
10.1	Dimenzioniranje stupa dimenzije $b/h=20/20$ .....	98
10.1.1	Dimenzioniranje na moment i uzdužnu silu.....	98
10.1.2	Dimenzioniranje na poprečnu silu .....	99
11.	PRORAČUN ZIDOVA.....	101
11.1	Opći podaci zida .....	101
11.2	Provjera efekata drugog reda.....	102
11.3	Prikaz reznih sila.....	102
11.4	Ovojnice reznih sila .....	104
11.4.1	Proračunska ovojnica momenta savijanja .....	104
11.4.2	Proračunska ovojnica poprečnih sila .....	105
11.5	Dimenzioniranje zida .....	106
11.5.1	Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu.....	106
11.5.2	Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature .....	108
11.5.3	Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost.....	109

11.5.4	Dijagonalni tlačni slom zbog posmika.....	110
11.5.5	Dijagonalni vlačni slom zbog posmika.....	110
11.5.6	Proračun ovojne armature u rubnom elementu .....	111
11.5.7	Izračun $\omega_{vd}$ za usvojeni detalj ovojne armature.....	111
12.	PRORAČUN STUBIŠTA .....	112
12.1	Prikaz modela i rezultata stubišta karakteristične etaže.....	112
12.2	Dimenzioniranje ploče stubišnog kraka karakteristične etaže .....	113
12.3	Kontrola progiba stubišta karakteristične etaže .....	116
12.4	Prikaz modela i rezultata stubišta prizemlja .....	117
12.5	Dimenzioniranje ploče stubišnog kraka karakteristične etaže .....	118
12.6	Kontrola progiba stubišta prizemlja .....	120
13.	LITERATURA.....	122
14.	GRAFIČKI PRILOZI.....	124



# 1. TEHNIČKI OPIS

## 1.1 Općenito

Zgrada se nalazi u Splitu, tlocrtnih dimenzija 36,20 x 15,80 m čija je bruto površina 2859,8 m<sup>2</sup>. Građevina je stambeno poslovne namjene, sastoji se od prizemlja i pet katova. U prizemlju je smješteno 6 poslovnih prostora.

Nosiva konstrukcija zgrade je načinjena od armiranobetonskih zidova, ploča, greda i stupova. Zgrada je temeljena na armiranobetonskoj ploči.

Zgrada ima dva ulaza radi velike duljine objekta od 36,20 m.

U oba ulaza vertikalnu komunikaciju čine dvokrako stubište i lift. Vertikalna komunikacija se proteže od prizemlja sve do posljednjeg kata predmetne građevine.

Razina prizemlja u odnosu na okolni teren je izdignuta za 5 cm. Na etaži su predviđena četiri stana koji se ponavljaju od prizemlja do posljednjeg kata. Građevina se ukupno sastoji od 20 stanova koji su svi trosobni.

Visina zgrade je 19,77 m od razine terena.

Građevina je završena sa ravnim krovom i parapetom visine 60 cm. Krov nema neku određenu namjenu. Ograda je postavljena na sve strane u slučaju potrebe održavanja krovne površine.

Okolni teren zgrade se također mora prikladno urediti. Svi infrastrukturni priključci će se izvesti u skladu sa zahtjevima komunalnih službi grada Splita i Splitsko-Dalmatinske županije.

Za izradu ovog diplomskog rada korištena je literatura [1-26].

## 1.2 Konstruktivne pojedinosti

Nosiva konstrukcija zgrade je načinjena od armiranobetonskih zidova, ploča, greda i stupova. Vertikalna i horizontalna opterećenja koja djeluju na konstrukciju se preko zidova, ploča, greda i stupova prenose na temeljnu ploču pa na temeljno tlo. Armiranobetonski zidovi i stupovi su osnovni elementi koji preuzimaju potresnu silu koja djeluje na konstrukciju. Dimenzioniranje zidova i stupova se vrši prema normi HRN EN 1998-1:2011, dok su ploče i grede dimenzionirane prema normi HRN EN 1992-1-1:2013.

Građevina je temeljena na armiranobetonskoj temeljnoj ploči koja je debljine 50 cm. Temeljenje je napravljeno u tlu tip A. Temeljna ploča je izvedena od betona klase C 30/37.

Armiranobetonski zidovi su debljine 20 cm izvedeni od betona klase C 25/30. Grede su armiranobetonske dimenzija 20x60 cm, 35/70 cm, 20/30 cm i 20/40 cm izvedene od betona klase C 25/30. Stupovi su armiranobetonski dimenzija 20x20 cm izvedeni od betona klase C 25/30.

Međukatne konstrukcije koje su izrađene od armiranog betona, lijevane na licu mjesta debljine 18 cm klase betona C25/30. Skidanje podupirača za ploče može se izvršiti nakon postignute minimalne čvrstoće od 80%.

Stubište je također izvedeno u armiranom betonu, debljina kraka i podesta je 16 cm. Krovna ploča je kao i međukatne ploče debljine 18 cm i izvedena je od armiranog betona.

Krovna i međukatne ploče te stubište (krakovi i podest) su izvedeni od betona klase C 25/30.

Za sve betonske elemente ugrađena je armatura B 500 B.

Pregradni zidovi su izvedeni kao lagane pregrade, zidane porobetonskim blokovima ili šupljom opekom. Uzeti su u obzir prilikom proračuna konstrukcije na način da su uključeni u dodatno stalno opterećenje ploča.

### 1.2.1 Lokacija konstrukcije

Lokacija građevina je grad Split, prema propisima područje grada Splita spada u II zonu opterećenja vjetrom, te je osnovna brzina vjetra 30 m/s. Računsko ubrzanje tla za granično stanje nosivosti s povratnim periodom od 475 godina iznosi 0,22g.

### 1.2.2 Norme za proračun armiranobetonskih konstrukcija

Proračun i dimenzioniranje elemenata konstrukcije zgrade je izvršen u skladu prema važećim normama. U nastavku su prikazane sve norme korištene za proračun konstrukcije.

*Tablica 1.1 Europske i hrvatske norme*

EC	Europske norme	Hrvatske norme	Opis
EC0	EN 1990	HRN EN 1991-1	Osnove projektiranja
EC1	EN 1991	HRN EN 1991	Opterećenja (djelovanja)
EC2	EN 1992	HRN EN 1992	Betonske konstrukcije
EC7	EN 1997	HRN EN 1997	Geomehanika
EC8	EN 1998	HRN EN 1998	Seizmika

## 1.3 Geotehnički izvještaj

Sastav tla je pretežno ujednačen. Protežu se slojevi lapora i vapnenca koji su tvrdi i odlični za temeljenje. U hidrogeološkom smislu, naslage lapora i vapnenca imaju veliku poroznost te se oborinske vode relativno brzo mogu procijediti u podzemlje.

Kako je predviđena dubina dna temelja smatra se da se temeljna ploča nalazi na kvalitetnoj matičnoj stijeni.

Iskop građevne jame je 1,20 m ispod razine terena. Iskop jame se izvrši u širokom iskopu s nagib zasjeka od 3:1. Prilikom iskopa potrebno je ukloniti sve nestabilne stijene, te je zasjek potrebno na prikladan način zaštititi od mogućeg urušavanja.

Nakon iskopa temeljne jame, temeljnu plohu potrebno je ručno očistiti od ostataka razlomljenog materijala. Nakon obavljenog čišćenja temeljne plohe potrebno je sve neravnine izravnati odnosno popuniti sa podložnim betonom klase C 16/20 do projektom predviđene kote temeljenja.

Ukoliko se naiđe na kavernu veće dubine i manje širine, a nije moguće u potpunosti ukloniti materijal, sanaciju izvesti tako da se materijal ukloni do dubine cca 50 cm ispod kote temelja, a nastali prostor do projektirane kote zapuniti podložnim betonom.

Dopuštena centrična naprezanja tla uzeta su za osnovna opterećenja 500 kPa. Za ovaj način kojim je temeljena predmetna građevina ne predviđaju se velika slijeganja ni pojava diferencijalnih slijeganja.

#### **1.4 Program kvalitete i osiguranja kvalitete**

Materijali, oprema, proizvodi i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Ako nije navedena niti jedna norma obvezno je primijeniti odgovarajuće EN norme (europska norma). Ako se u međuvremenu neka norma ili propis stavi van upotrebe, važiti će zamjenjujuća norma ili propis.

Ovi tehnički uvjeti i program kontrole kvaliteta, izrađeni prema odredbama zakona. Sadrže tehničke uvjete izvođenja radova, tehnologiju izvođenja i ocjenjivanje kvalitete. Tehnički uvjeti vrijede za radove na konstrukciji i za radove koji se naknadno odrede na gradilištu.

O izvršenim kontrolnim ispitivanjima materijala koji se ugrađuje u građevinu mora se za cijelo vrijeme građenja voditi evidencija. Potrebno sačiniti izvješće o pogodnosti ugrađenih materijala sukladno projektu, citiranim pravilnicima, normama i standardima. Za materijale koji podliježu obveznom atestiranju mora se izdati atestna dokumentacija sukladno propisima i pravilima.

## 2. KONSTRUKTIVNI MATERIJALI

### 2.1 Beton

Beton kao građevinski materijal se dobiva miješanjem veziva (cementa), vode i agregata. Beton se općenito smatra homogenim i izotropnim materijalom. Ako beton promatramo na mikro nivou može se zaključiti da je zapravo nehomogene strukture.

Gustoća nearmiranog betona je između 2000-2700 kg/m<sup>3</sup>, ovisno o sastavu. Za uobičajene betone uzima se  $\rho=2400$  kg/m<sup>3</sup>, dok gustoća armiranog betona obično se uzima  $\rho=2500$  kg/m<sup>3</sup>.

Jedna od glavna karakteristika betona je njegova mehanička čvrstoća (tlačna, vlačna i posmična). Na mehanička svojstva betona utječu razni čimbenici kao što su: kakvoća cementa, granulometrijski sastav agregata, vodocementni faktor, njega betona itd.

Proizvođač betona je odgovoran za kvalitetu i transport betona, a izvođač radova za ugradnju, zbijanje i njegu svježeg betona. Kontrola kvalitete betona isporučenog iz betonare na gradilište obaveza je izvođača radova.

Beton konstrukcije, odnosno njegovi vanjski elementi bit će izloženi djelovanja iz okoliša. Navedena djelovanja specificirana su ovisno o agresivnosti okoliša, te na osnovu toga zahtjeva za minimalni zaštitni sloj projektiranog betona. Ovisno o razredu izloženosti i agresivnosti moraju se poštivati granične vrijednosti sastava i svojstava betona.

Zaštitni slojevi betona do armature iznose 3 cm za ploče, grede, stupove i zidove, klase betona C 25/20. Za temeljnu ploču zaštitni sloj iznosi 5 cm, klase betona C30/37.

Po potrebi betonu dodati odgovarajući dodatak za lakšu ugradnju.

Debljinu zaštitnog sloja osigurati dovoljnim brojem kvalitetnih distancera. Kvalitetu zaštitnog sloja osigurati kvalitetnom oplatom i ugradnjom betona, ako je potrebno sa dodacima betonu i ostalim rješenjima prema projektu betona. Veličina i kvaliteta zaštitnog sloja betona uvelike su presudni faktori za trajnost objekta. U potpunosti treba poštivati projektirani raspored, položaj i profile armaturnih šipki i čeličnih sidara, koji trebaju biti nepomični kod betoniranja. Da se spriječi istjecanje cementne paste bilo bi korisno da se na zbijenu podlogu prije betoniranja položiti pvc foliju.

Beton je nelinearan materijal, ako se u kratkom periodu nanese opterećenje, deformacije rastu linearno do naprezanja koje je približno iznosi 0,4 f. Nakon toga ponašanje betona je izrazito nelinearno. Maksimalna čvrstoća betona dostiže se pri deformaciji od 2 ‰ nakon čega čvrstoća opada, a lom betona se događa pri deformaciji nešto većoj od 3,5 ‰.

Stvarni oblik veze između naprezanja i deformacija u betona ovisi o raznim faktorima kao što su: vrsta opterećenja, stanju naprezanja u elementu (jednoosno, dvoosno ili višeosno), kvaliteti betona, obliku poprečnog presjeka, količini armature itd. Stoga za potrebe proračuna odnosno dimenzioniranja betonskih elemenata ili armiranobetonskih elemenata potrebno je pronaći analitičku vezu između naprezanja i deformacija u betona. Veza mora biti jednostavna i primjenjiva u praksi, a da što bolje opisuje stvarnu vezu. Stoga se primjenjuje računski dijagram betona.

Kako bismo u proračunu uzeli u obzir raspucavanje betonskih elemenata, uzima se da je elastična krutost pri savijanju i posmiku jednaka polovini krutosti neraspucanog betonskog elementa. U numeričkom modelu je to napravljeno tako da je betonu koji dolazi u zidove smanjen modul elastičnosti za 50 %.

### 2.1.1 Izvođenje betonskih radova

Izvođač radova treba izvesti betonske i armirano-betonske radove u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670-1.

Pogon gdje se odvija proizvodnju betona mora ispunjavati zahtjeve norme HRN EN 206-1- Beton – 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost. Za svaku vrstu betona proizvođač kod proizvodnje i izvođač kod ugradnje dužan je dostaviti odgovarajuću ispravu o sukladnosti.

Ugradnja betona na gradilištu se provodi u skladu s HRN EN 13670-1, točkama 8, 9 i 10 i Dodatak E.

U fazi ugradnje početna temperatura svježeg betona ne smije biti niža od  $+5^{\circ}\text{C}$ , niti viša od  $+30^{\circ}\text{C}$ . Ako u je nekom slučaju temperatura izvan ovih granica, treba poduzeti mjere u skladu s TPBK.

Transport svježeg betona do gradilišta, te do samog mjesta ugradnje u oplatu treba biti kvalitetan, takav da ne dolazi do pojave segregacije betona.

Ugrađivanje betona u oplatu izvesti pomoću pumpe, te nakon ugradbe s potrebnim vibriranjem betona.

Beton u ranom razdoblju treba zaštititi u skladu s HRN EN 13670-1.

Neposredno nakon betoniranja, svježi beton treba biti zaštićen od slijedećeg: prebrzog isušivanja, brze izmjene topline, oborinske vode, vibracija koje mogu štetno utjecati na stvrdnjavanje. Beton se nakon ugradnje mora zaštititi da bi se postigla zadovoljavajuća hidratacija na površini, te izbjegnula moguća oštećenja zbog ranog i naglog skupljanja. Duljina trajanja njege betona određena je propisima, a najbitnija je prva tri dana nakon ugradbe.

Oplata i skele moraju biti u skladu s HRN EN 13670-1, točka 5.

Skele i oplate moraju biti tako konstruirane i izvedene da mogu preuzeti opterećenja i utjecaje koji nastaju u izvođenju radova. Ne smije biti slijeganja i deformacija, kako bi se osigurala sigurnost i točnost elemenata konstrukcije predviđena projektom konstrukcije.

Oplata konstrukcije mora biti takva da se za cijelo vrijeme betoniranja na gube sastojci betona, te da vanjsko lice betona ispunjava sve zahtjeve date u projektu konstrukcije (glatki beton, natural beton, i sl.). Oplata se mora lako i bez značajnih oštećenja skidati s još neočvrstlog betona. Njene unutarnje stranice moraju biti čiste i premazane zaštitnim sredstvom, koje ne smije djelovati štetno na beton, mijenjati boju betona, utjecati na vezu armature i betona ili djelovati štetno na materijal koji se naknadno nanosi na betonsku konstrukciju.

Prilikom postavljanja oplata potrebno je izvesti nadvišenje oplata, ako je ono zahtijevano proračunom.

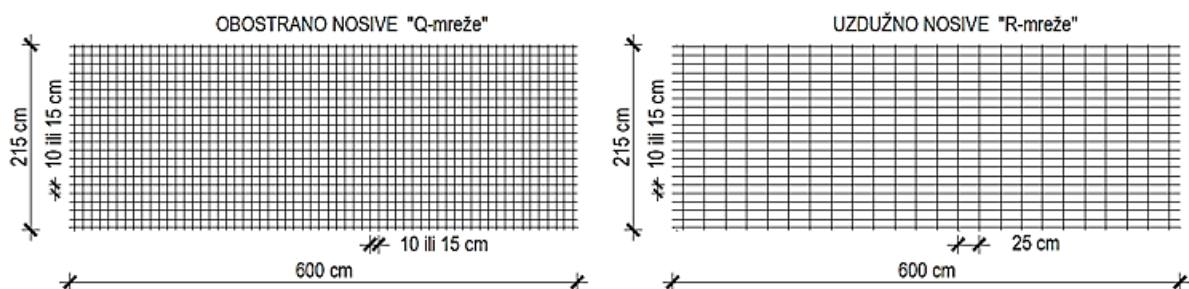
Sve plohe betona trebaju biti glatke i ujednačene boje. Posebne vizualne zahtjeve treba ispoštovati sve u skladu arhitektonskim projektom. Za svako odstupanje koji nije u skladu sa projektom, nadzorni inženjer je dužan izvijestiti projektanta i investitora. U cilju postizanja projektiranog izgleda ploha betona, nužno je koristiti odgovarajuću propisanu oplatu i adekvatno ugrađivati beton.

## 2.2 Armaturni čelik

Prema HRN EN 1992-1 tj. prema pratećim normama HRN EN 206 i HRN 10080 koriste se više vrste čelika za armiranje.

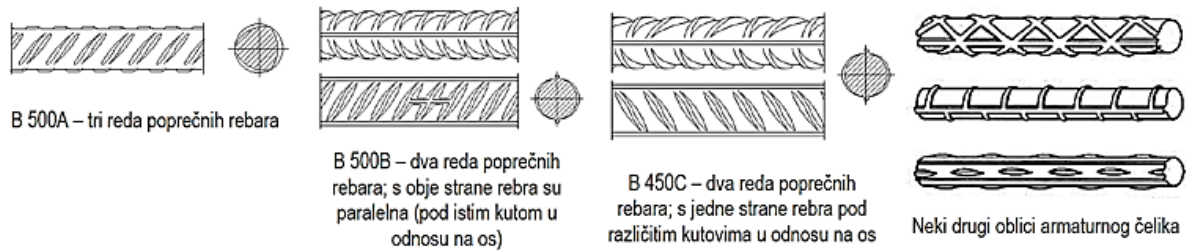
Čelici za armiranje podijeljeni su na žice ( $\phi \leq 16$  mm), šipke ( $\phi > 16$  mm), i mreže. Žice na gradilište mogu doći namotane u kolut, dok šipke se proizvode kao ravni elementi duljine do 12 m. Osim šipki armatura se isporučuje u obliku zavarenih mreža, uobičajna dimenzija mreže je 600x215 cm. Proizvode se u dva tipa mreža:

- Q-mreže; sastavljene se od istih profila šipki u oba smjera na istom razmaku (100 ili 150 mm), te imaju istu nosivost u poprečnom i uzdužnom smjeru.
- R-mreže; sastavljene se od različitih profila šipki, u dužem smjeru su postavljeni jači profili, jer je taj smjer nosivi. U dužem smjeru profili su postavljeni na razmaku 100 ili 150 mm, a u kraćem smjeru su postavljeni slabiji profili na razmaku 200 ili 250 mm.



Slika 2.1 Tipovi mreža

Čelici za armiranje razlikuju se prema granici popuštanja i granici duktilnosti. U oznaci čelika kojim se armira (npr. B500 B) broj predstavlja normiranu karakterističnu čvrstoću popuštanja u MPa, dok slovo predstavlja duktilnost čelika.



Slika 2.2 Oblici čelika za armiranje

Za proračun odnosno dimenzioniranje armirano betonskih elemenata predmetne građevine koristi se računski dijagram čelika koji se sastoji od dva pravca (bilinearna krivulja). Granično naprezanje čelika  $f_{yk}$  jednako je granici popuštanja čelika, odnosno usvaja se da je granična nosivost armature postignuta kada naprezanje u armaturi bude jednako granici popuštanja čelika.

Čelik za armiranje betona treba zadovoljavati sve uvjete propisane TPBK-om. Svaki proizvod dovezen na gradilište treba biti jasno označen i prepoznatljiv.

Ugradnju cijele armature potrebno je provesti u skladu s HRN EN 13670-1, te TPGK-om. Posebno je potrebno poštivati projektom predviđene razmake i zaštitne slojeve armature. Ni jedno betoniranje elementa zgrade ne može započeti bez prethodnog detaljnog pregleda armature od strane nadzornog inženjera i njegove dozvole.

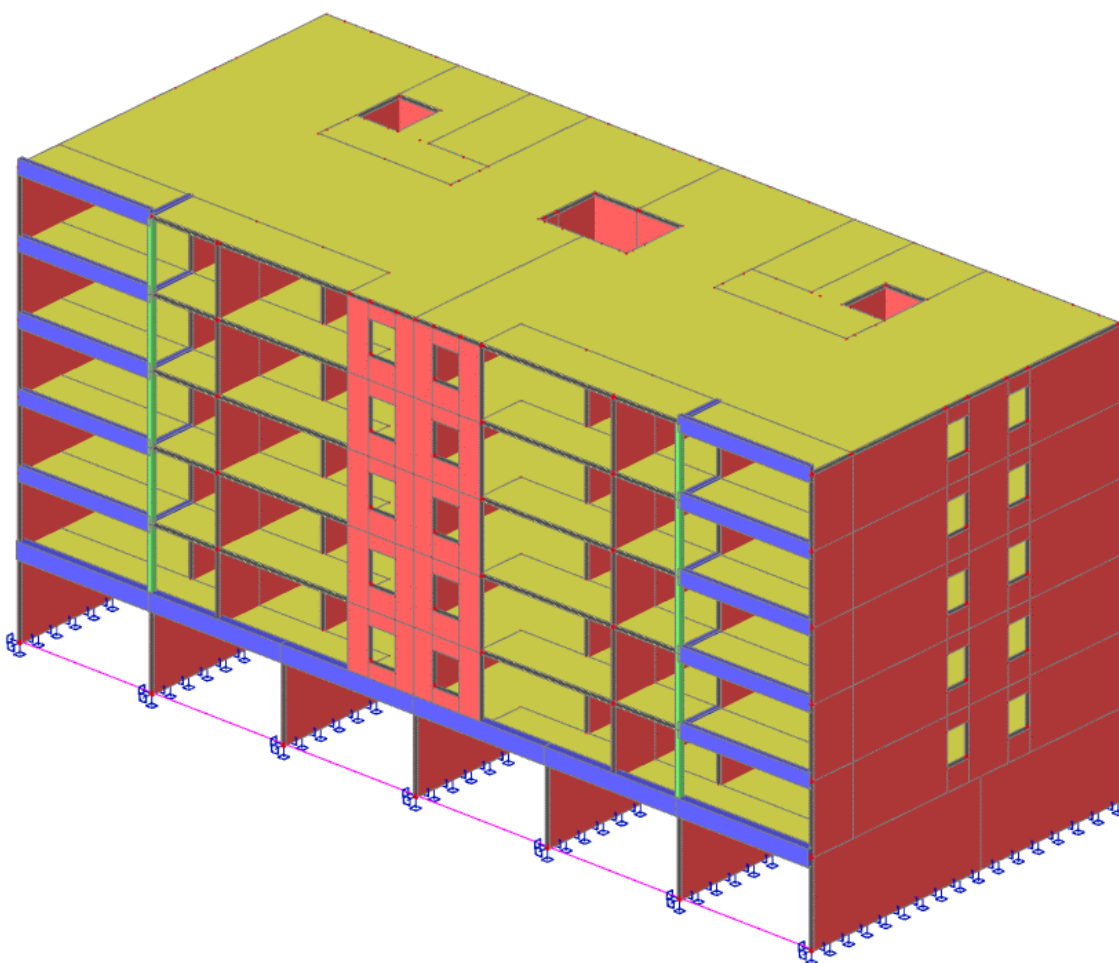
### 3. NUMERIČKI MODEL

Za proračun konstrukcije napravljen je 3D model zgrade koji se sastoji od 2D plošnih elemenata (ploče i zidovi) te štapnih 1D elemenata (grede i stupovi).

Međukatne konstrukcije su pune AB ploče debljine 18 cm, osim temeljne ploče koja je debljine 50 cm. Zidovi su armiranobetonski debljine 20 cm. Grede su dimenzija 20x60, 20x30, 35x70 i 20x40 cm. Stupovi su armiranobetonski dimenzija 20x20 cm. Zgrada se sastoji od prizemlja i pet etaža. Napravljena su dva modela zgrade, u prvom modelu građevina je modelirana sa upetim ležajevima, ovaj model će se koristiti za proračun ploča, zidova, greda i stupova. U drugom modelu građevina je modelirana sa temeljnom pločom koja se postavlja na elastičnoj podlozi. Kontakt konstrukcije sa tlom riješen je upotrebom Winkler-ovog modela. Ovaj model će se koristiti za proračun temeljne ploče. Model stubišta napravljen je zasebno, za model stubišta korišten je prostorni pločasti model.

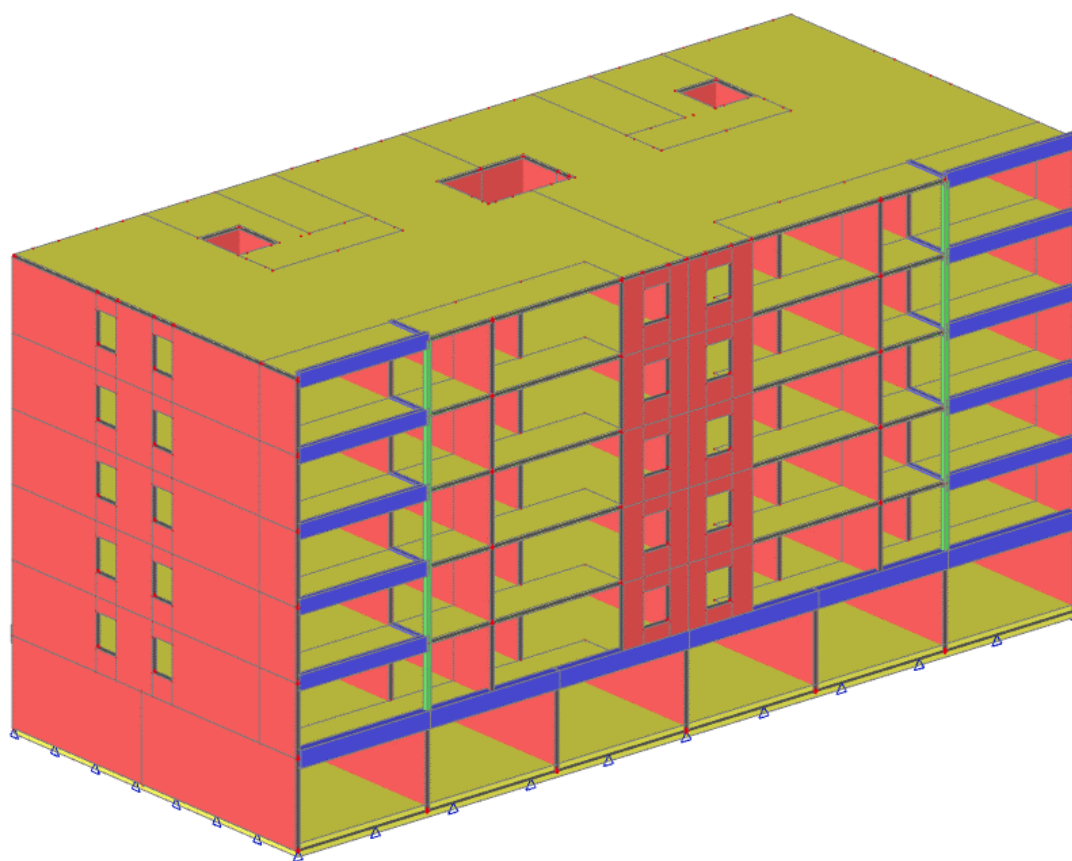
Prostorni model zgrade opterećen je stalnim opterećenjem (vlastita težina i dodatno stalno opterećenje), promjenjivim i izvanrednim opterećenjem.

Model je proračunat računalnim programom „SCIA Engineer 19.1“.

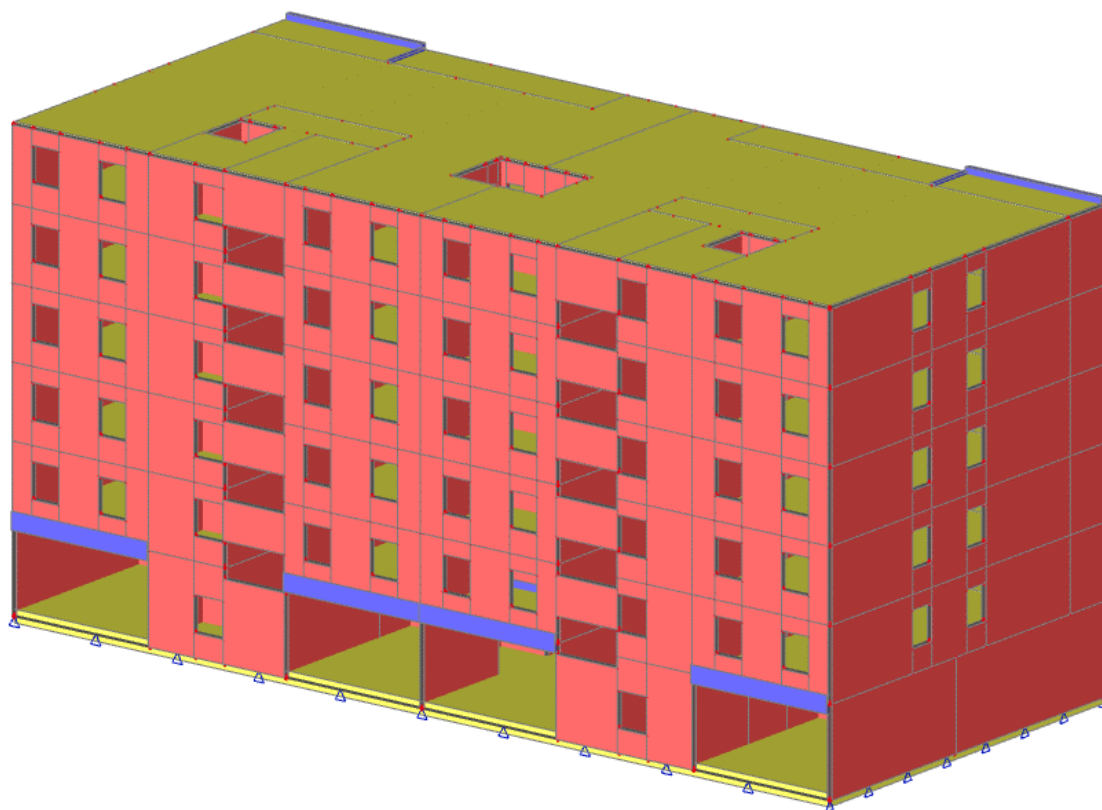


*Slika 3.1 Prikaz numeričkog modela konstrukcije sa upetim ležajevima*





Slika 3.2 Prikaz numeričkog modela konstrukcije sa temeljnom pločom (pogled 1)



Slika 3.3 Prikaz numeričkog modela konstrukcije sa temeljnom pločom (pogled 2)

## 4. ANALIZA OPTEREĆENJA

Podaci o osnovnim djelovanjima:

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

Tablica 4.1 Podaci o osnovnim djelovanjima

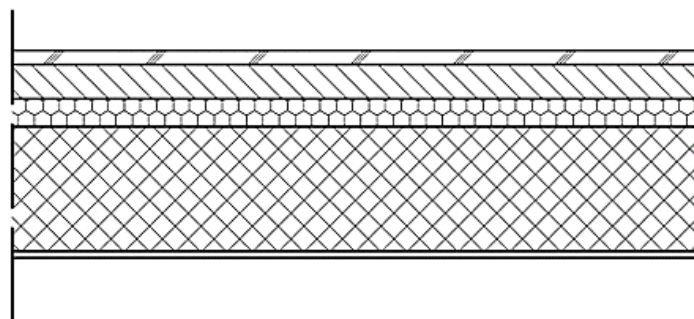
Oznaka osnovnog djelovanja	Opis djelovanja
<b>g</b>	Stalno djelovanje - vlastita težina elemenata nosive konstrukcije.
<b><math>\Delta g</math></b>	Dodatno stalno djelovanje - ostalo stalno djelovanje: pokrov, obloga (podovi, žbuke), stalna oprema itd.
<b>q</b>	Promjenjivo - uporabno djelovanje: uporabno opterećenje, pokretna oprema.
<b>w</b>	Vjetar.
<b>s</b>	Snijeg.
<b>S</b>	Potres.

### 4.1 Međukatna konstrukcija katova

Opća djelovanja na konstrukcije određena su prema HRN EN 1991-1-1:2012

Stalno opterećenje je uključeno u proračun prema sljedećem:

- Specifična težina armiranog betona iznosi  $g=25.0 \text{ kN/m}^3$ .
- Opterećenje od vlastite težine elemenata armirano betonske konstrukcije sadržano je u proračunskom modelu, sukladno dimenzijama poprečnih presjeka i specifičnoj težini.



Slika 4.1 Grafički prikaz slojeva međukatne konstrukcije stanbenog prostora

Tablica 4.2 Slojevi međukatne konstrukcije sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d* $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Završna obloga poda: parket, pločice	0,02	12,0	0,24
Cementni estrih, armiran	0,05	24,0	1,2
Hidroizolacija	-	-	-
Toplinska izolacija	0,04	0,12	0,0048
Armiranobetonska ploča	0,18	25,0	4,5
Završna obrada pogleda	-	-	-

Opterećenje od težine slojeva poda je: 1,45 kN/m<sup>2</sup>

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

U dodatno stalno opterećenje spadaju još instalacije, pregradni zidovi i ostali tereti.

Za ukupnu vrijednost njihove težine uzeto je 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

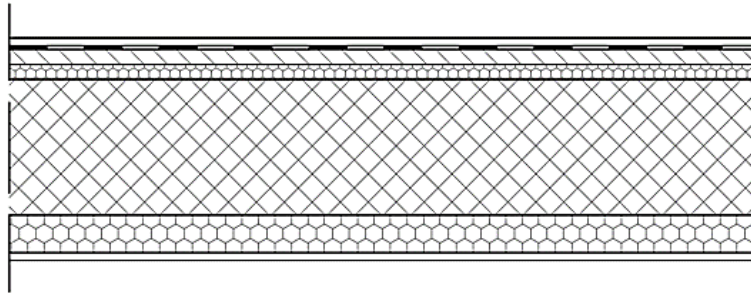
Ukupna vrijednost dodatnog stalnog opterećenja  $\Delta g = 1,45 + 1,0 = 2,45$  kN/m<sup>2</sup>.

Tablica 4.3 Uporabna opterećenja stropova u zgradama

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

Iz tablice odabrana vrijednost promjenjivog opterećenja:  $q = 1,5$  kN/m<sup>2</sup>

## 4.2 Balkoni, lođe



Slika 4.2 Grafički prikaz slojeva međukatne konstrukcije balkona, lođe

Tablica 4.4 Slojevi balkona, lođa sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d* $\gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Hodna obloga: pločice	0,01	14,0	0,14
Hidroizolacija	-	-	-
Cementni estrih, armiran, izveden u padu	0,05	24,0	1,2
Toplinska izolacija	0,02	0,2	0,004
Armiranobetonska ploča	0,18	25,0	4,5
Toplinska izolacija: Za eliminaciju toplinskih mostova	0,05	0,12	0,006
Polimer-cementno ljepilo	0,005	15	0,075
Impregnacija	-	-	-
Završna obrada pogleda	-	-	-

Opterećenje od težine slojeva poda je: 1,42 kN/m<sup>2</sup>

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

U dodatno stalno opterećenje spadaju još zaštitna ograda i ostali tereti.

Za ukupnu vrijednost njihove težine uzeto je 1,0 kN/m<sup>2</sup>.

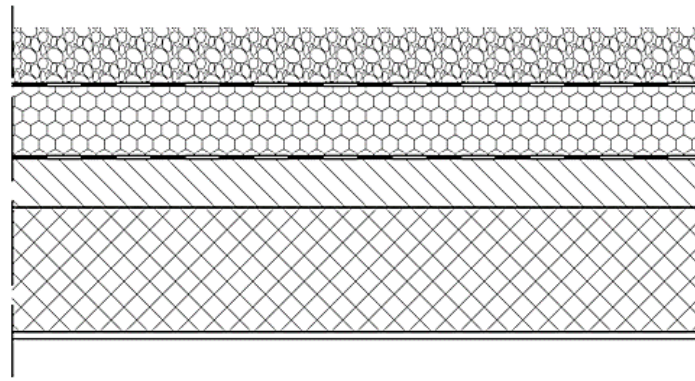
Ukupna vrijednost dodatnog stalnog opterećenja  $\Delta g = 1,42 + 1,0 = 2,42$  kN/m<sup>2</sup>.

Tablica 4.5 Uporabna opterećenja balkona, lođe u zgradama

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k^3$ [kN]
22	P <sup>g</sup>		Pristupi, balkoni i sl.	Krovne terase, trjemovi, lođe, balkoni, izlazni podesti	4,0	2,0

Iz tablice odabrana vrijednost promjenjivog opterećenja:  $q=4,0$  kN/m<sup>2</sup>

### 4.3 Krovna konstrukcija



Slika 4.3 Grafički prikaz slojeva konstrukcije krova

Tablica 4.6 Slojevi konstrukcije krova sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$d \cdot \gamma$ (kN/m <sup>2</sup> )
Šljunak	0,05	18,0	0,9
Geotekstil	0,00013	-	0,005
Hidroizolacija	0,0015	-	-
Termoobrađeni geotekstil	0,00013	-	0,003
Toplinska izolacija	0,1	0,2	0,02
Parna brana	0,005	-	-
Beton za pad, nagib min 1,5 %	0,07	24,0	1,68
Armiranobetonska ploča	0,18	25,0	4,5
Završna obrada pogleda	-	-	-

Opterećenje od težine slojeva poda je:

2,61 kN/m<sup>2</sup>

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

U dodatno stalno opterećenje spadaju još instalacije i ostali tereti.

Za ukupnu vrijednost njihove težine uzeto je  $1,0 \text{ kN/m}^2$ .

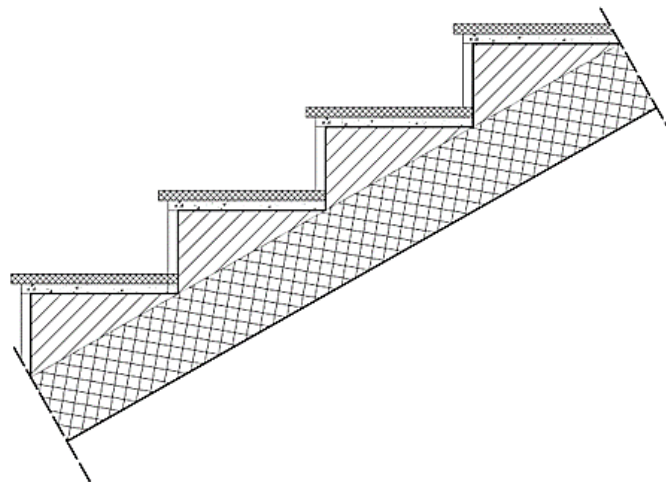
Ukupna vrijednost dodatnog stalnog opterećenja  $\Delta g = 2,61 + 1,0 = 3,61 \text{ kN/m}^2$

*Tablica 4.7 Uporabna opterećenja krovne konstrukcije kategorije H*

Krov		$q_k$ [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 $40^\circ$ vrijednosti $q_k$ 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 opterećenje djeluje vertikalno na horizontalnu projekciju krovne plohe.			

Iz tablice odabrana vrijednost promjenjivog opterećenja:  $q = 0,6 \text{ kN/m}^2$

#### 4.4 Stubište



*Slika 4.4 Grafički prikaz slojeva stubišta*

Tablica 4.8 Slojevi konstrukcije stubišta sa pripadajućom debljinom i specifičnom težinom

Opis sloja	Debljina d (m)	Specifična težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	d* $\gamma$ (kn/m <sup>2</sup> )
Završna obrada gazišta (kamena ploča)	0,02	28,0	0,56
Cementni namaz	0,01	20,0	0,20
Stuba	0,08	24,0	1,92
Armirano betonska ploča	0,16	25,0	4,0
Završna obrada pogleda	-	-	-

Opterećenje od težine slojeva poda je: 2,68 kN/m<sup>2</sup>

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

Ukupna vrijednost dodatnog stalnog opterećenja  $\Delta g=2,68$  kN/m<sup>2</sup>.

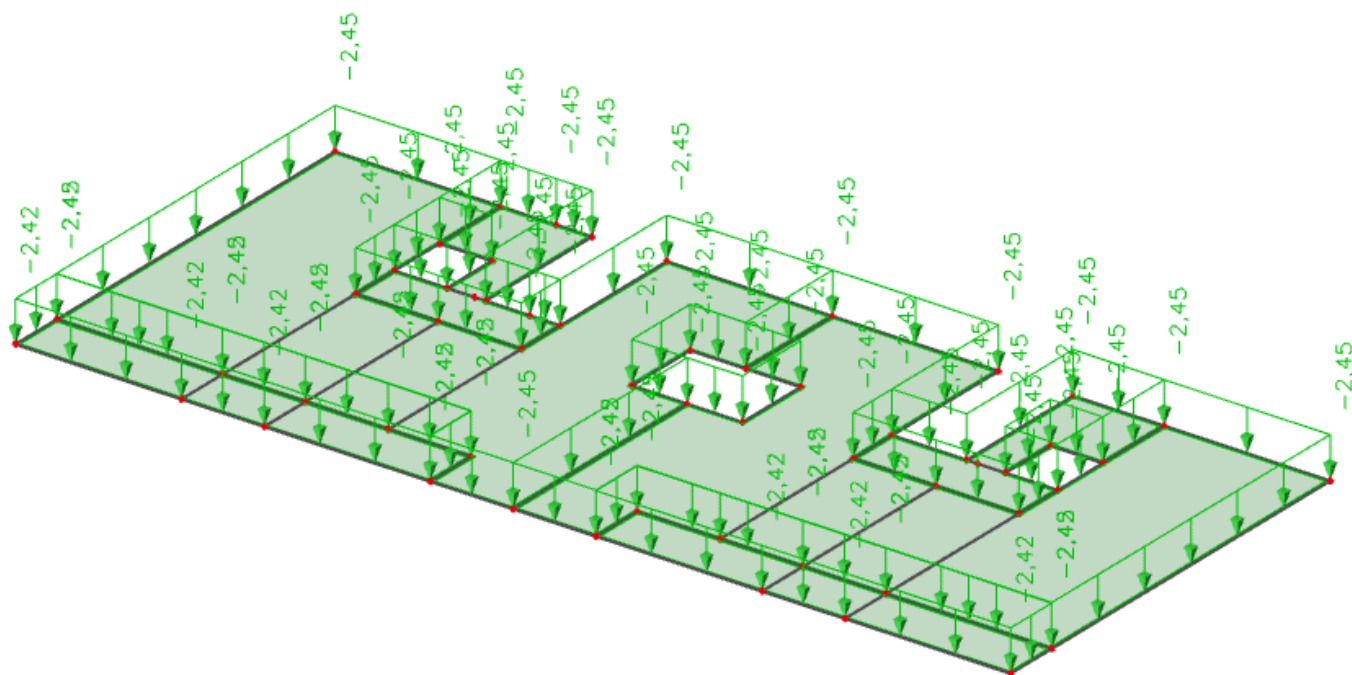
Tablica 4.9 Uporabna opterećenja stubišta u zgradama

Stupac	1		2	3	4	5
Redak	Kategorija		Namjena	Primjer	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k^3$ [kN ]
19	S <sup>g</sup>	S1	Stubišta i stubišni podesti	Stubišta i stubišni podesti u stambenim i uredskim zgradama i ambulancama, bez teške opreme	3,0	2,0
20		S2		Sva stubišta i stubišni podesti koji se ne mogu razvrstati u S1 ili S3	5,0	2,0
21		S3		Pristupi i stubišta koji vode do tribina bez nepomičnih sjedala, a služe kao izlazi za nuždu	7,5	3,0

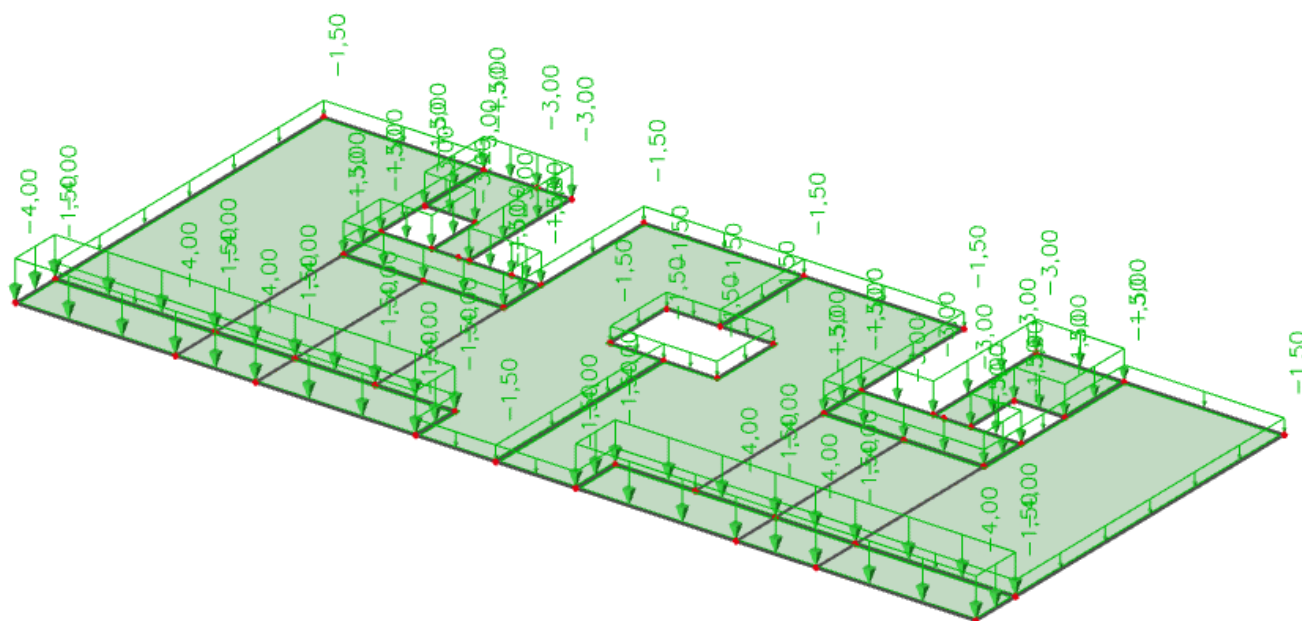
Iz tablice odabrana vrijednost promjenjivog opterećenja:  $q=3,0$  kN/m<sup>2</sup>

## 4.5 Prikaz djelovanja

### 4.5.1 Međukatna ploča



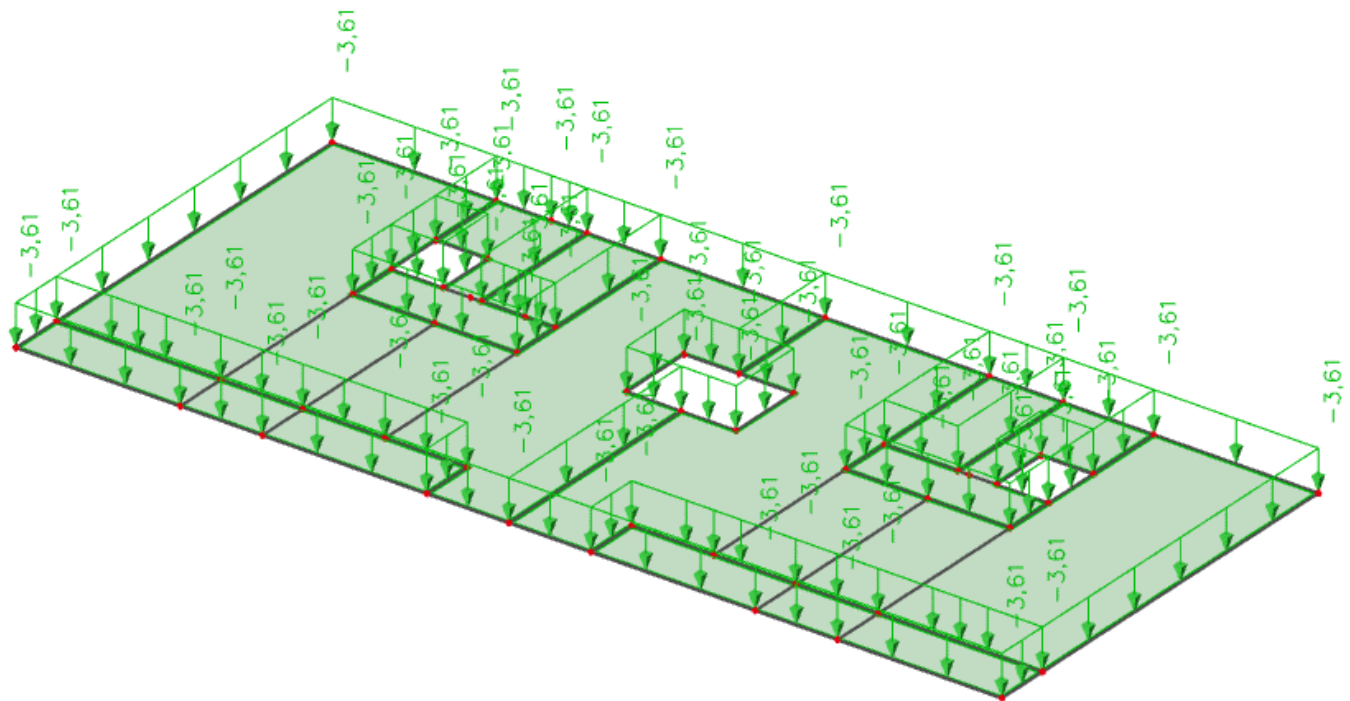
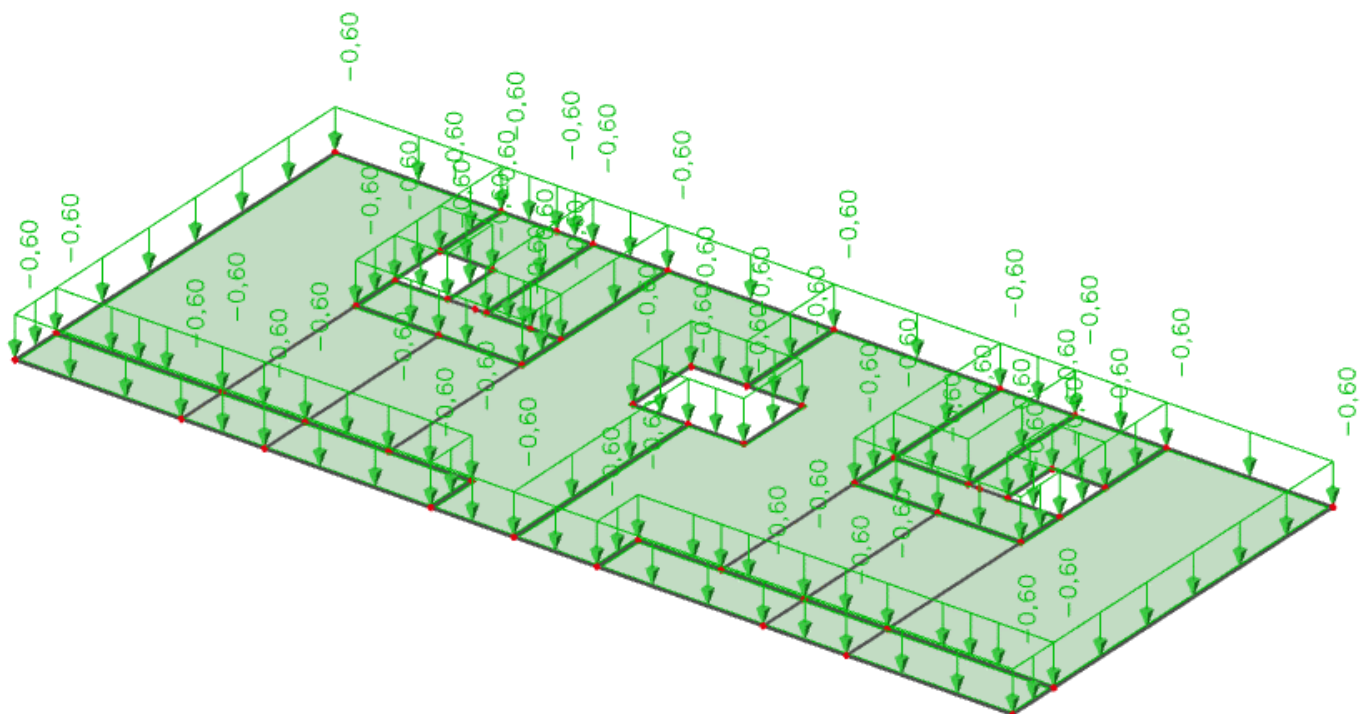
Slika 4.5 Dodatno stalno djelovanje  $\Delta g$  (kN/m<sup>2</sup>)



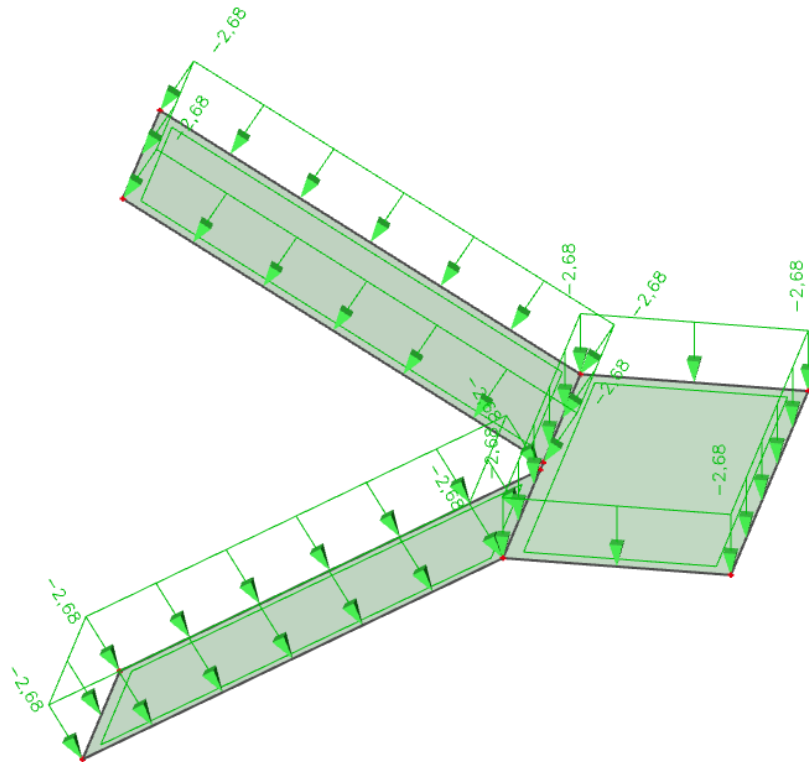
Slika 4.6 Promjenjivo djelovanje  $q$  (kN/m<sup>2</sup>)



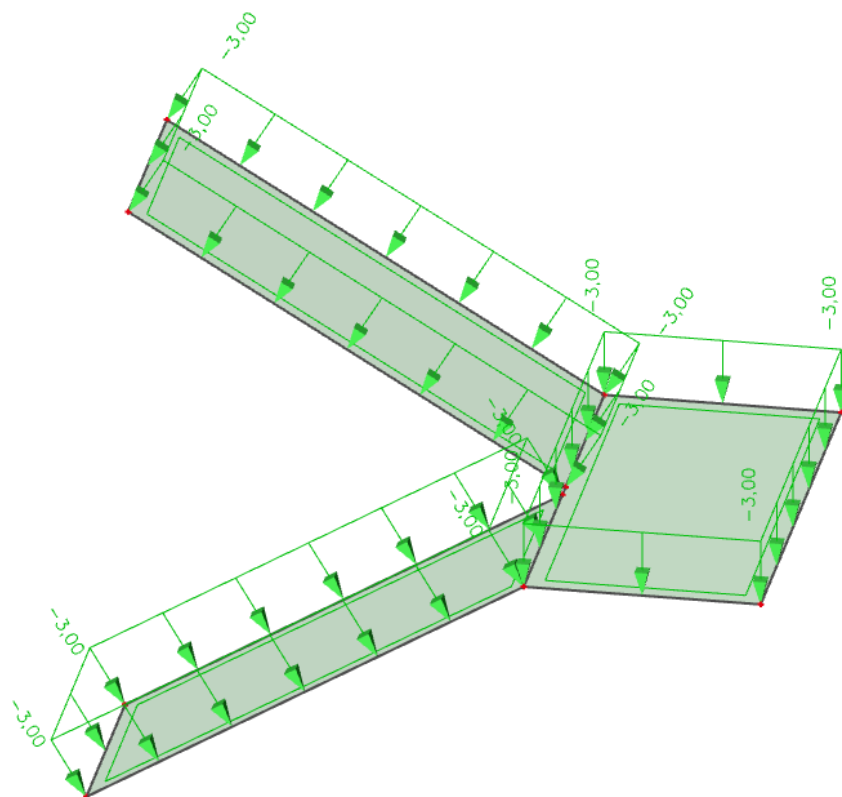
## 4.5.2 Krovna ploča

Slika 4.7 Dodatno stalno djelovanje  $\Delta g$  (kN/m<sup>2</sup>)Slika 4.8 Promjenjivo djelovanje  $q$  (kN/m<sup>2</sup>)

## 4.5.3 Stubište



Slika 4.9 Dodatno stalno djelovanje  $\Delta g$  ( $\text{kN/m}^2$ )



Slika 4.10 Promjenjivo djelovanje  $q$  ( $\text{kN/m}^2$ )

## 4.6 Opterećenje snijega na konstrukciju

Opterećenje snijega određeno je prema HRN EN 1991-1-3:2012

Razlikujemo 4 karakteristična snježna područja:

1. područje- priobalje i otoci
2. područje- zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre
3. područje- kontinentalna Hrvatska
4. područje- gorska Hrvatska

Opterećenje snijegom definirano je sljedećim izrazom:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.1)$$

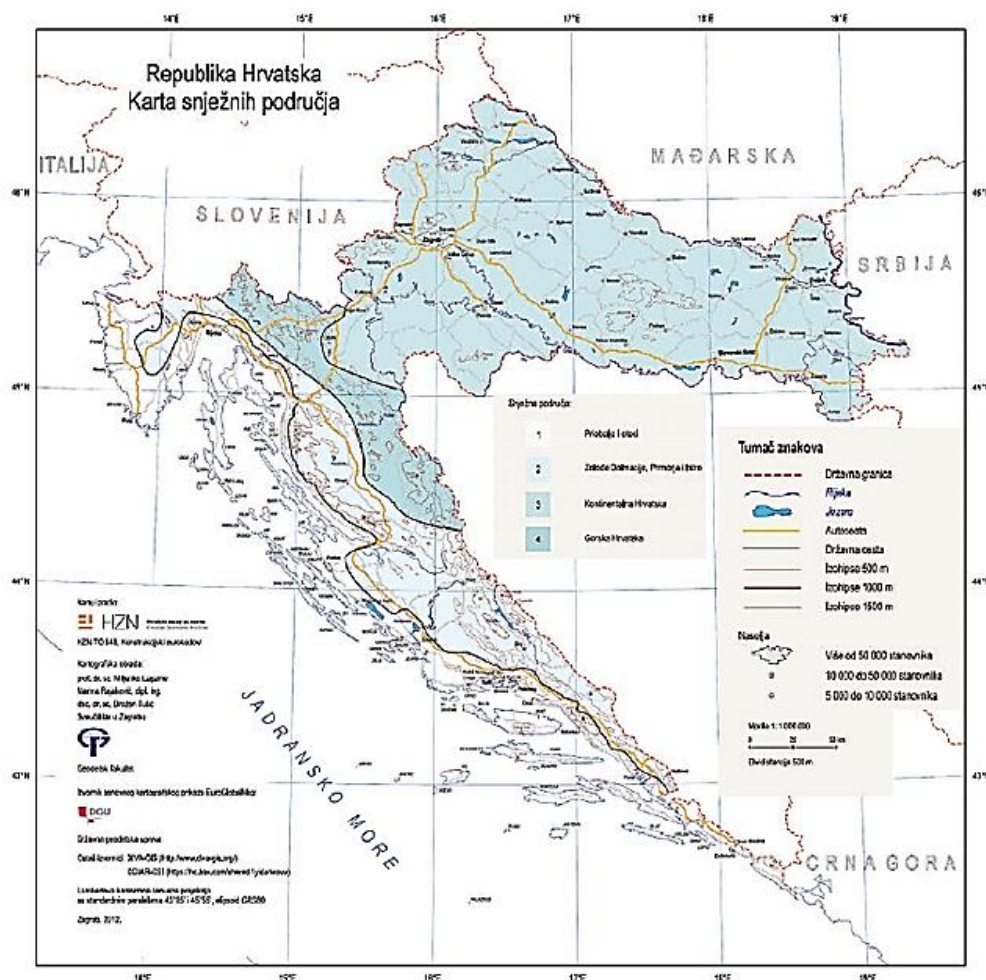
gdje je:

$\mu_i$  - koeficijent oblika opterećenja snijegom (ovisno o vrsti krova pogledat sliku 4.12)

$C_e$  - koeficijent izloženosti (pogledat tablicu 4.12)

$C_t$  - toplinski koeficijent = 1,0

$s_k$  - karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na tlu u kN/m<sup>2</sup>



Slika 4.11 Republika Hrvatska, karta snježnih područja

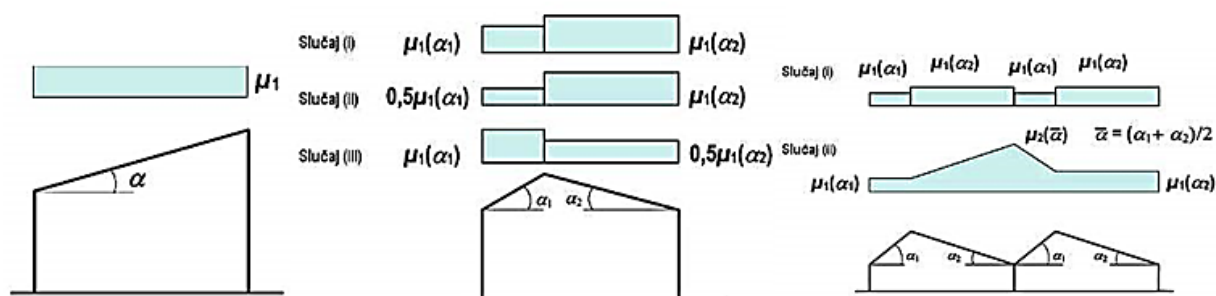
Tablica 4.10 Karakteristično opterećenje snijegom  $s_k$  za snježna područja i pripadajuće nadmorske visine

Nadmorska visina (m)	$s_k$ (kN/m <sup>2</sup> )			
	1. područje - priobalje i otoci	2. područje - zaleđe Dalmacije i Istre	3. područje - kontinentalna Hrvatska	4. područje - gorska Hrvatska
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00

Građevina se nalazi u Splitu tj. spada u 1. području i do 100 m nadmorske visine, te je iz tablice očitano  $s_k=0,50$  kN/m<sup>2</sup>.

Tablica 4.11 Koeficijenti oblika opterećenja snijegom ovisno o nagibu krova

Kut nagiba krova $\alpha$	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,6	-



Slika 4.12 Koeficijenti oblika ovisno o nagibu krova

Obzirom da građevina ima ravni krov iz tablice je odabrano:  $\mu_1=0,8$

Tablica 4.12 Vrijednosti koeficijenta  $C_e$  s obzirom na oblik terena

Oblik terena	$C_e$
Izložen vjetru <sup>a</sup>	0,8
Uobičajen <sup>b</sup>	1,0
Zaklonjen <sup>c</sup>	1,2

a Izložen vjetru: ravan, nezaklonjena područja izložena sa svih strana, bez zaklona ili s vrlo malo zaklona terenom, višim građevinama ili drvećem.  
b Uobičajen oblik terena: područja gdje ne dolazi do značajnijeg premještanja snijega na građevini zbog vjetra, terena, drugih građevina ili drveća.  
c Zaklonjen oblik terena: područja gdje je predmetna građevina značajno niža od okolnog terena ili okružena visokim drvećem i/ili okružena drugim visokim građevinama.

Za uobičajen oblik terena iz tablice je odabrana vrijednost koeficijenta izloženosti  $C_e=1,0$

Odabrane vrijednosti koeficijenata uvrštavamo u jednadžbu (4.1) i dobivamo opterećenje snijegom.

$$s = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,5$$

$$s = \mathbf{0,40 \text{ kN/m}^2}$$

*Napomena: S obzirom da lokacija građevine Split, utjecaj snijega nije značajan te se neće koristiti u proračunu.*

## 4.7 Opterećenje vjetra na konstrukciju

Opterećenje vjetrom određeno je prema HRN EN 1991-1-4:2012.

Osnovna brzina vjetra na konstrukcije definirana je jednadžbom:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (4.2)$$

gdje je:

$c_{dir}$  - faktor smjera vjetra (obično se uzima 1,0)

$c_{season}$  - faktor doba godine (obično se uzima 1,0)

$v_{b,0}$  - fundamentalna vrijednost osnovne brzine vjetra (očitava se iz karte - slika 4.13)



Slika 4.13 Karta osnovne brzine vjetra za Republiku Hrvatsku

$v_{b,0} = 30,0 \text{ m/s}$  (čitano iz karte za područje Splita)

Uvrštavanje odabranih vrijednosti koeficijenata u jednadžbu (4.2).

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 30,0 = 30,0 \text{ m/s}$$

Osnovni pritisak vjetra je:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (4.3)$$

gdje je:

$\rho$  - gustoća zraka (usvaja se vrijednost:  $1,25 \text{ kg/m}^3$ )

$v_b$  - osnovna brzina vjetra

Uvrštavanje vrijednosti osnovne brzine vjetra i gustoće zraka u jednadžbu (4.3).

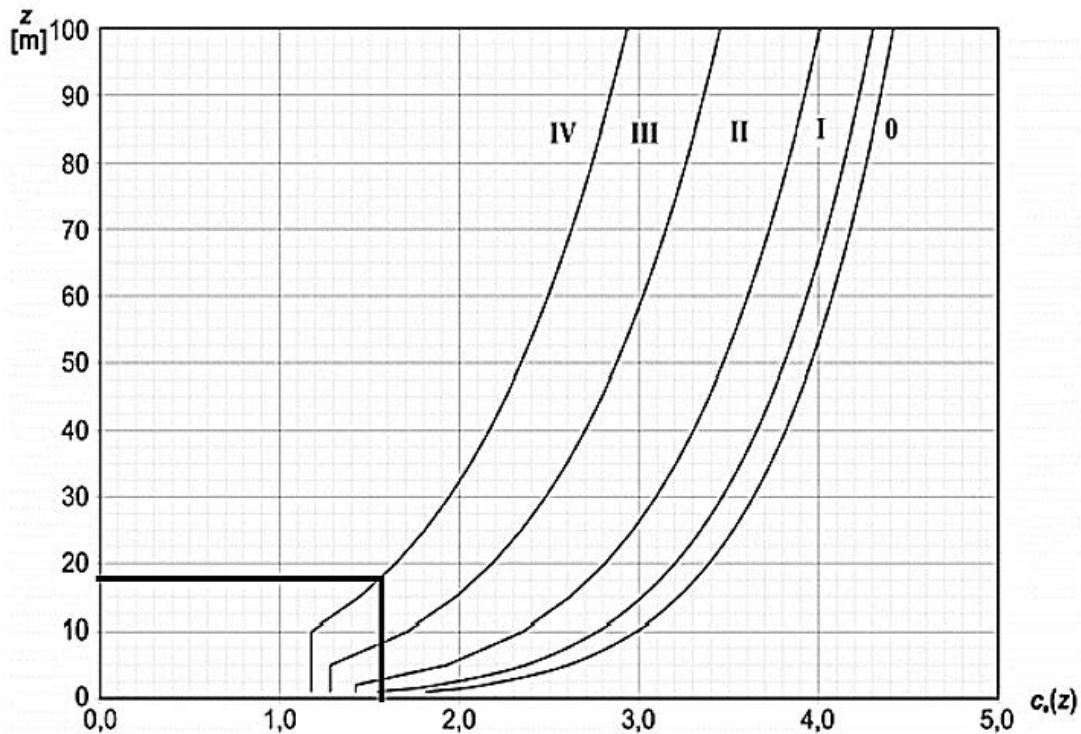
$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 30,0^2 = 390 \text{ N/m}^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Pritisak pri vršnoj brzini vjetra:

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (4.4)$$

gdje je:

$c_e(z)$  koeficijent izloženosti ovisan o visini građevine iznad tla ( $z$ ) i kategoriji terena (slika 4.14)



Slika 4.14 Grafički prikaz koeficijenta izloženosti  $c_e(z)$

Tablica 4.13 Kategorija i parametri terena s preporučenim vrijednostima za  $z_0$  (duljina hrapavosti) i  $z_{min}$  (najmanja visina)

Kategorija terena		$z_0$ (m)	$z_{min}$ (m)
0	More i priobalna područja izložena otvorenom moru	0,03	1,0
I	Jezera ili ravna i horizontalna područja sa zanemarivom vegetacijom i bez prepreka	0,01	1,0
II	Područja s niskom vegetacijom, npr. travom, i izoliranim preprekama (drveće, zgrade) s razmakom najmanje 20 visina prepreke	0,05	2,0
III	Područja sa stalnim pokrovom od vegetacije ili zgrade ili područja s izoliranim preprekama s razmakom najviše 20 visina prepreke (npr. sela, predgrađa, stalna šuma)	0,3	5,0
IV	Područja s najmanje 15 % površine pokrivena zgradama čija prosječna visina premašuje 15 m	1,0	10,0

Za kategoriju terena IV i visinu građevine od 18,5 metara iznad tla sa slike 4.14 očitana vrijednost koeficijenta  $c_e(z) = 1,60$ .

Uvrštavanje dobivenih vrijednosti koeficijenta  $c_e(z)$  i osnovnog tlaka vjetra u jednadžbu (4.4).

$$q_p(z) = 1,60 \cdot 0,39 = \mathbf{0,624 \text{ kN/m}^2}$$

*Napomena: S obzirom na lokaciju i visinu građevine opterećenje od potresa je znatno dominantnije djelovanje, zbog toga utjecaj vjetra nije značajan te se neće koristiti u proračunu.*

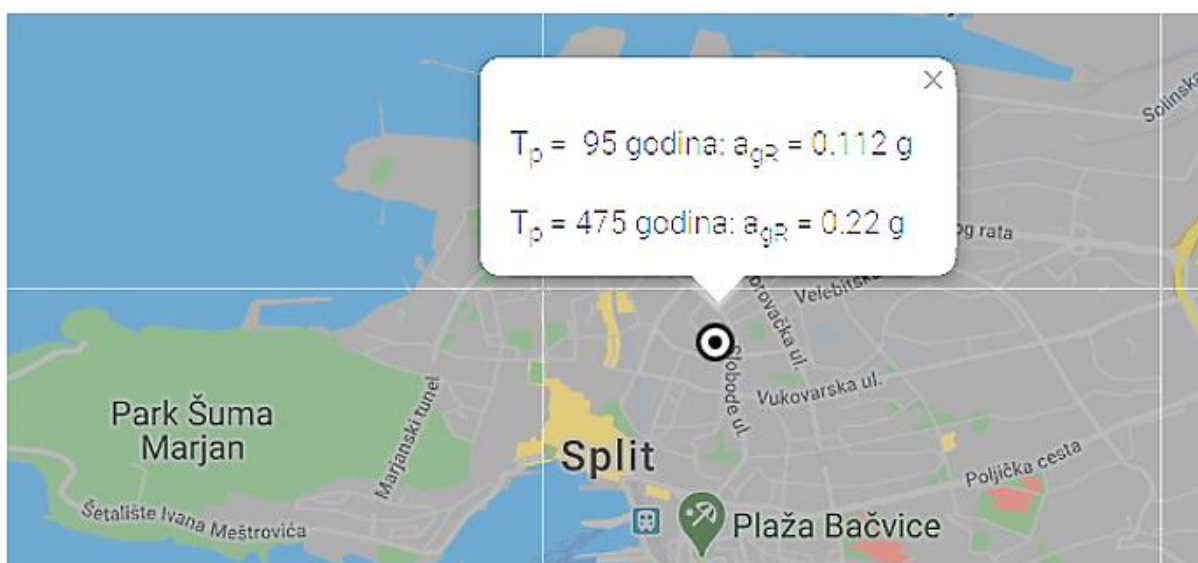


#### 4.8 Djelovanje potresa na konstrukciju

Djelovanje potresa određeno je prema HRN EN 1998-1:2011.

Za proračun seizmičkog opterećenja korištena je modalna (spektralna) analiza. Pri izračunu masa korištena je kombinacija stalnog opterećenja (vlastita težina konstrukcije i dodatno stalno opterećenje) i 15% promjenjivog opterećenja.

Potresne sile proračunate su prema EC-8 pomoću računalnog programa „SCIA Engineer 19.1“. Građevina se nalazi na lokaciji Split te je u nastavku priložena karta sa tumačem.



Slika 4.15 Seizmološka karta, prikaz parametara za lokaciju Split

Računsko ubrzanje tla očitano je sa slike 4.15:

Za povratni period od 475 godina, vršno ubrzanje tla za granično stanje nosivosti je  $a_g=0,22g$   
 $=2,158 \text{ m/s}^2$ .

Tablica 4.14 Razredi važnosti za zgrade

Razred Važnosti	Zgrade
I	Zgrade manje važnosti za javnu sigurnost npr. Poljoprivredne zgrade itd.
II	Obične zgrade koje ne pripadaju drugim kategorijama
III	Zgrade čija je potresna otpornost važna s obzirom na posljedice vezane s rušenjem npr. škole, dvorane za skupove, kulturne institucije itd.
IV	Zgrade čija je cjelovitost tijekom potresa od životne važnosti za civilnu zaštitu npr. bolnice, vatrogasne postaje, energetske itd.

Za razred važnosti II iz tablice je očitana vrijednost faktora važnosti  $\gamma_I=1,0$

Klasa duktilnosti betonskog presjeka: M

Opterećenja koja djeluju na konstrukciju zgrade:

$g$  - vlastita težina konstrukcije

$\Delta g$  - dodatno stalno opterećenje

$q$  - promjenjivo opterećenje

$S_x$  - potresno opterećenje u smjeru  $x$  (zadan spektar odgovora za smjer  $x + 30\%$  spektra odgovora za smjer  $y$ )

$S_y$  - potresno opterećenje u smjeru  $y$  (zadan spektar odgovora za smjer  $y + 30\%$  spektra odgovora za smjer  $x$ )

#### 4.8.1 Proračun faktora ponašanja

Faktor ponašanja  $q$  osigurava sposobnost konstrukcije da apsorbira i gubi energiju unesenu potresnom što se ostvaruje oštećenjem konstrukcije. Proračun se temelji na spektru odziva koji je umanjen u odnosu na elastični spektar, to je proračunski spektar koji se dobije da se elastični spektar reducira s faktorom ponašanja  $q$ .

Faktor ponašanja  $q$  za armiranobetonske konstrukcije definiran je slijedećim izrazom:

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 \quad (4.5)$$

gdje je:

$q_0$  - osnovni faktor ponašanja (pogledat tablicu 4.15)

$k_w$  - faktor prevladavajućeg oblika sloma (pogledat jednadžbu 4.7)

Tablica 4.15 Osnovne vrijednosti faktora ponašanja  $q_0$

Tip konstrukcije	Razred duktilnosti	
	DCM	DCH
Okvirni sustavi, dvojni sustavi, sustavi povezanih zidova	3,0 $\alpha_u/\alpha_1$	4,5 $\alpha_u/\alpha_1$
Sustav nepovezanih zidova	3,0	4,0 $\alpha_u/\alpha_1$
Torzijski savitljiv sustav	2,0	3,0
Sustav obrnutog njihala	1,5	2,0

Iz tablice je očitana za DCM i za okvirne sustavne, dvojne sustave i sustave povezanih zidova osnovna vrijednost faktora ponašanja  $q_0$  je:

$$q_0 = 3,0 \cdot \alpha_u/\alpha_1 \quad (4.6)$$

Za okvirne, dvojne sustave istovrijedni zidnim i sustave povezanih zidova  $\alpha_u/\alpha_1=1,2$

$$q_0 = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6$$

Faktorom  $k_w$  uzima se u obzir prevladavajući oblik sloma konstrukcijskih sustava od zidova:

$$k_w = \begin{cases} 1,0 & \text{za okvirne sustave i dvojne sustave istovrijedne okvirnim} \\ \frac{1+\alpha_0}{3} \leq 1 & \text{ali ne manje od } 0,5 \text{ za zidne sustave, sustve istovrijedne zidnim} \end{cases} \quad (4.7)$$

$$\alpha_0 = \frac{\sum h_{wi}}{\sum l_{wi}} \quad (4.8)$$

gdje je:

$h_{wi}$  - visina zida

$l_{wi}$  - duljina presjeka zida

$$\alpha_0 = \frac{197,7}{150,8} = 1,31$$

*Napomena: visina zida  $h_{wi}$  uzeta je od razine terena.*

Za zidne sustave, sustave istovrijedne zidnim vrijedi izraz:

$$k_W = \frac{1 + \alpha_0}{3} = \frac{1 + 1,31}{3} = 0,77$$

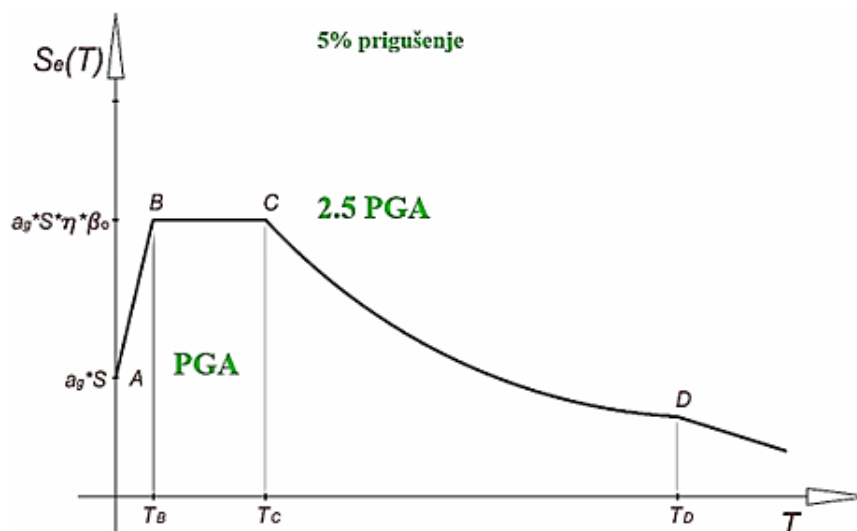
Faktor ponašanja  $q$  iznosi:

$$\begin{aligned} q &= q_0 \cdot k_W \geq 1,5 \\ q &= 3,6 \cdot 0,77 = \mathbf{2,77} \end{aligned} \quad (4.5)$$

## 4.9 Proračun zgrade na seizmičko djelovanje metodom spektralne analize prema EC-8

### 4.9.1 Ulazni proračunski spektar

Kao što je rečeno u cjelini prije to je proračunski spektar koji se dobije tako da se elastični spektar reducira s faktorom ponašanja  $q$ .



Slika 4.16 Europski opći elastični spektar

Gdje je:

$S_e(T)$  – elastični spektar odziva

$T$  – period osciliranja sustava s jednim stupnjem slobode

$a_g$  – proračunsko ubrzanje tla za određeni povratni period

$T_B$  – donja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

$T_C$  – gornja granica perioda s granom konstantnog spektralnog ubrzanja

$T_D$  – vrijednost koja definira početak konstantnog raspona odziva u spektru pomaka

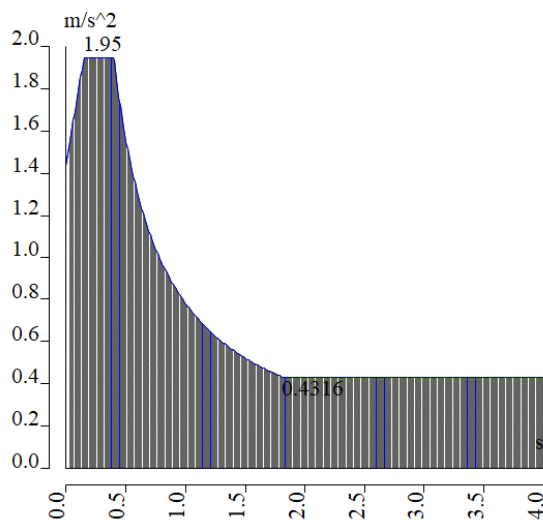
$S$  – parametar tla

$\eta$  – korekcijski faktor prigušenja čija je vrijednost  $\eta = 1$  za viskozno prigušenje 5%

Tablica 4.16 Prikaz karakterističnih perioda ovisno o tipu tla

Tip tla	S	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Iz tablice je očitano za spektar tipa 1, Klasa tla A:  $S = 1$ ;  $T_B = 0,15$ ;  $T_C = 0,40$ ;  $T_D = 2,0$



Slika 4.17 Grafički prikaz proračunskog spektra

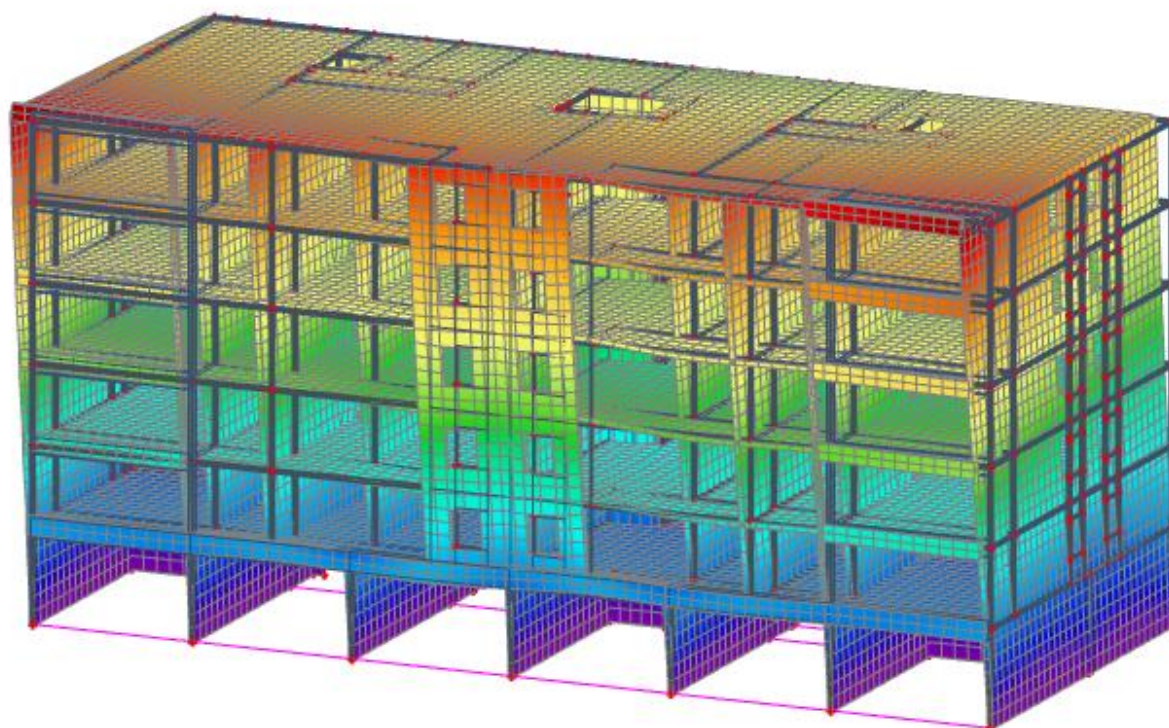
## 4.9.2 Rezultati modalne analize

Tablica 4.17 Prikaz sudjelujućih masa

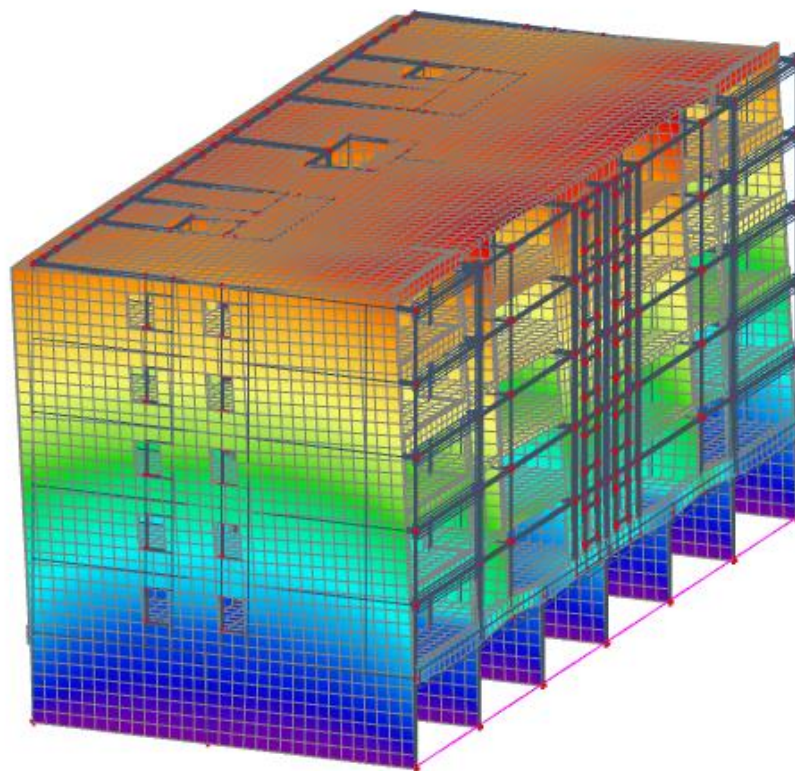
Relative modal masses									
Mode	mega [rad/s]	Period [s]	Freq. [Hz]	$W_{xi}/W_{xtot}$	$W_{yi}/W_{ytot}$	$W_{zi}/W_{ztot}$	$N_{xi\_R}/W_{xtot\_F}$	$N_{yi\_R}/W_{ytot\_F}$	$N_{zi\_R}/W_{ztot\_F}$
1	25.4595	0,25	4,05	0,7089	0,0000	0,0000	0,0000	0,0453	0,0684
2	38.6554	0,16	6,15	0,0000	0,6728	0,0054	0,2909	0,0000	0,0000
3	45.8939	0,14	7,30	0,1102	0,0000	0,0000	0,0000	0,0118	0,6081
4	57.0462	0,11	9,08	0,0070	0,0000	0,0002	0,0000	0,1265	0,0042
5	57.1689	0,11	9,10	0,0000	0,0020	0,0691	0,0005	0,0002	0,0000
6	61.4958	0,10	9,79	0,0079	0,0000	0,0002	0,0000	0,1496	0,0011
7	61.6864	0,10	9,82	0,0000	0,0013	0,0910	0,0004	0,0003	0,0000
8	62.5632	0,10	9,96	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0024	0,0000
9	62.5643	0,10	9,96	0,0000	0,0000	0,0014	0,0000	0,0003	0,0000
10	62.9152	0,10	10,01	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
11	62.9277	0,10	10,02	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
12	63.0816	0,10	10,04	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0105	0,0002
13	63.0967	0,10	10,04	0,0000	0,0000	0,0048	0,0000	0,0000	0,0000
14	69.4708	0,09	11,06	0,0000	0,0057	-0,0005	0,0147	0,0000	0,0000
15	69.4789	0,09	11,06	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0010	0,0136
16	74.1265	0,08	11,80	0,0006	0,0001	0,0000	0,0003	0,0000	0,0137
17	74.1371	0,08	11,80	0,0000	0,0063	0,0000	0,0236	0,0000	0,0002
18	74.482	0,08	11,85	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0013
19	74.8459	0,08	11,91	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000
20	74.8483	0,08	11,91	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
21	75.1848	0,08	11,97	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001
22	75.1889	0,08	11,97	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001
23	75.3693	0,08	12,00	0,0000	0,0000	0,0001	0,0005	0,0000	0,0000
24	75.3707	0,08	12,00	0,0000	0,0000	0,0001	0,0007	0,0000	0,0000
25	76.1905	0,08	12,13	0,0000	0,0000	0,0022	0,0016	0,0046	0,0000
26	76.2664	0,08	12,14	0,0001	0,0000	0,0023	0,0013	0,0063	0,0000
27	80.0022	0,08	12,73	0,1008	0,0000	0,0004	0,0000	0,0861	0,0371
28	82.5059	0,08	13,13	0,0006	0,0135	0,1570	0,0208	0,0005	0,0001
29	82.8462	0,08	13,19	0,0000	0,0001	0,0007	0,0001	0,0001	0,0000
30	84.8229	0,07	13,50	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0016	0,0001
31	86.8035	0,07	13,82	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0059	0,0002
32	87.231	0,07	13,88	0,0000	0,0001	0,0093	0,0009	0,0146	0,0000
33	87.7671	0,07	13,97	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0064	0,0007
34	88.8956	0,07	14,15	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0036	0,0000
35	89.6361	0,07	14,27	0,0000	0,0006	0,0174	0,0002	0,0101	0,0007
36	89.7385	0,07	14,28	0,0000	0,0004	0,0041	0,0004	0,0099	0,0021
37	90.5426	0,07	14,41	0,0000	0,0003	0,0034	0,0016	0,0059	0,0003
38	92.2593	0,07	14,68	0,0000	0,0031	0,0564	0,0056	0,0000	0,0000
39	96.3097	0,07	15,33	0,0000	0,0011	0,0158	0,0012	0,0002	0,0000
40	96.3695	0,07	15,34	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0170	0,0033
41	96.5285	0,07	15,36	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
42	97.6325	0,06	15,54	0,0000	0,0000	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000
43	98.1777	0,06	15,63	0,0000	0,0002	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000
44	98.6826	0,06	15,71	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000
45	98.6892	0,06	15,71	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000
46	98.9429	0,06	15,75	0,0000	0,0002	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000
47	98.9512	0,06	15,75	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
48	99.0066	0,06	15,76	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000
49	99.0139	0,06	15,76	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000
50	99.3577	0,06	15,81	0,0000	0,0005	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000
				0,9376	0,7086	0,4454	0,3667	0,5231	0,7559

Kod proračuna na potresno djelovanje korištena je višemodalna spektralna analiza u kojoj je uzeto 50 modova. Zbroj modalnih masa za 50 oblika koji su uzeti u proračunu iznosi 93,76 % za smjer x, a 70,86 % za smjer y. Prema EC-8 nije zadovoljen uvjet da suma svih upotrijebljenih vlastitih oblika u proračunu moraju aktivirati najmanje 90% ukupne mase, kao i svi vlastiti oblici sa minimalno 5% aktivirane mase. Zbog toga je potrebno povećati potresne sile. Potresna sila u smjeru y povećat će se za faktor  $k_y=1,30$ .

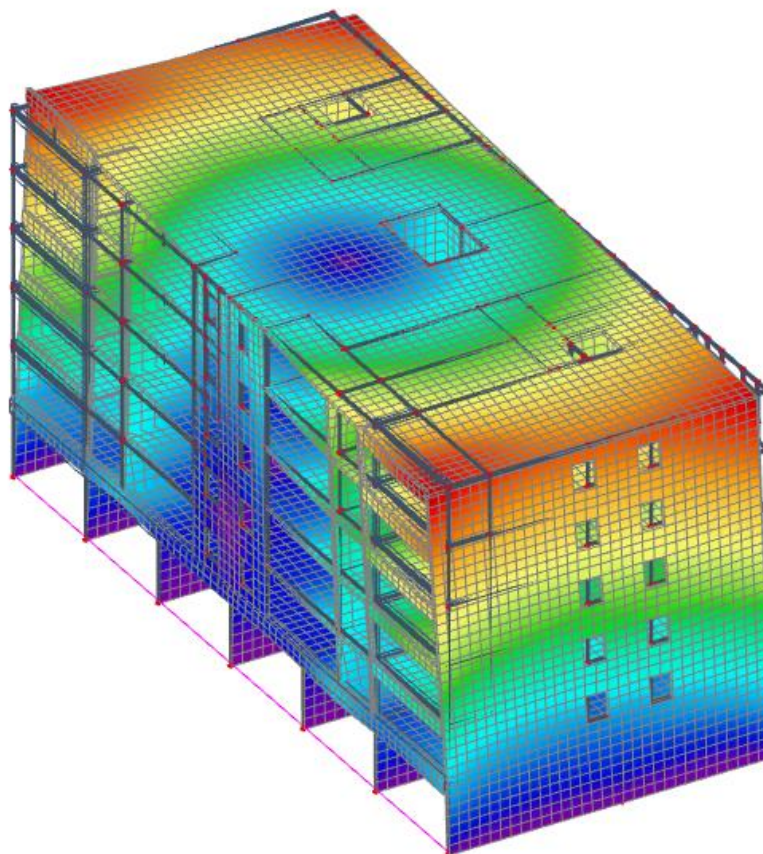
#### 4.9.3 Prikaz vlastitih vektora



*Slika 4.18 Grafički prikaz prvog vlastitog vektora*



*Slika 4.19 Grafički prikaz drugog vlastitog vektora*



*Slika 4.20 Grafički prikaz trećeg vlastitog vektora*

## 5. KOMBINAICJE DJELOVANJA

### 5.1 Granično stanje nosivosti

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

$$\mathbf{GSN-1} \quad 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

$g$  – vlastita težina konstrukcije  
 $\Delta g$  - dodatno stalno opterećenje  
 $q$  –promjenjivo opterećenje

Kombinaciju GSN-1 koristimo za proračun greda i ploča.

$$\mathbf{GSN+S_x} \quad 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$S_x$  – potresno djelovanje u smjeru  $x$

$$\mathbf{GSN+S_y} \quad 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_y$$

$S_y$  – potresno djelovanje u smjeru  $y$

S obzirom na zaključke iznesene u cjelini 4.9.2 potresna sila  $S_y$  će se povećati za faktor  $k_y = 1,30$

$$\mathbf{GSN+S_y} \quad 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,30 \cdot 1,0 \cdot S_y$$

Od navedenih potresnih kombinacija napraviti će se anvelopa koja će se koristiti za proračun nosivih zidova i stupova.

**ANV-Potres** (GSN+S<sub>x</sub>, GSN+S<sub>y</sub>)



## 5.2 Granično stanje uporabljivosti

$$\text{GSU-1 (česta kombinacija)} \quad \begin{array}{l} 1,0*(g + \Delta g) + \Psi_{1i}*q \\ 1,0*(g + \Delta g) + 0,5*q \end{array}$$

$\Psi_{1i}=0,5$  za promjenjiva djelovanja kod stambenih zgrada za čestu kombinaciju.

Česta kombinacija se koristi kod kontrole progiba ploča i greda, te kontrole pukotina ploča i greda.

$$\text{GSU-2 (nazovistalna kombinacija)} \quad \begin{array}{l} 1,0*(g + \Delta g) + \Psi_{2i}*q \\ 1,0*(g + \Delta g) + 0,3*q \end{array}$$

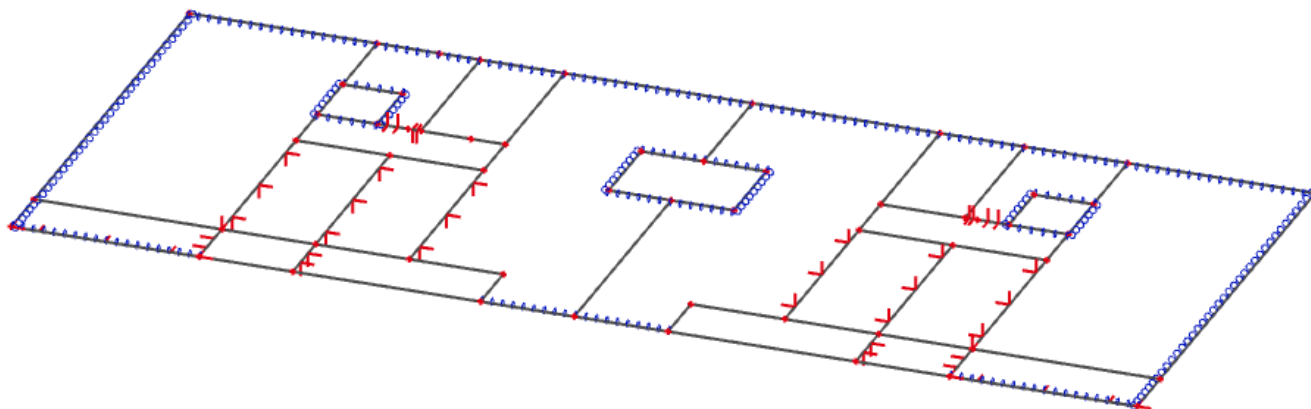
$\Psi_{2i}=0,3$  za promjenjiva djelovanja kod stambenih zgrada za nazovistalnu kombinaciju.

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

## 6. PRORAČUN KROVNE PLOČE

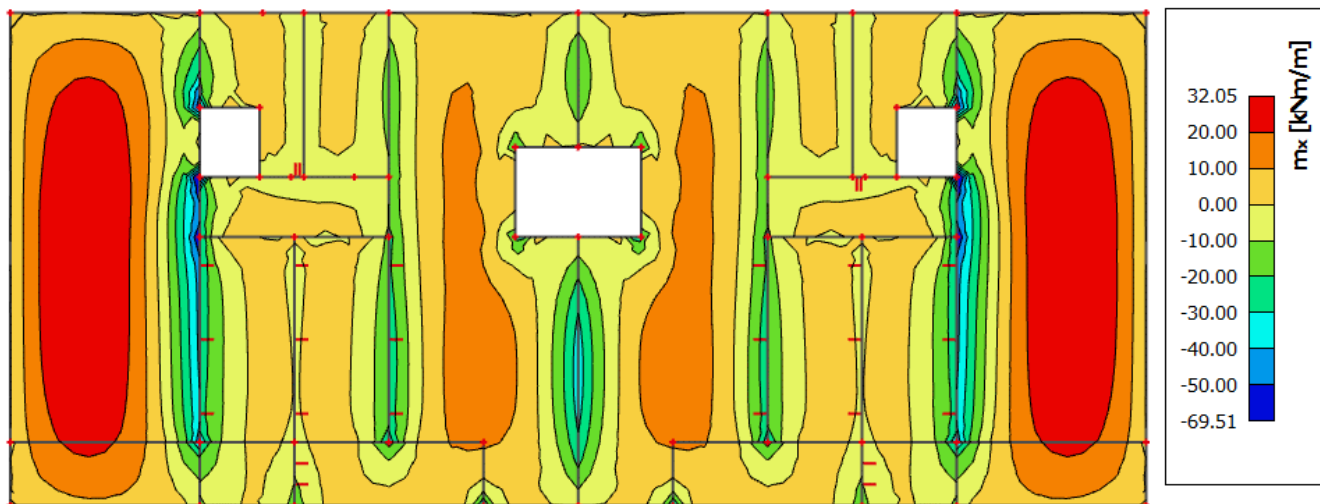
### 6.1 Prikaz modela i rezultata

U nastavku će se prikazati model krovne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

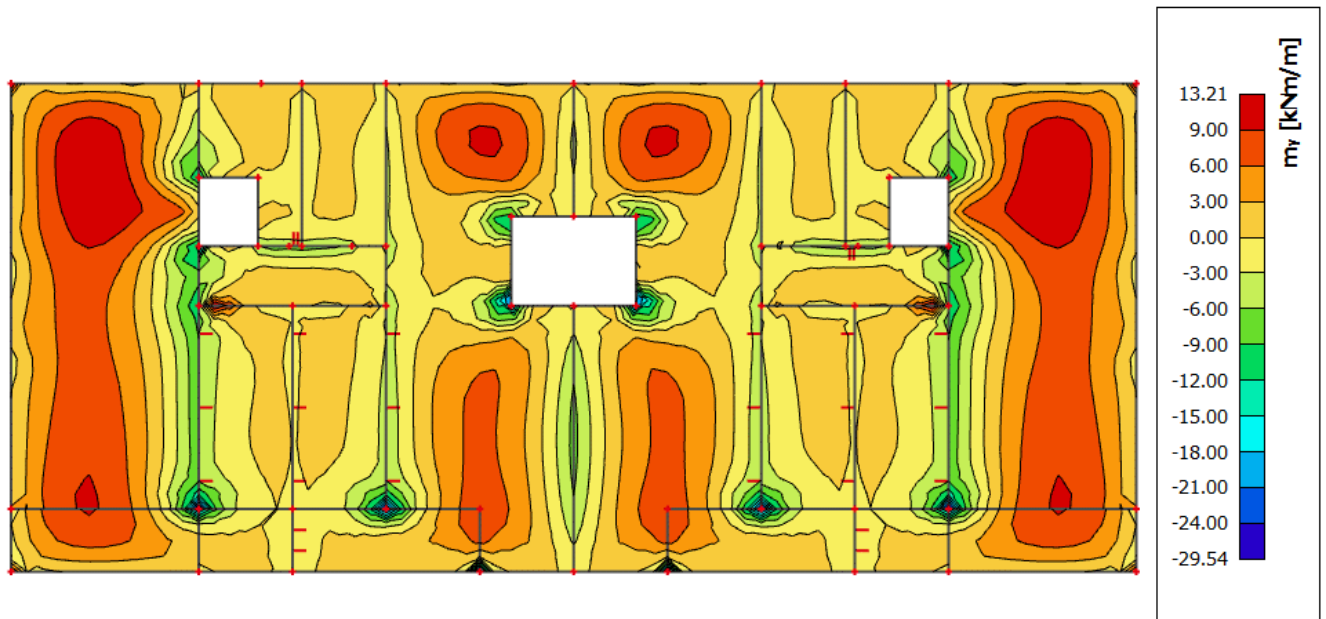


Slika 6.1 Grafički prikaz modela krovne ploče

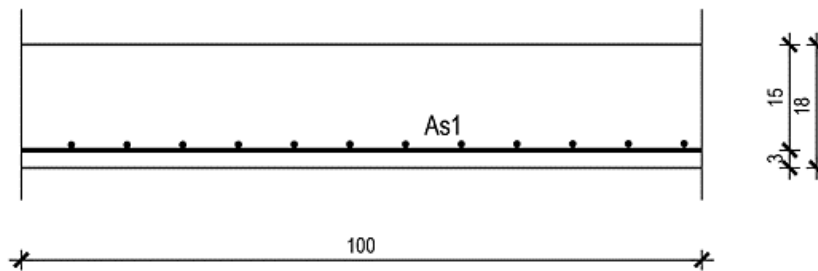
Momenti savijanja  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



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

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

## 6.2 Dimenzioniranje ploče



Slika 6.4 Poprečni presjek ploče

$h=18,0$  cm

zaštitni sloj:  $a=3,0$  cm;  $d=15,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

$f_{cd}= f_{ck} / 1.5=16,67$  MPa

Armatura: B 500B

$f_{yk}=500,0$  MPa

$f_{yd}= f_{yk} / 1.15=434,8$  MPa

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (6.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,15^2 \cdot 16,67 \cdot 1000 = 59,64 \text{ kNm}$$

Minimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (6.2)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 15,0 = 2,25 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (6.3)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{15,0}{50,0} = 1,8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (6.4)$$

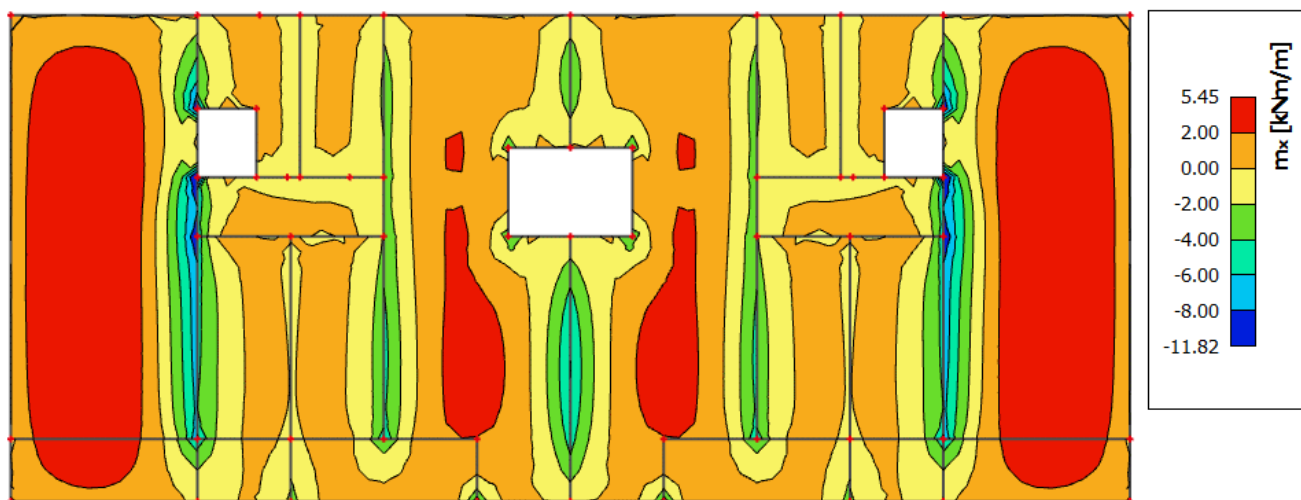
$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 15 \cdot \frac{16,67}{434,8} = 17,83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Za proračun potrebne armature usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ , potrebna armatura:

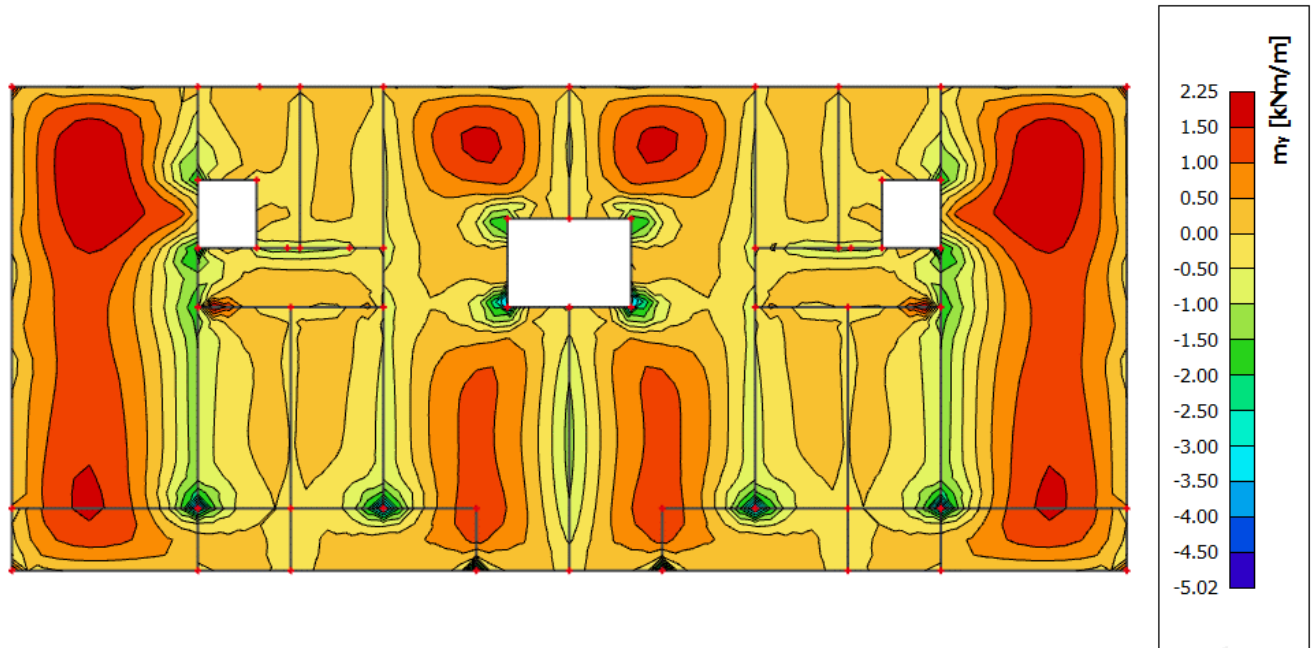
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (6.5)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 15,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,17$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature u krovnoj ploči za x i y smjer.



Slika 6.5 Armatura u krovnoj ploči smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1



Slika 6.6 Armatura u krovnoj ploči smjer  $A_{s,y-y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

*Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % te povećati u polju za 25%.*

Armatura u polju  $5,45 \text{ cm}^2 * 1,25 = 6,81 \text{ cm}^2$

Armatura nad ležajem  $6,80 \text{ cm}^2 * 0,85 = 5,78 \text{ cm}^2$

#### ODABRANA ARMATURA

Polje Q-785 ( $7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

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

Armaturni planovi krovne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim priložima.

## 6.3 Kontrola progiba i pukotina krovne ploče

### 6.3.1 Kontrola progiba krovne ploče

Opća upotreba konstrukcije mogla bi se narušena kada proračunski progib ploče ili grede premaši raspon od  $L/250$ . Progib se tada gleda u odnosu na oslonce, za veće raspone greda smiju se izvoditi nadvišenja koja ne bi smjela premašiti vrijednost  $L/250$ .



Slika 6.7 Prikaz progiba ploča

Gdje je:

- $w_c$  -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

Tablica 6.1 Ograničenje vertikalnih progiba

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	$L/300$	$L/350$
Stropovi koje podupiru stupovi	$L/400$	$L/500$
Kada $w_{max}$ može narušiti izgled zgrade	$L/250$	-

Maksimalni progib je  $w_{max} = w_1 + w_2 + w_3 - w_c$

Gраниčni probig  $w_{max} = L/250$

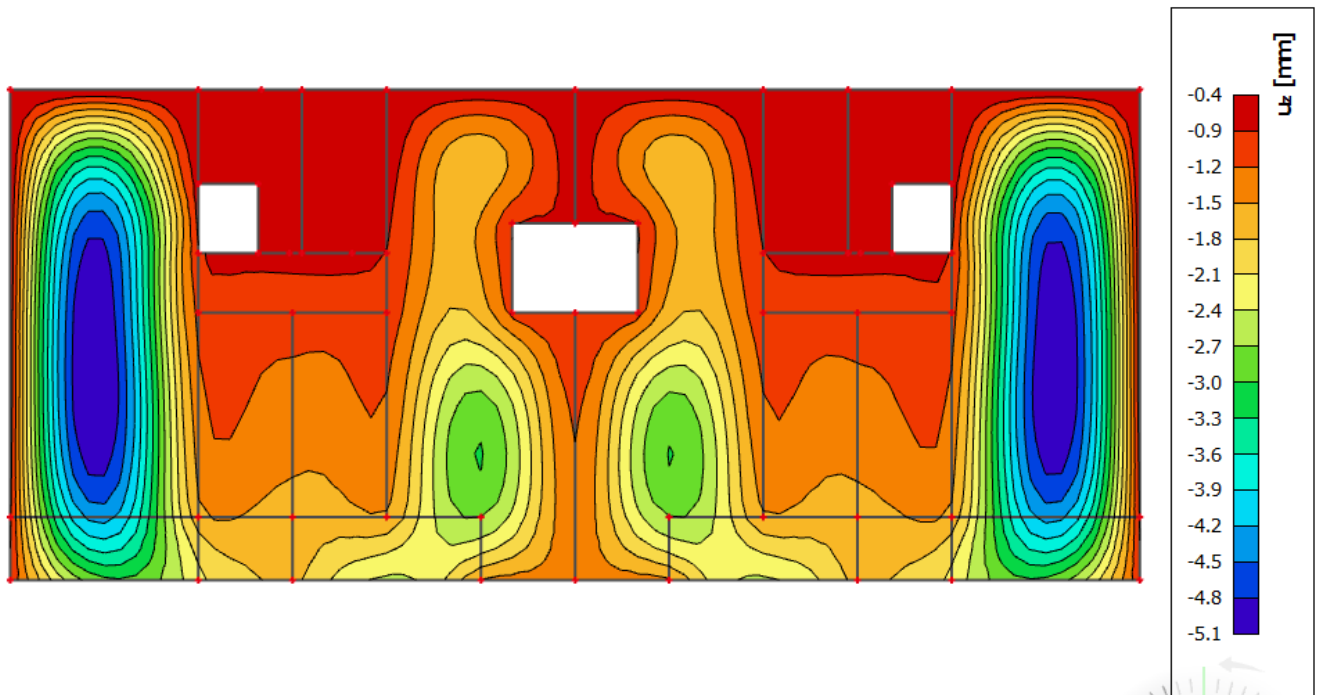
Progib od kratkotrajnog djelovanja odnosno progib uzet za čestu kombinaciju GSU-1 je:

$$w_{el} = L/1000 \quad (6.6)$$

gde je  $w_{el}$  – elastični progib dobiven proračunom po teoriji elastičnosti

Progib od kratkotrajnog djelovanja + puzanje odnosno progib uzet za nazovistalnu kombinaciju GSU-2 je:

$$w_{el} = L/1250 \quad (6.7)$$

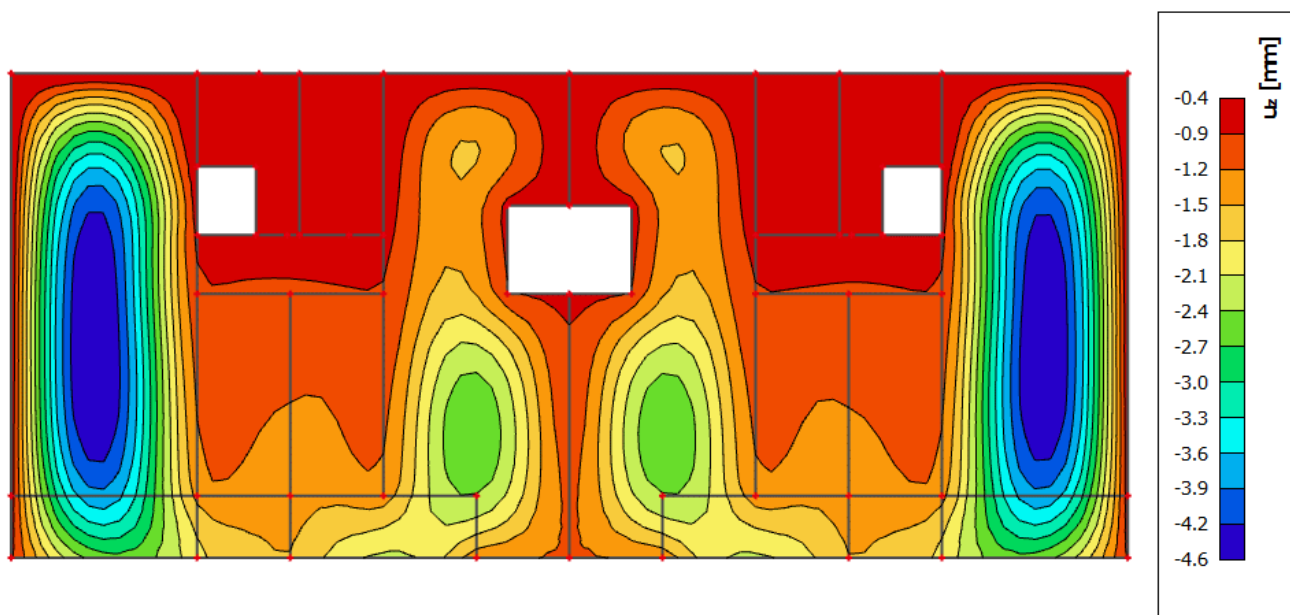


Slika 6.8 Progib krovne ploče (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosi 5,1 mm

Dozvoljen progib je  $L/1000 = 600/1000 = 6,0$  mm

Krovna ploča zadovoljava na progibe.



Slika 6.9 Progib krovne ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosi 4,6 mm

Dozvoljen progib je  $L/1250 = 600/1250 = 4,8$  mm

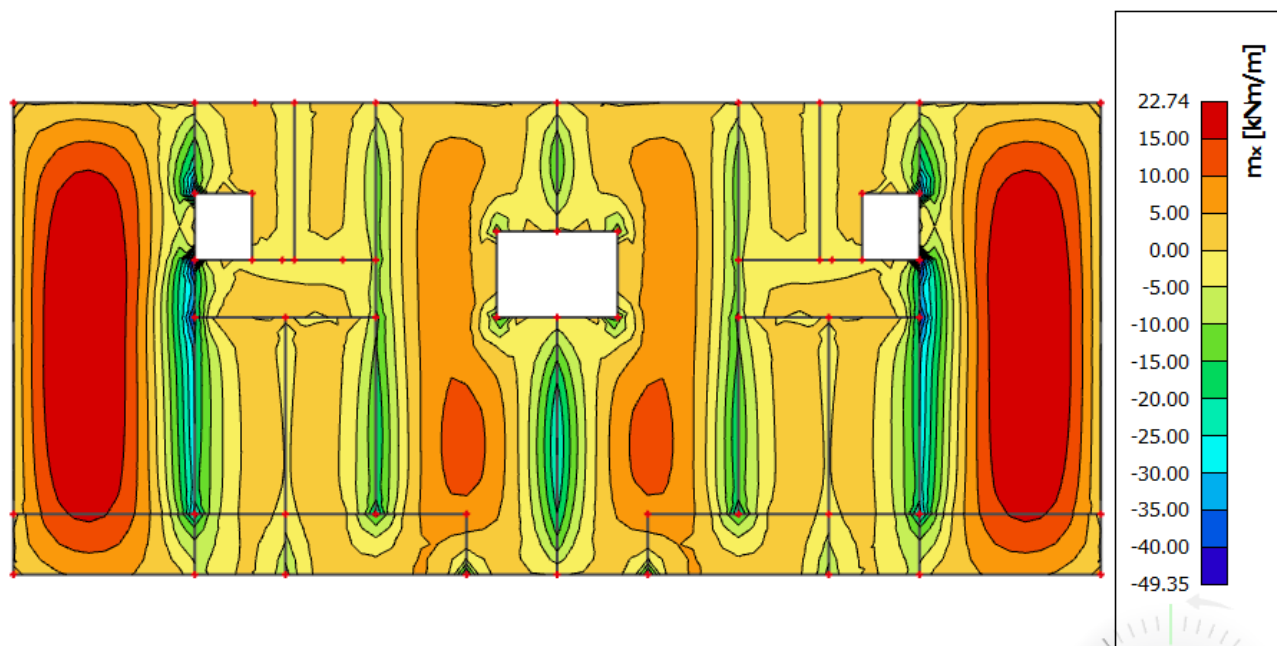
Krovna ploča zadovoljava na progibe.

### 6.3.2 Kontrola pukotina krovne ploče

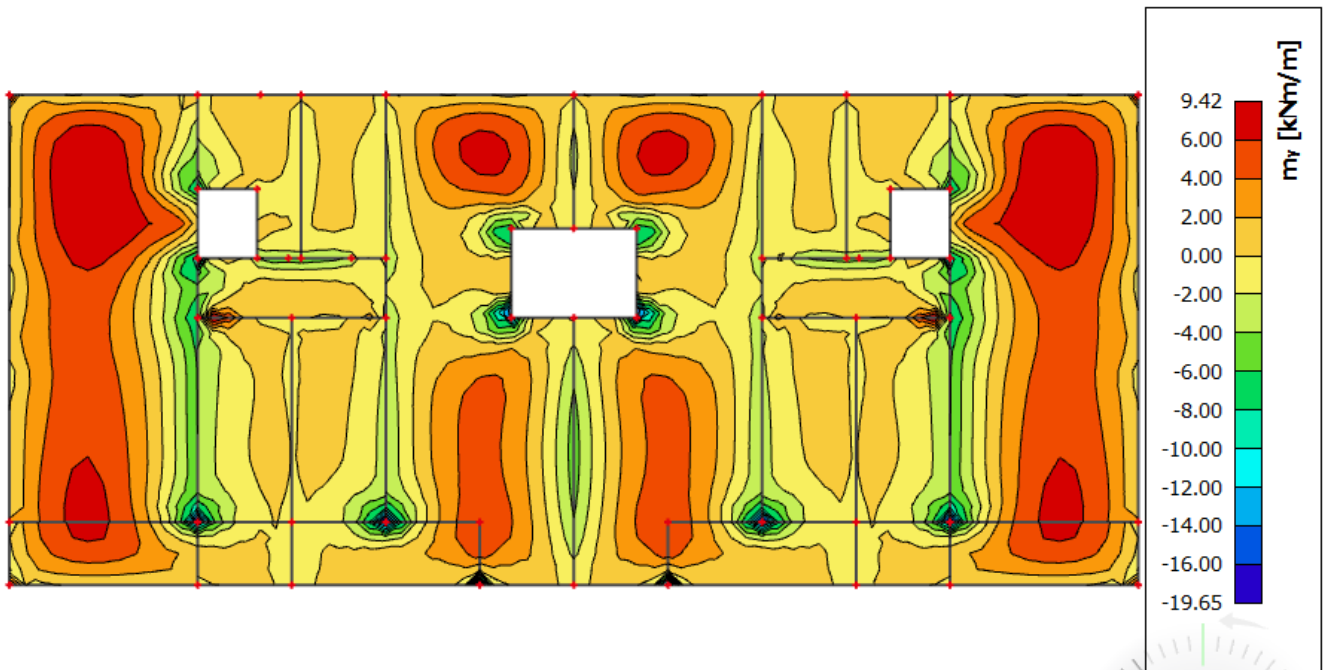
Proračunata karakteristična vrijednost širine pukotine ne smije biti veća od granične vrijednosti.

$$w_k \leq w_g \quad (6.8)$$

Za armiranobetonske konstrukcije granična vrijednost širine pukotine iznosi  $w_g = 0,3$  mm.

Slika 6.10 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSU-1



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

Sa slike 6.10 očitano je najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

Mjerodavni moment za polje:  $M=22,74$  kNm/m

Računska širina pukotine prema Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (6.9)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}(1 + \alpha_\varepsilon \cdot \rho_{p,eff})}{\rho_{p,eff}}}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (6.10)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (6.11)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 7,85}} \right) = 3,55 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (6.12)$$

$$\sigma_s = \frac{2274}{\left(15,0 - \frac{3,55}{3}\right) \cdot 7,85} = 20,96 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 209,60 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = Q-785 = 7,85$  cm<sup>2</sup>

$E_{cm} = 30,0$  GPa = 30 000 MPa – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0$  GPa = 210 000 MPa – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (6.13)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (6.14)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{7,85}{100 \cdot \left(\frac{18-3,55}{3}\right)} = 0,0163$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{209,60 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0163} (1 + 7,00 \cdot 0,0163)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{209,60}{210000}$$

$$0,00066 \geq 0,00059$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00066$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} [mm] \quad (6.15)$$

$\emptyset = 10,0$  mm

$c = 30$  mm – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,0163} = 206,29 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (6.9)$$

$$w_k = 206,29 \cdot 0,00066 = 0,14 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment nad ležajem:  $M=25,50 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 6,36}} \right) = 3,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{2550}{\left(15,0 - \frac{3,24}{3}\right) \cdot 6,36} = 28,80 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 288,0 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = Q \cdot 636 = 6,36 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{18-3,24}{3}\right)} = 0,013$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{288,0 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,013} (1 + 7,00 \cdot 0,013)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{288,0}{210000}$$

$$0,00089 \geq 0,00082$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00089$$

Srednji razmak pukotina:

$\emptyset = 9,0 \text{ mm}$

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

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 20 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,013} = 185,69 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (6.9)$$

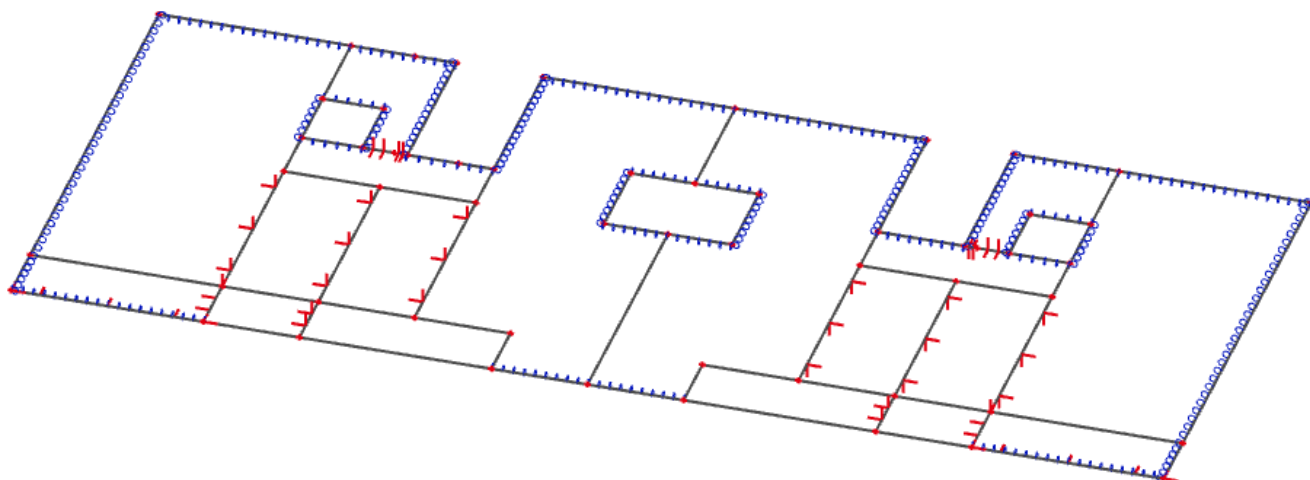
$$w_k = 185,69 \cdot 0,00089 = 0,19 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine nad ležajem ploče zadovoljavaju!

## 7. PRORAČUN MEĐUKATNE PLOČE

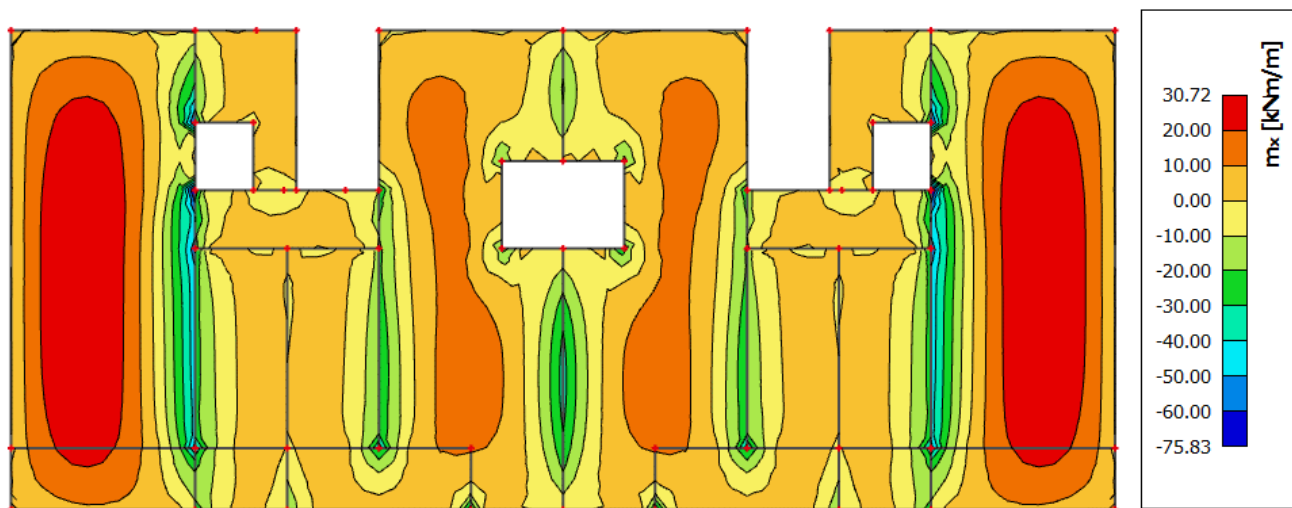
### 7.1 Prikaz modela i rezultata međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže

U nastavku će se prikazati model međukatne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

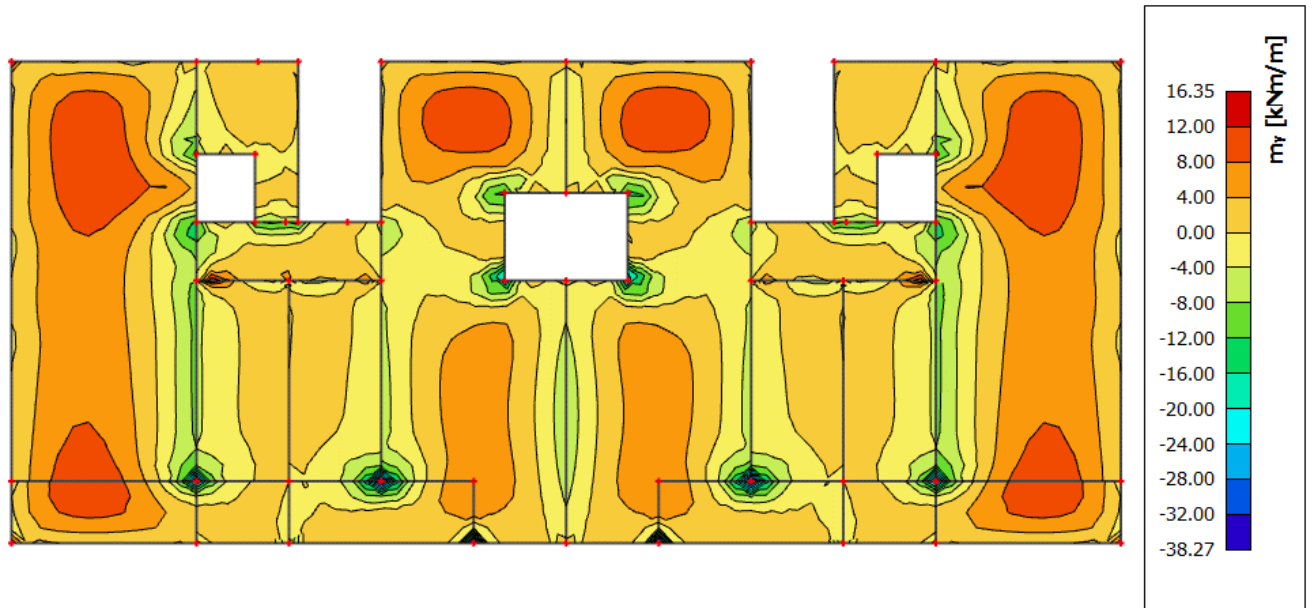


Slika 7.1 Grafički prikaz modela međukatne ploče 2, 3, 4, i 5 etaže

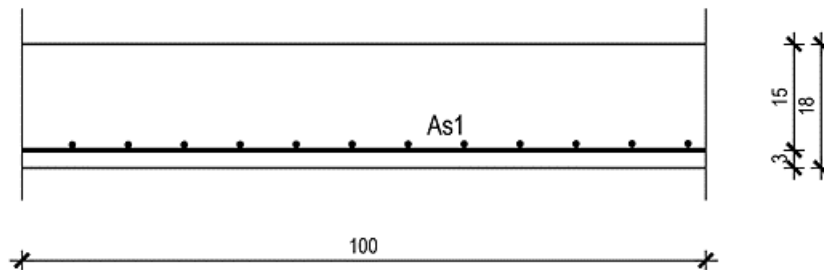
Momenti savijanja  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



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

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

## 7.2 Dimenzioniranje ploče



Slika 7.4 Poprečni presjek ploče

$h=18,0$  cm

zaštitni sloj:  $a=3,0$  cm;  $d=15,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

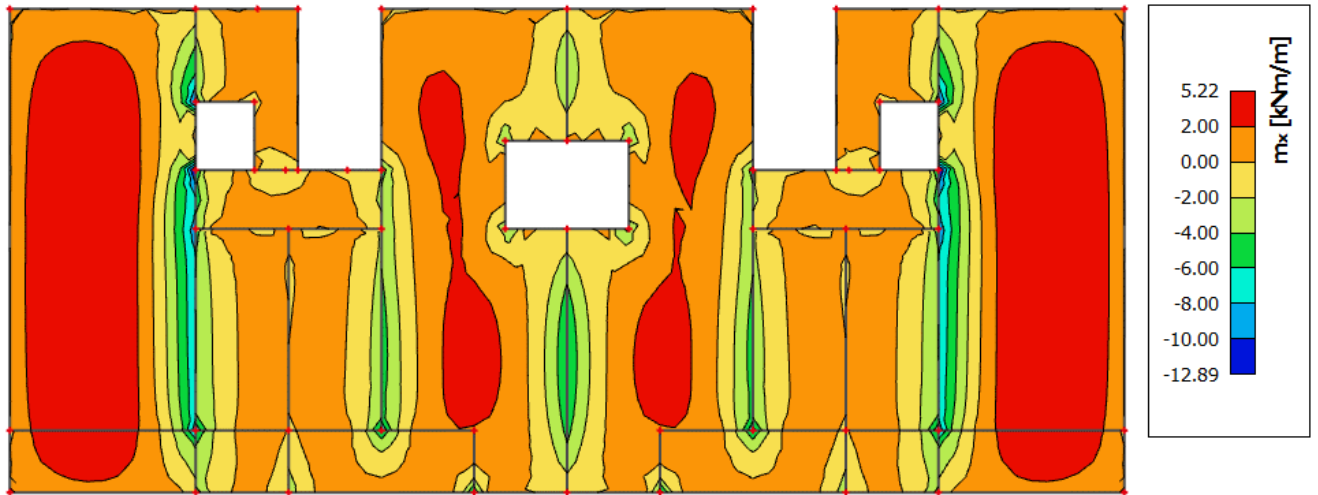
$f_{cd}= f_{ck} / 1.5=16,67$  MPa

Armatura: B 500B

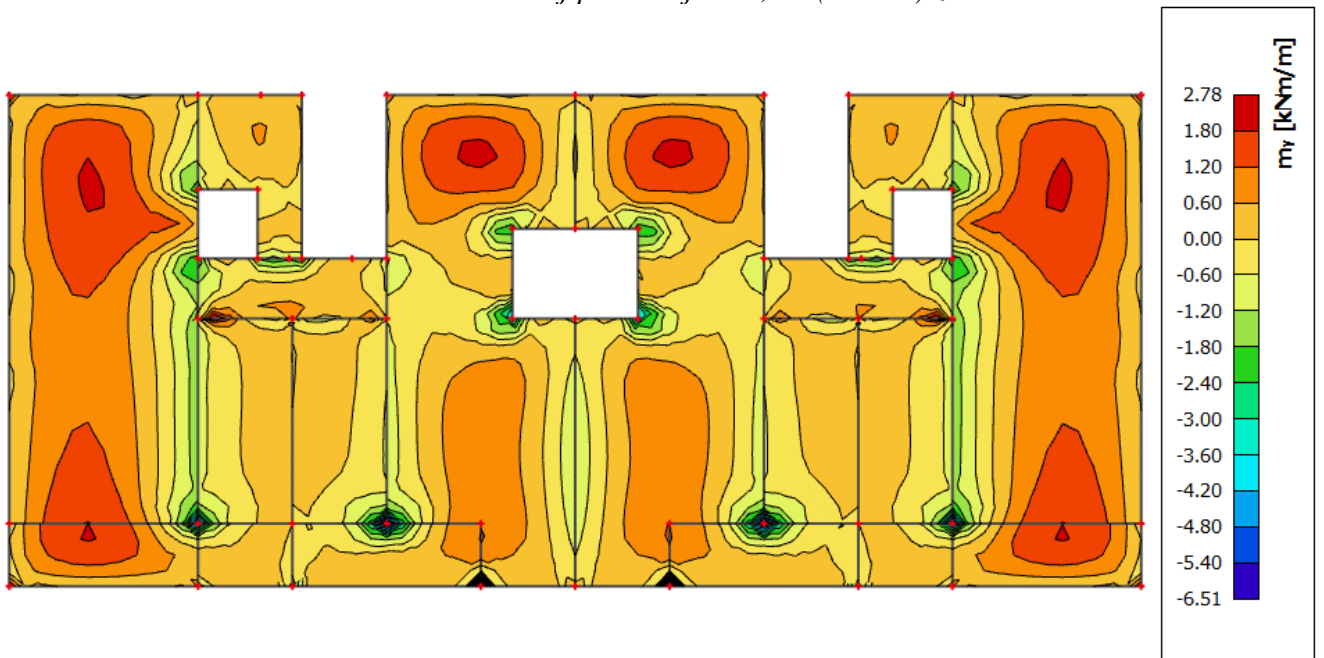
$f_{yk}=500,0$  MPa

$f_{yd}= f_{yk} / 1.15=434,8$  MPa

U nastavku je prikazana potrebna površina armature u međukatnoj ploči za x i y smjer.



Slika 7.5 Armatura u međukatnoj ploči smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1



Slika 7.6 Armatura u međukatnoj ploči smjer  $A_{s,y-y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

*Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % te povećati u polju za 25%.*

Armatura u polju  $5,22 \text{ cm}^2 * 1.25 = 6,53 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $6,60 \text{ cm}^2 * 0.85 = 5,61 \text{ cm}^2$

#### ODABRANA ARMATURA

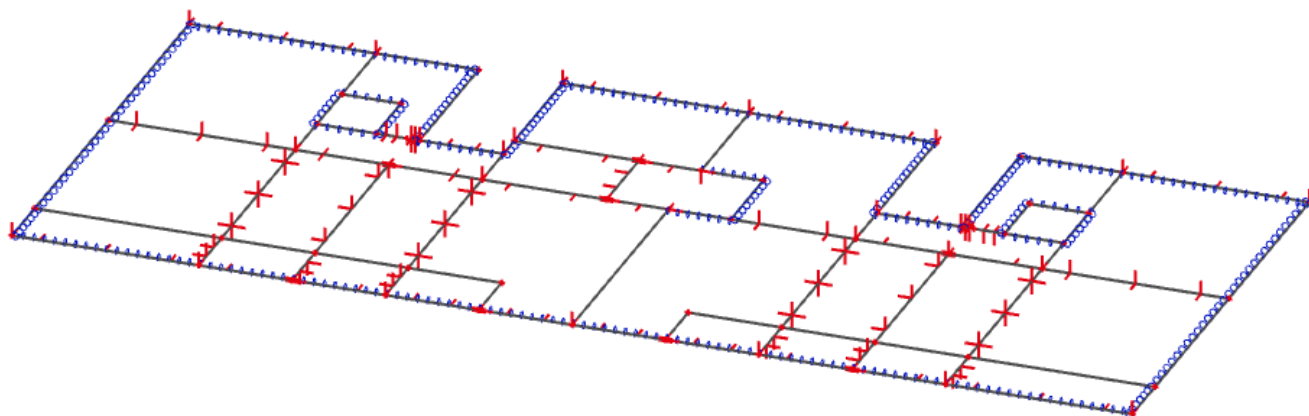
Polje Q-785 ( $7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

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

Armturni planovi međukatne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim priložima.

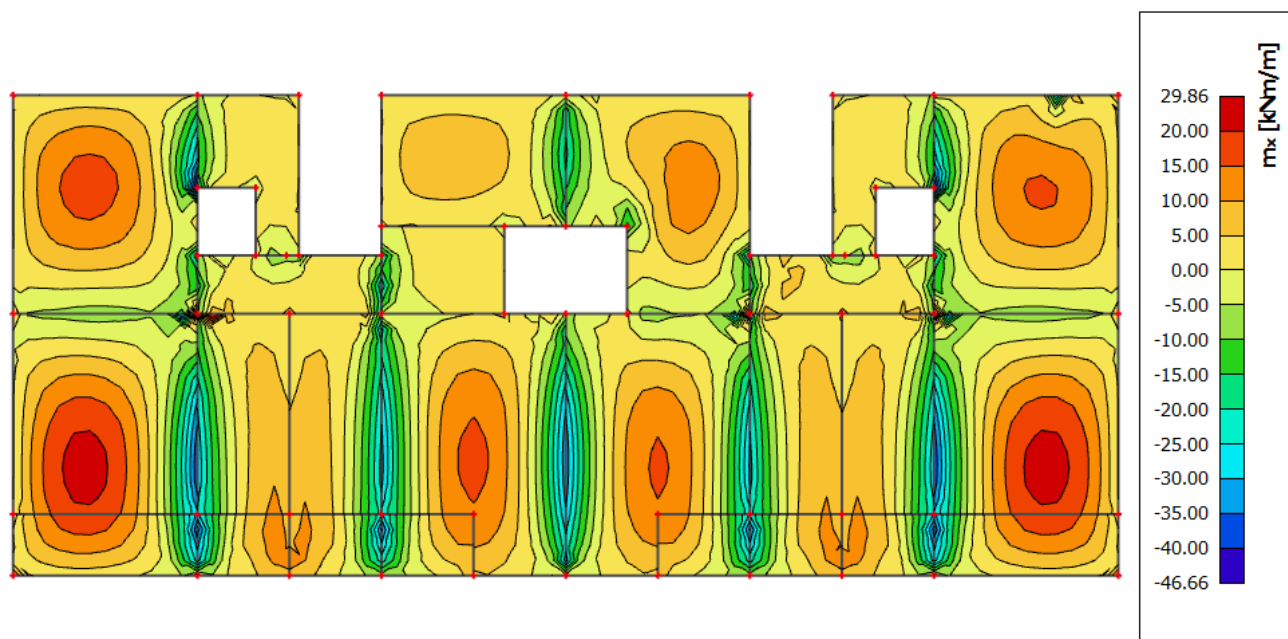
### 7.3 Prikaz modela i rezultata međukatne ploče 1 etaže

U nastavku će se prikazati model međukatne ploče, te rezultati unutarnjih sila.

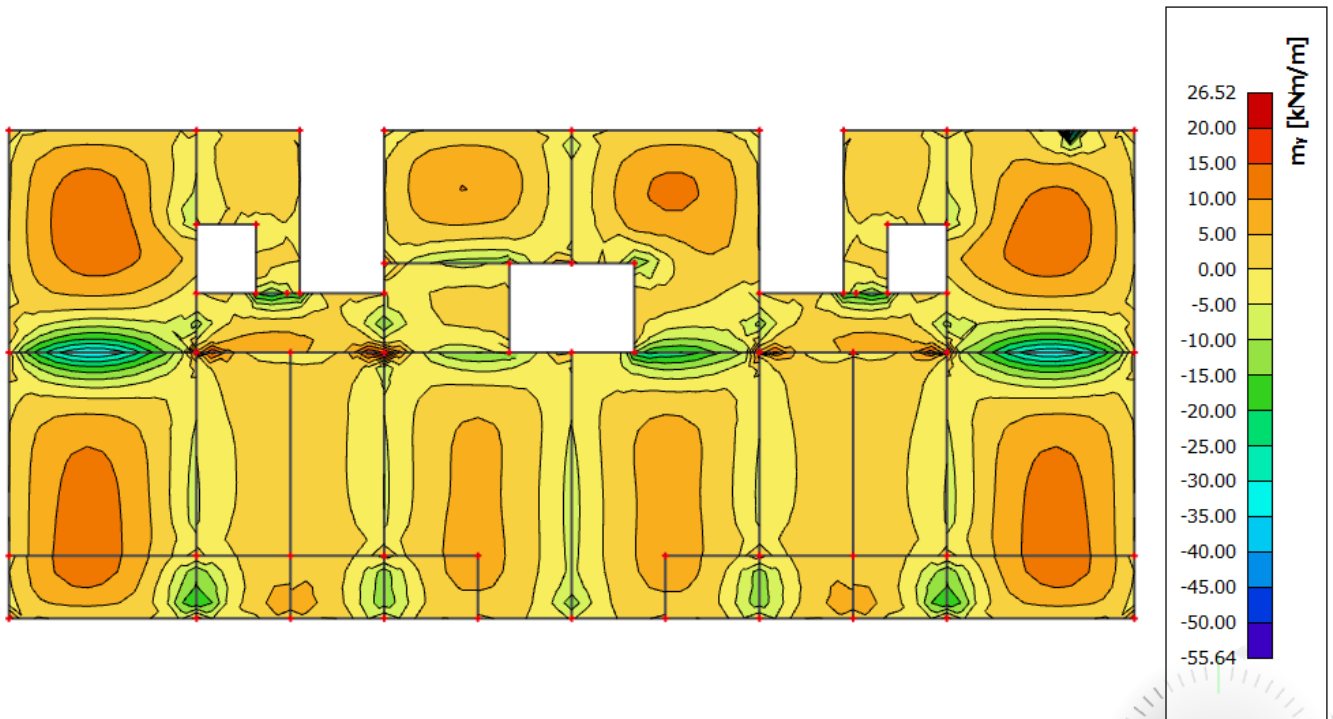


Slika 7.7 Grafički prikaz modela međukatne ploče 1 etaže

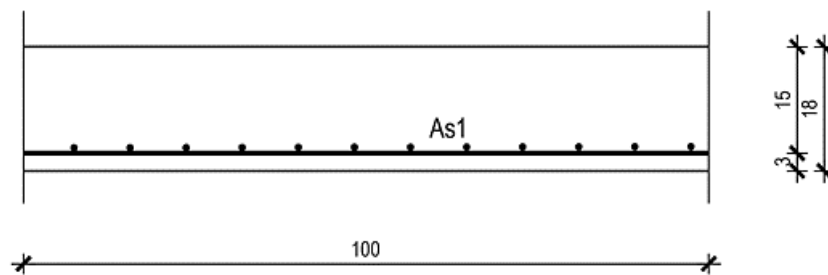
Momenti savijanja  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



Slika 7.8 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSN-1

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

#### 7.4 Dimenzioniranje ploče



Slika 7.10 Poprečni presjek ploče

$h=18,0$  cm  
zaštitni sloj:  $a=3,0$  cm;  $d=15,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

$f_{cd}=f_{ck}/1.5=16,67$  MPa

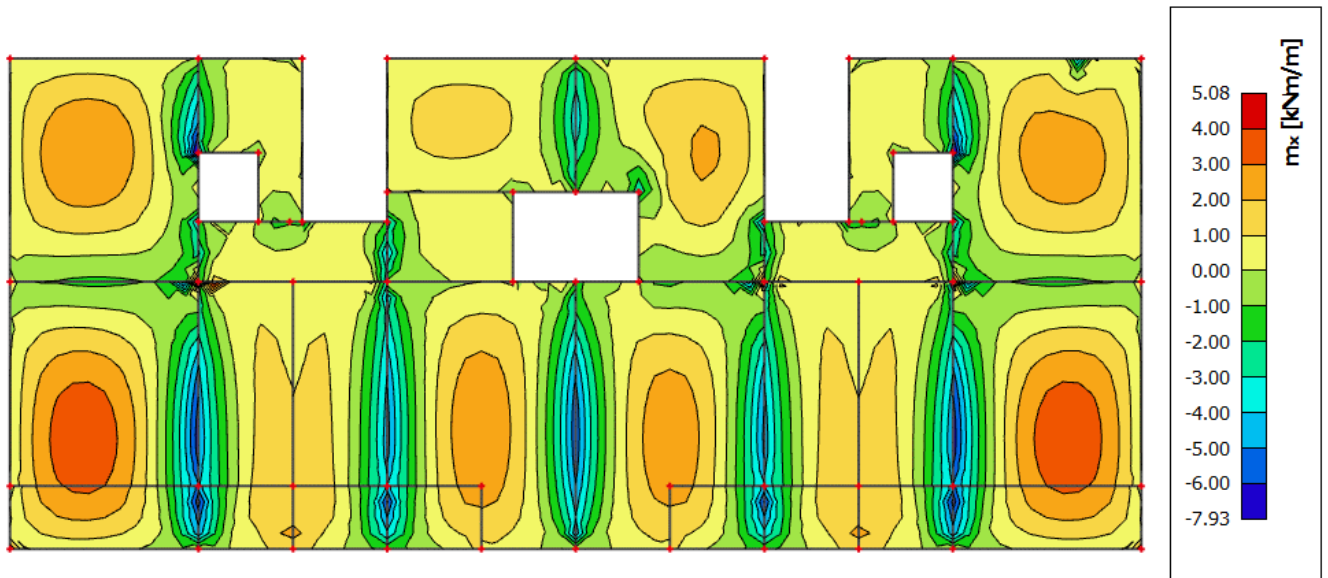
Armatura: B 500B

$f_{yk}=500,0$  MPa

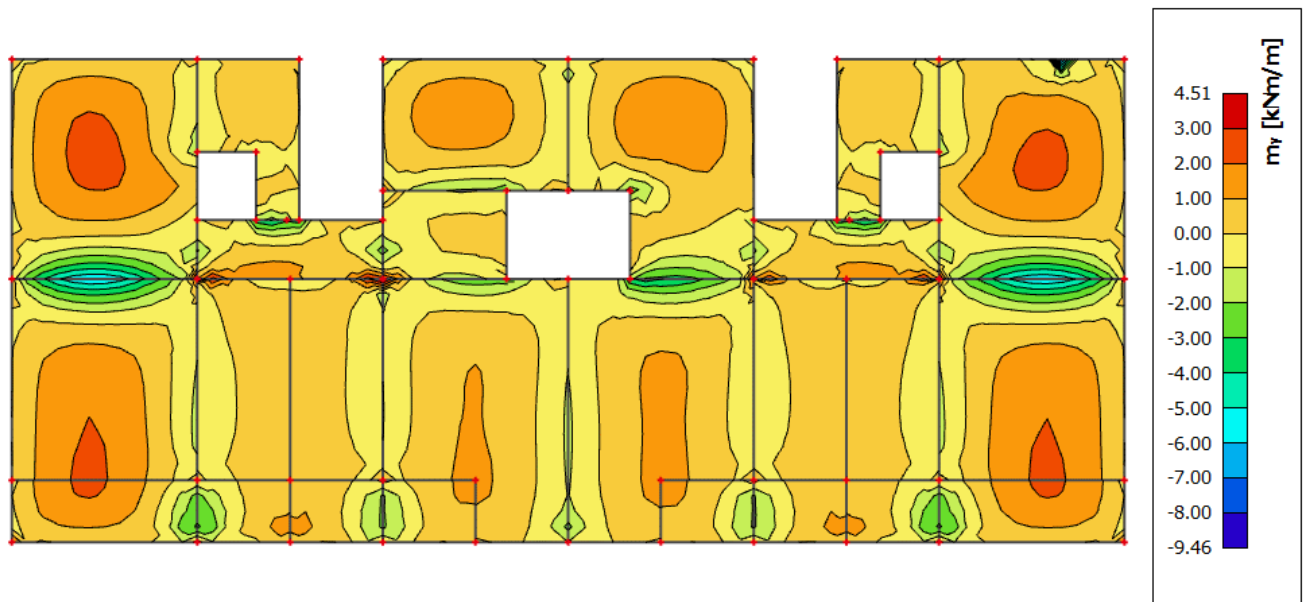
$f_{yd}=f_{yk}/1.15=434,8$  MPa

U nastavku je prikazana potrebna površina armature međukatne ploče 1. etaže za x i y smjer.





Slika 7.11 Armatura u međukatnoj ploči 1. etaže smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1



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

*Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % te povećati u polju za 25%.*

Armatura u polju  $5,08 \text{ cm}^2 * 1.25 = 6,35 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $6,80 \text{ cm}^2 * 0.85 = 5,78 \text{ cm}^2$

#### ODABRANA ARMATURA

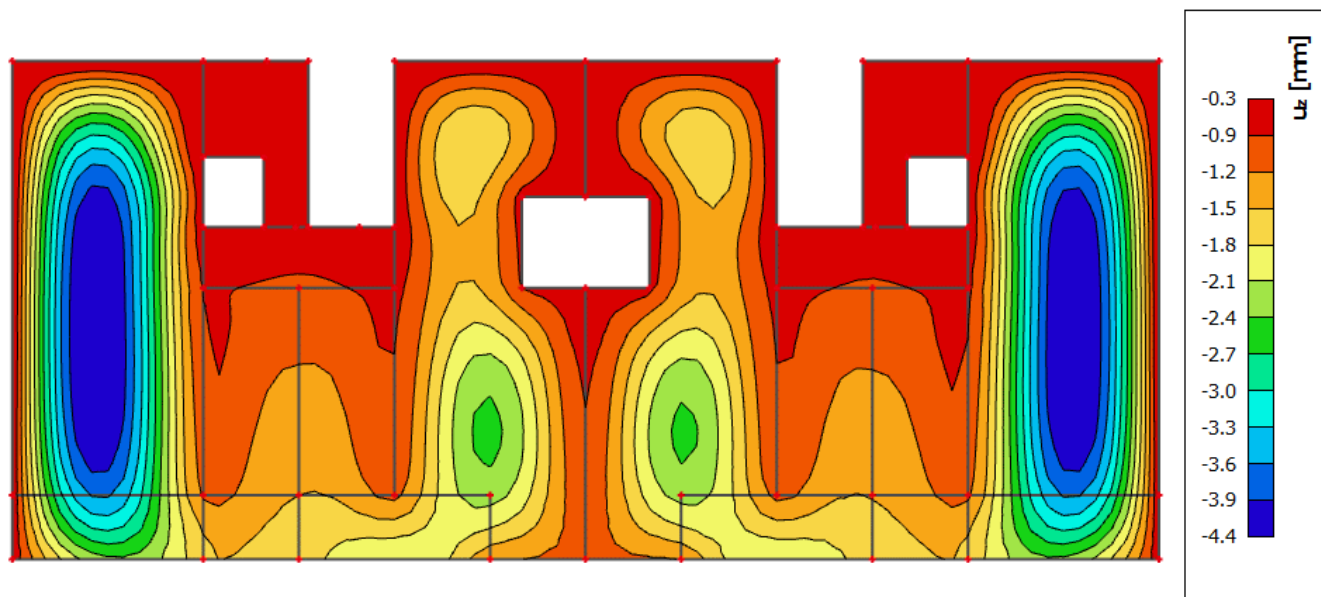
Polje Q-636 ( $7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

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

Armatureni planovi međukatne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim priložima.

## 7.5 Kontrola progiba i pukotina međukatne ploče

### 7.5.1 Kontrola progiba međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže

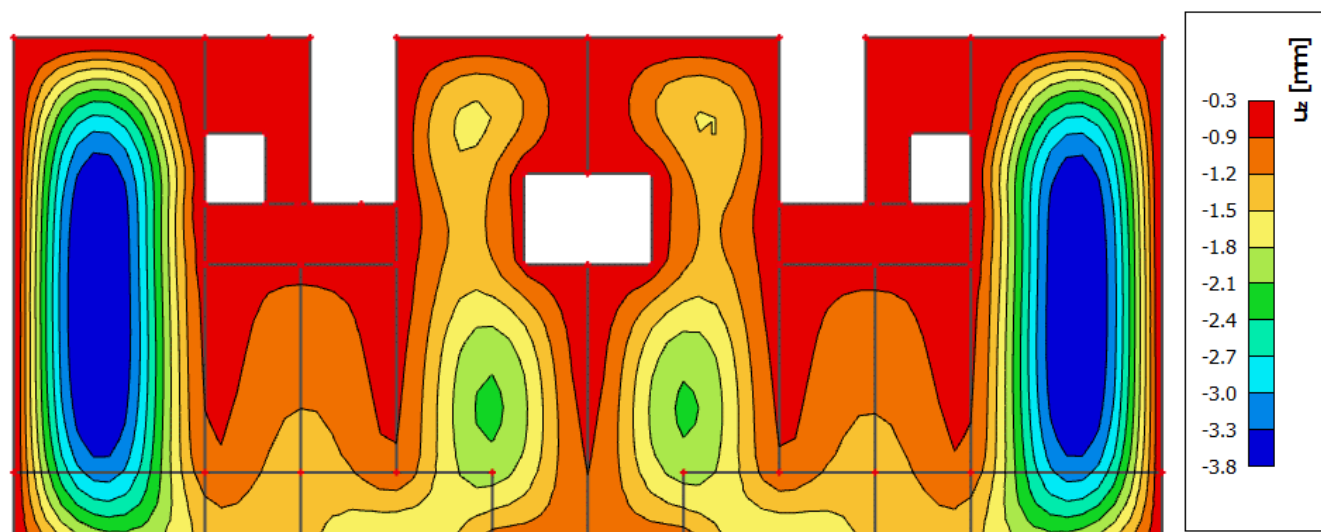


Slika 7.13 Progib međukatne ploče 2, 3, 4, i 5 etaže (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosi 4,4 mm

Dozvoljen progib je  $L/1000 = 600/1000 = 6,0$  mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.



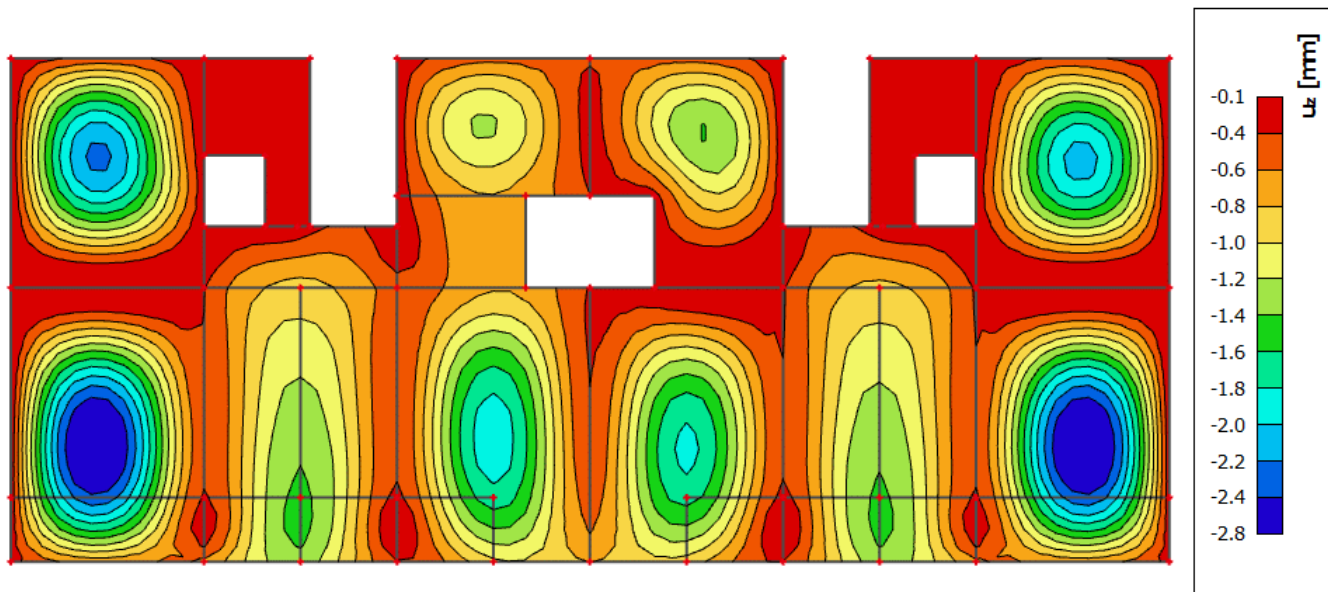
Slika 7.14 Progib međukatne ploče 2, 3, 4, i 5 etaže (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosi 3,8 mm

Dozvoljen progib je  $L/1250 = 600/1250 = 4,80$  mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

## 7.5.2 Kontrola progiba međukatne ploče 1. etaže

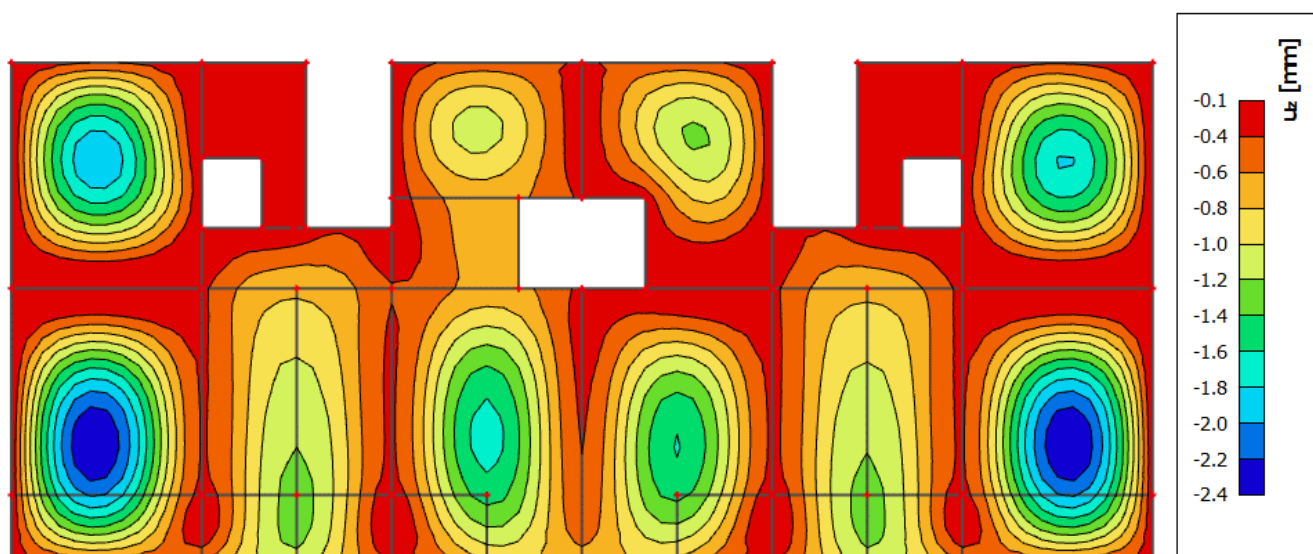


Slika 7.15 Progib međukatne ploče 1. etaže (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosi 2,8 mm

Dozvoljen progib je  $L/1000 = 600/1000 = 6,0$  mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.



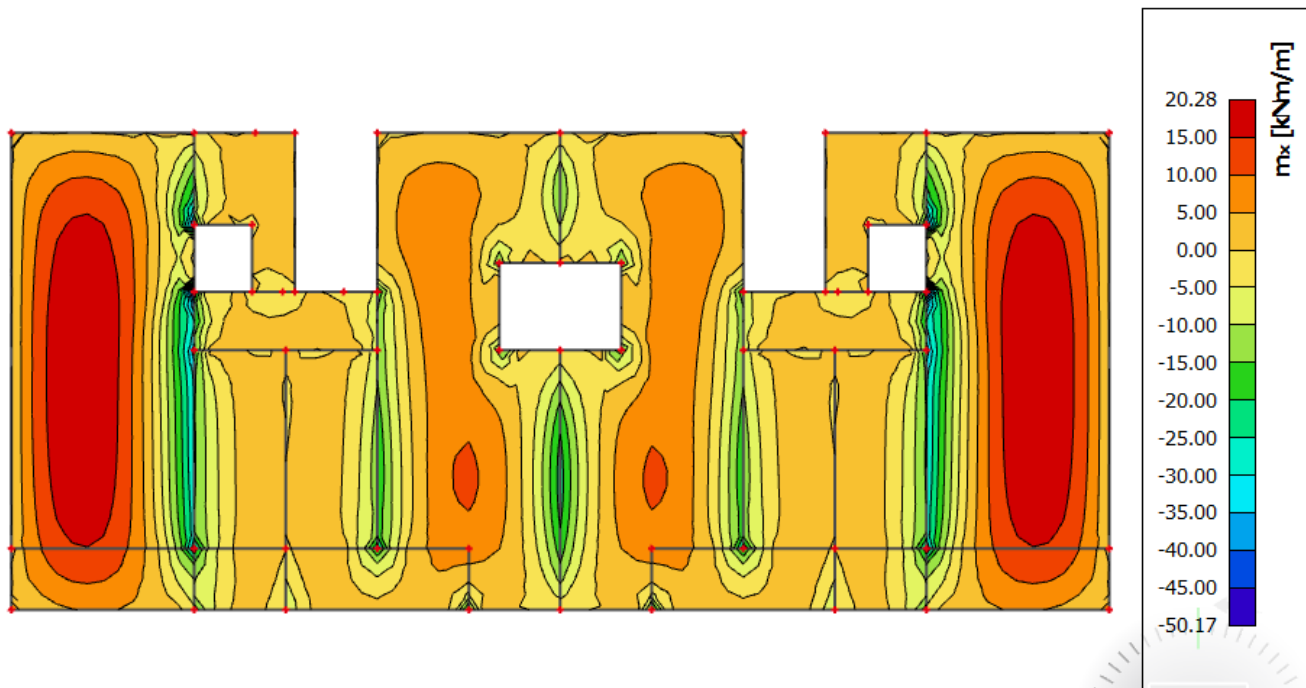
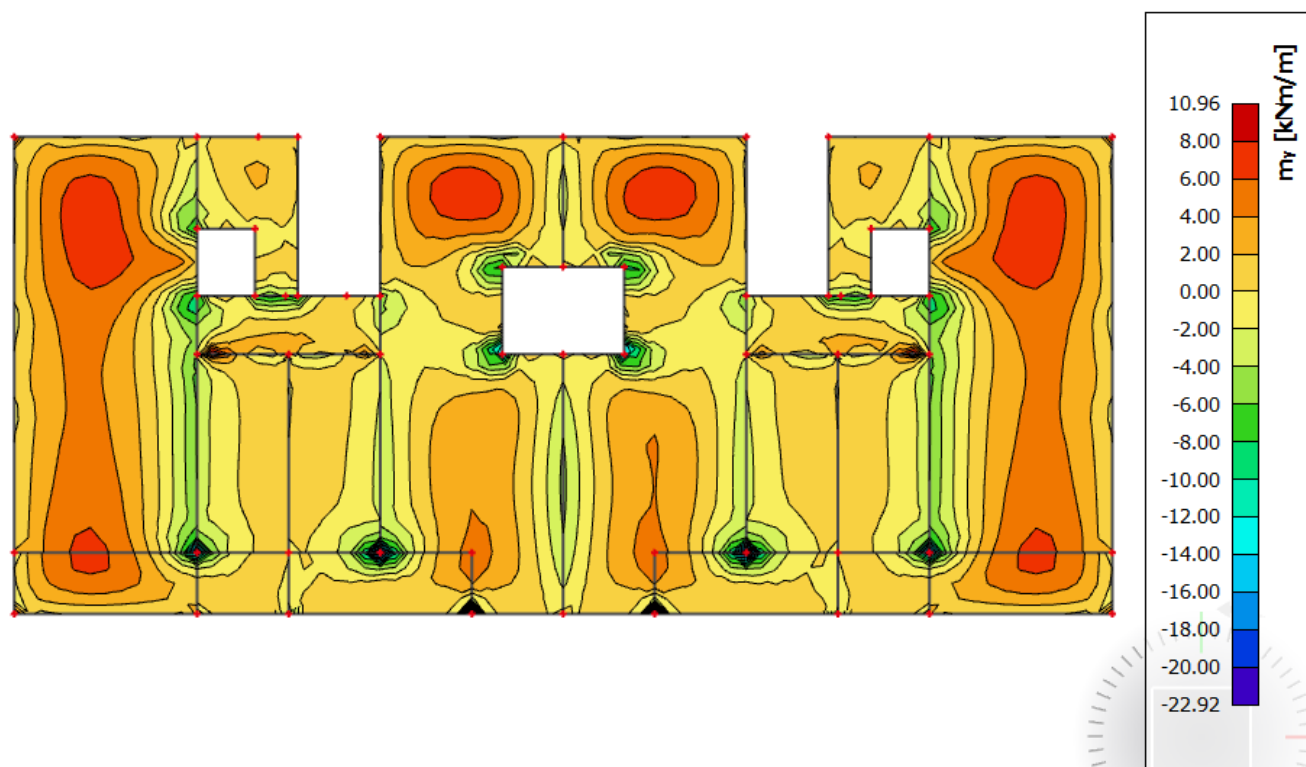
Slika 7.16 Progib međukatne ploče 1. etaže (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosi 2,4 mm

Dozvoljen progib je  $L/1250 = 600/1250 = 4,80$  mm

Međukatna ploča zadovoljava na progibe.

## 7.5.3 Kontrola pukotina međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže

Slika 7.17 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSU-1Slika 7.18 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSU-1

Sa slike 7.17 očitano je najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

Mjerodavni moment za polje:  $M=20,28$  kNm/m

Računska širina pukotine prema Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.1)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (7.2)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (7.3)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 7,85}} \right) = 3,55 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (7.4)$$

$$\sigma_s = \frac{2028}{\left(15,0 - \frac{3,55}{3}\right) \cdot 7,85} = 18,69 \frac{kN}{cm^2} = 186,90 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = Q-785 = 7,85 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (7.5)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (7.6)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{7,85}{100 \cdot \left(\frac{18-3,55}{3}\right)} = 0,0163$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{186,90 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0163} (1 + 7,00 \cdot 0,0163)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{186,90}{210000}$$

$$0,00055 \geq 0,00053$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00055$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]} \quad (7.7)$$

$$\emptyset = 10,0 \text{ mm}$$

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

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,0163} = 206,29 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.1)$$

$$w_k = 206,29 \cdot 0,00055 = 0,11 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment nad ležajem:  $M=26,40 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 6,36}} \right) = 3,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{2640}{\left(15,0 - \frac{3,24}{3}\right) \cdot 6,36} = 29,82 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 298,20 \text{ MPa}$$

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

$$A_{s1} = Q \cdot 636 = 6,36 \text{ cm}^2$$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{18-3,24}{3}\right)} = 0,013$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{298,20 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,013} (1 + 7,00 \cdot 0,013)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{298,20}{210000}$$

$$0,0010 \geq 0,00085$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,0010$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 9,0 \text{ mm}$$

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

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,013} = 219,69 \text{ mm}$$

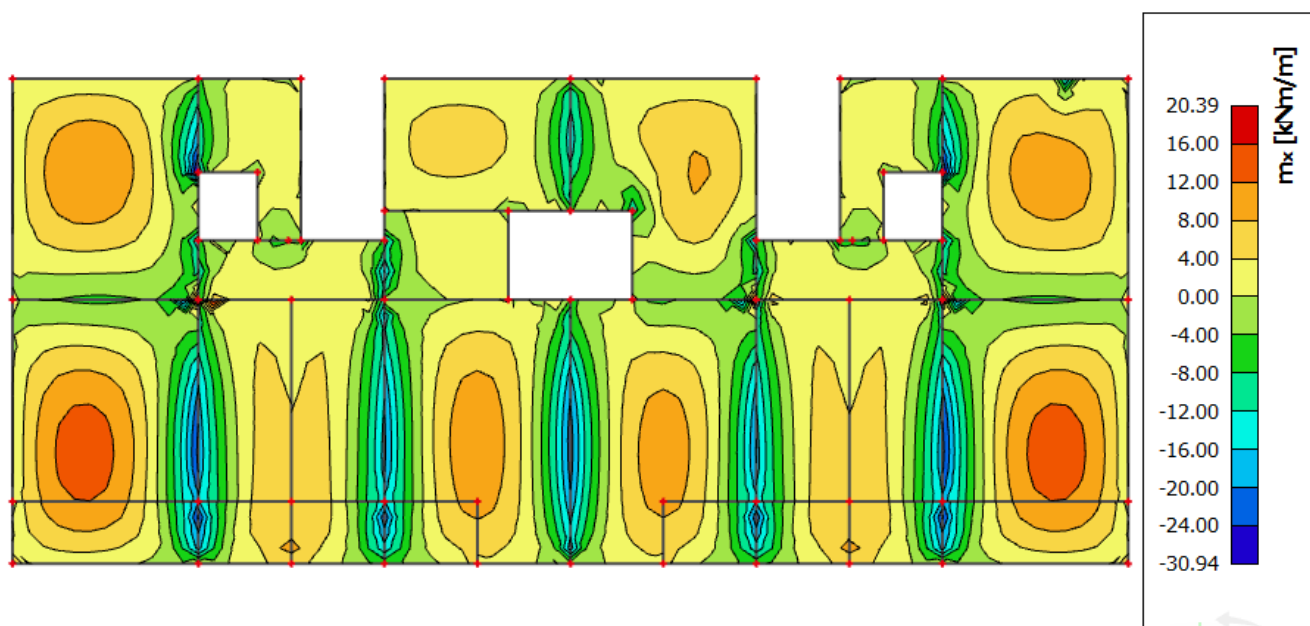
Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.1)$$

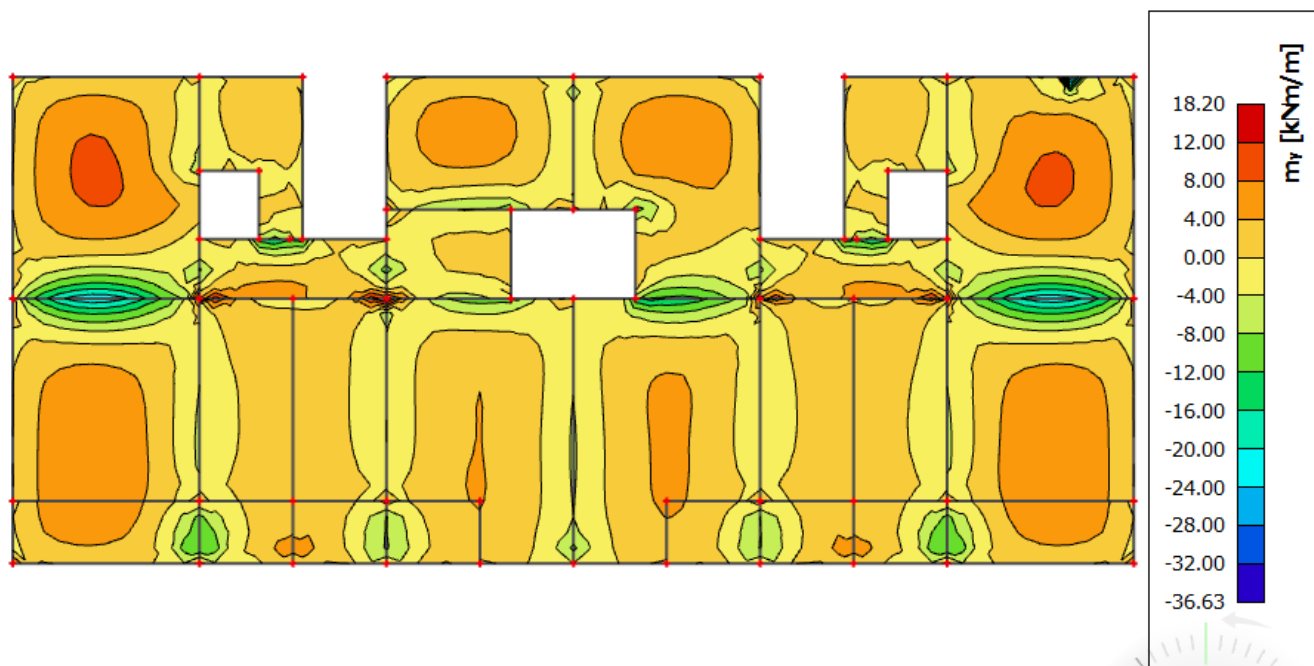
$$w_k = 219,69 \cdot 0,0010 = 0,22 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine nad ležajem ploče zadovoljavaju!

#### 7.5.4 Kontrola pukotina međukatne ploče 1 etaže



Slika 7.19 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  ( $\text{kNm/m}$ ) za GSU-1

Slika 7.20 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSU-1

Sa slike 7.19 očitano je najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

Mjerodavni moment za polje:  $M=20,39$  kNm/m

Računska širina pukotine prema Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.1)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}(1 + \alpha_\varepsilon \cdot \rho_{p,eff})}{\rho_{p,eff}}}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (7.2)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (7.3)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 7,85}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 7,85}} \right) = 3,55 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (7.4)$$

$$\sigma_s = \frac{2039}{\left(15,0 - \frac{3,55}{3}\right) \cdot 7,85} = 18,79 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 187,90 \text{ MPa}$$



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

$A_{s1} = Q-785 = 7,85 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (7.5)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (7.6)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{7,85}{100 \cdot \left(\frac{18-3,55}{3}\right)} = 0,0163$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{187,90 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0163} (1 + 7,00 \cdot 0,0163)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{187,90}{210000}$$

$$0,00056 \geq 0,00054$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00056$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} [mm] \quad (7.7)$$

$\emptyset = 10,0 \text{ mm}$

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

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{10,0}{0,0163} = 206,29 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.1)$$

$$w_k = 206,29 \cdot 0,00056 = 0,11 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment nad ležajem:  $M=25,80 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{7,00 \cdot 6,36}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 15,0}{7,00 \cdot 6,36}} \right) = 3,24 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{2580}{\left(15,0 - \frac{3,24}{3}\right) \cdot 6,36} = 291,14 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 291,14 \text{ MPa}$$

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

$$A_{s1} = Q \cdot 636 = 6,36 \text{ cm}^2$$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{6,36}{100 \cdot \left(\frac{18-3,24}{3}\right)} = 0,013$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{291,40 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,013} (1 + 7,00 \cdot 0,013)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{291,40}{210000}$$

$$0,00098 \geq 0,00083$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00098$$

Srednji razmak pukotina:

$$\emptyset = 9,0 \text{ mm}$$

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

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 30 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{9,0}{0,013} = 219,69 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (7.1)$$

$$w_k = 219,69 \cdot 0,00098 = 0,22 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine nad ležajem ploče zadovoljavaju!

## 8. PRORAČUN TEMELJNE PLOČE

Debljina temeljne ploče iznosi 50 cm. Geodetskim mjerenjima utvrđena je nosivost od 500 kPa. Za temeljnu ploču upotrijebljen je beton klase C30/37. U nastavku će biti prikazani rezultati proračuna.

### 8.1 Winkler-ov model

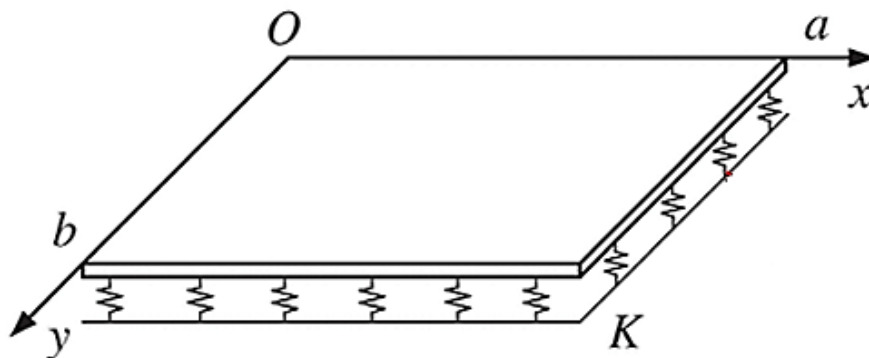
Osnovni problem modeliranja savitljivih konstrukcija je modeliranje međudjelovanja konstrukcija – tlo.

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 8.1 Prikaz međudjelovanja konstrukcija-tlo Winkler-ovim modelom

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

$$W(x) = q(x)/K \quad (8.1)$$

Gdje je:

$q(x)$  – dodirno naprezanje

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

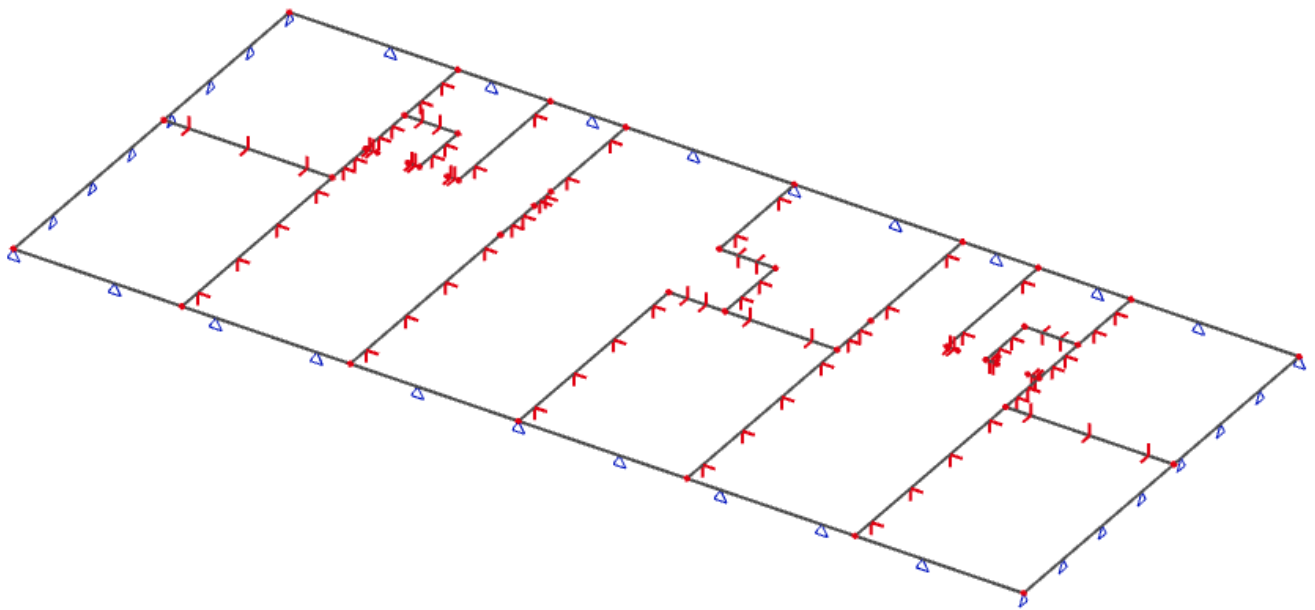
Nedostaci Winkler-ovog modela:

- Opterećenje skraćuje samo one opruge na kojima ploča 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 ploče, svojstvima materijala ploče, svojstvima temeljnog tla ispod ploče

Međusobno djelovanje konstrukcija-tlo u računalom programu modelirano je pomoću naredbe „surface (el. foundation)“ koja koristi Winkler-ovu analogiju.



Slika 8.2 Grafički prikaz modela temeljne ploče

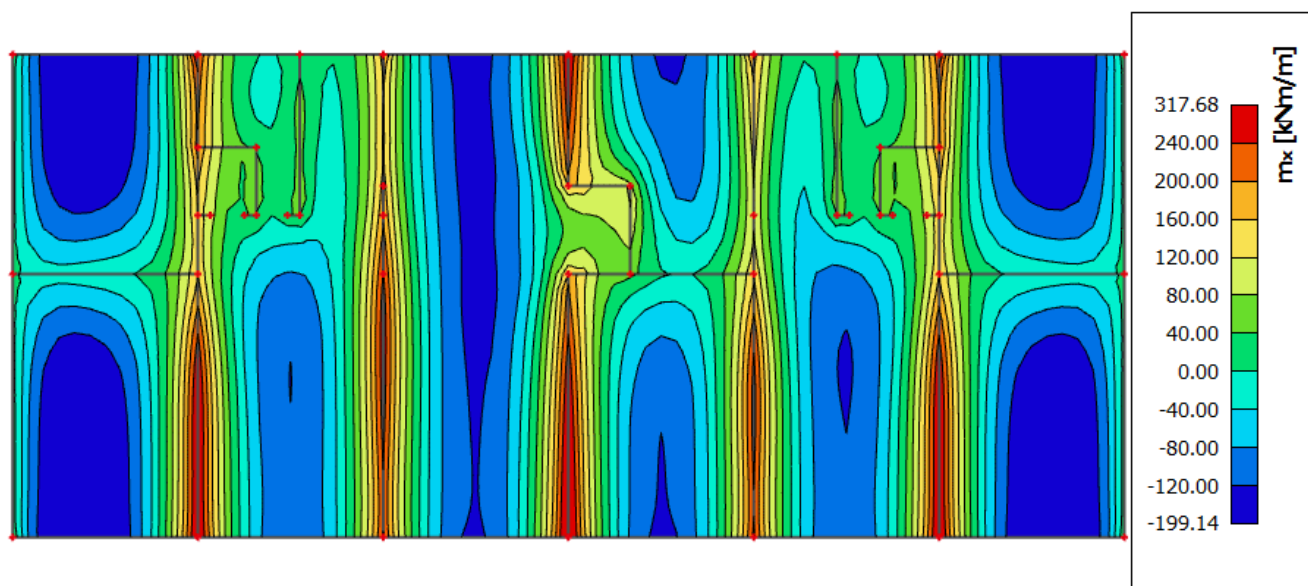
Koeficijent K je ovisan o elastičnim svojstvima podloge. Stoga će se prilikom zadavanja modela u računalnom programu definirati krutosti tla, zadana krutost tla je  $50 \text{ MN/m}^3$ .

Name	Sub1
Decription	
C1x [MN/m <sup>3</sup> ]	5,0000e+01
C1y [MN/m <sup>3</sup> ]	5,0000e+01
C1z	Flexible
Stiffness [MN/m <sup>3</sup> ]	5,0000e+01
C2x [MN/m]	3,0000e+01
C2y [MN/m]	3,0000e+01

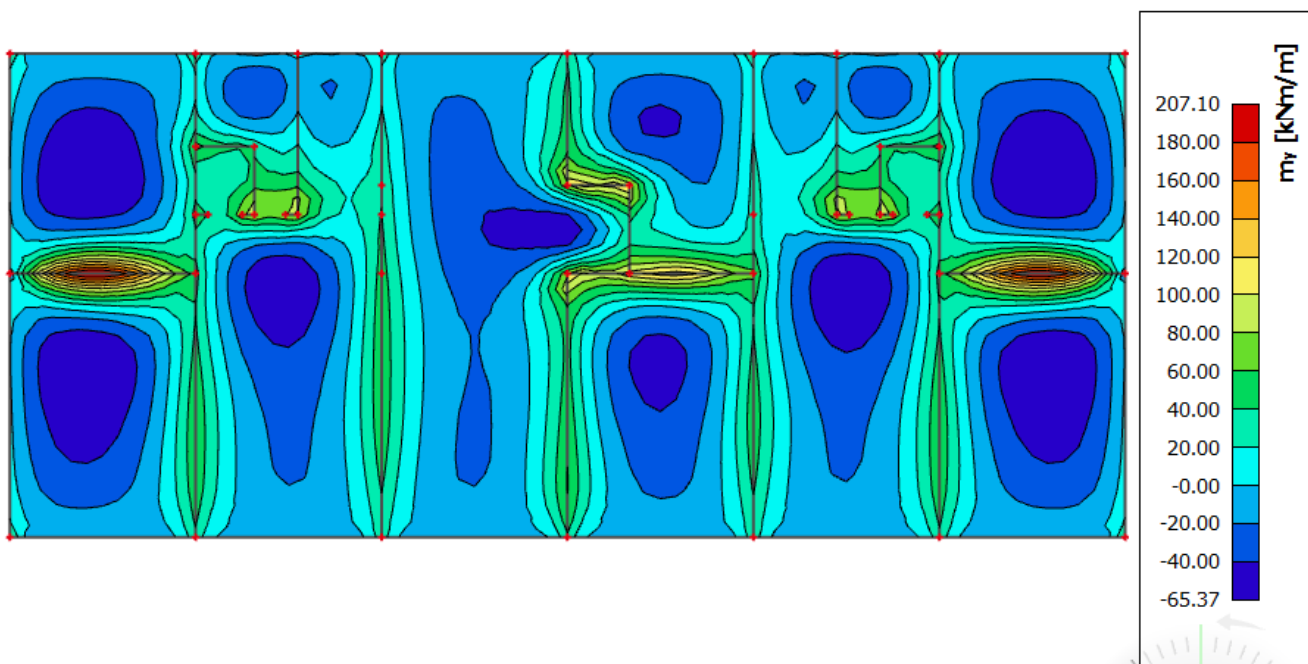
Slika 8.3 Prikaz krutosti tla

## 8.2 Prikaz rezultata

Momenti savijanja  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1

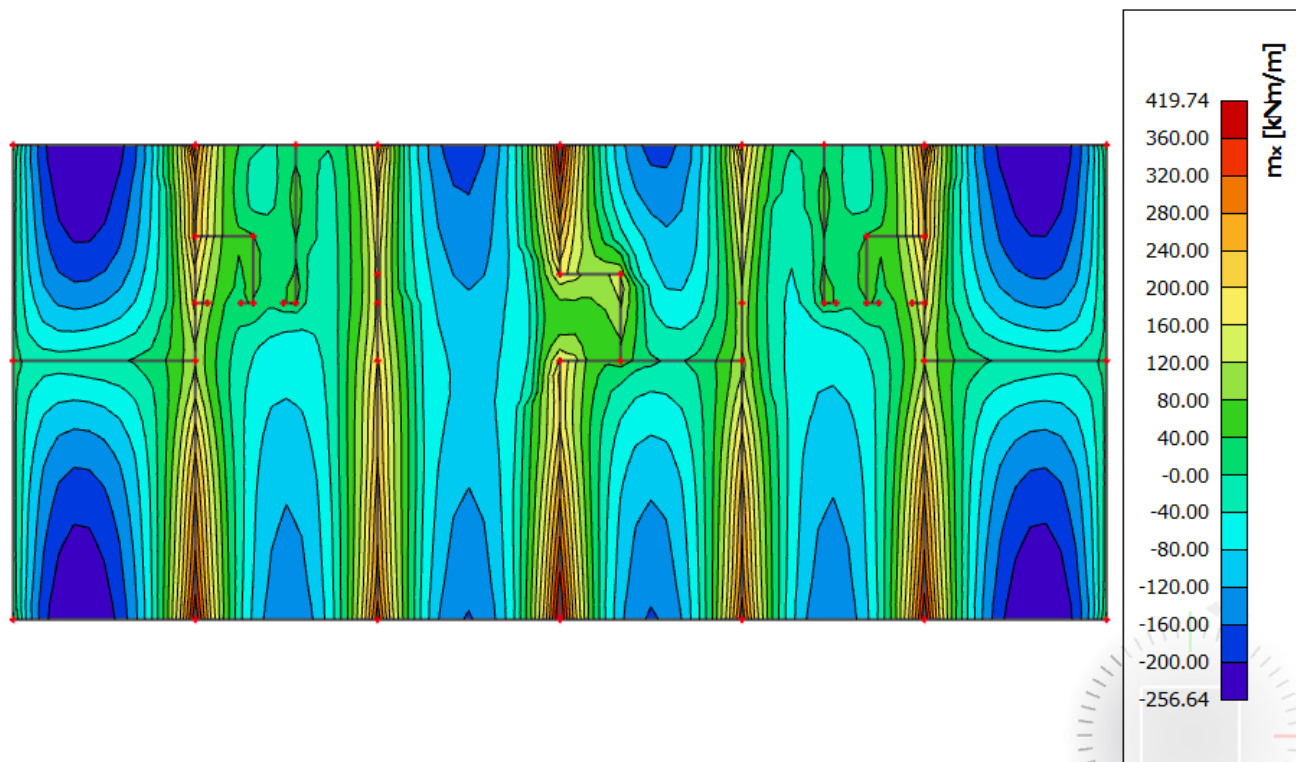


Slika 8.4 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSN-1

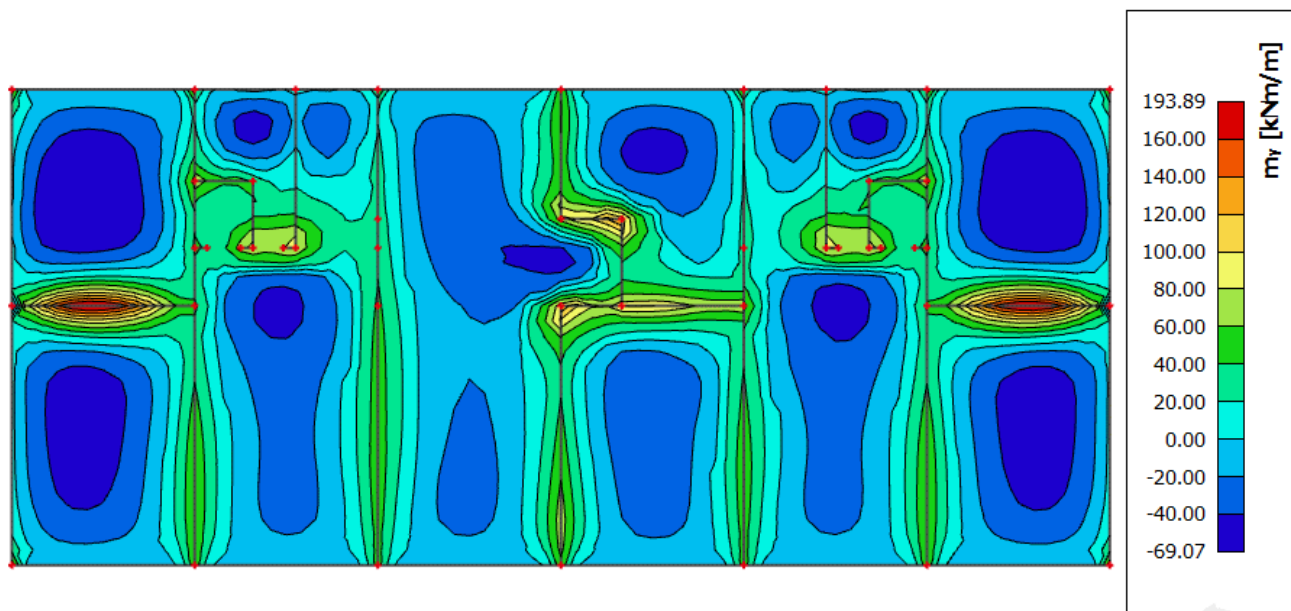


Slika 8.5 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN-1

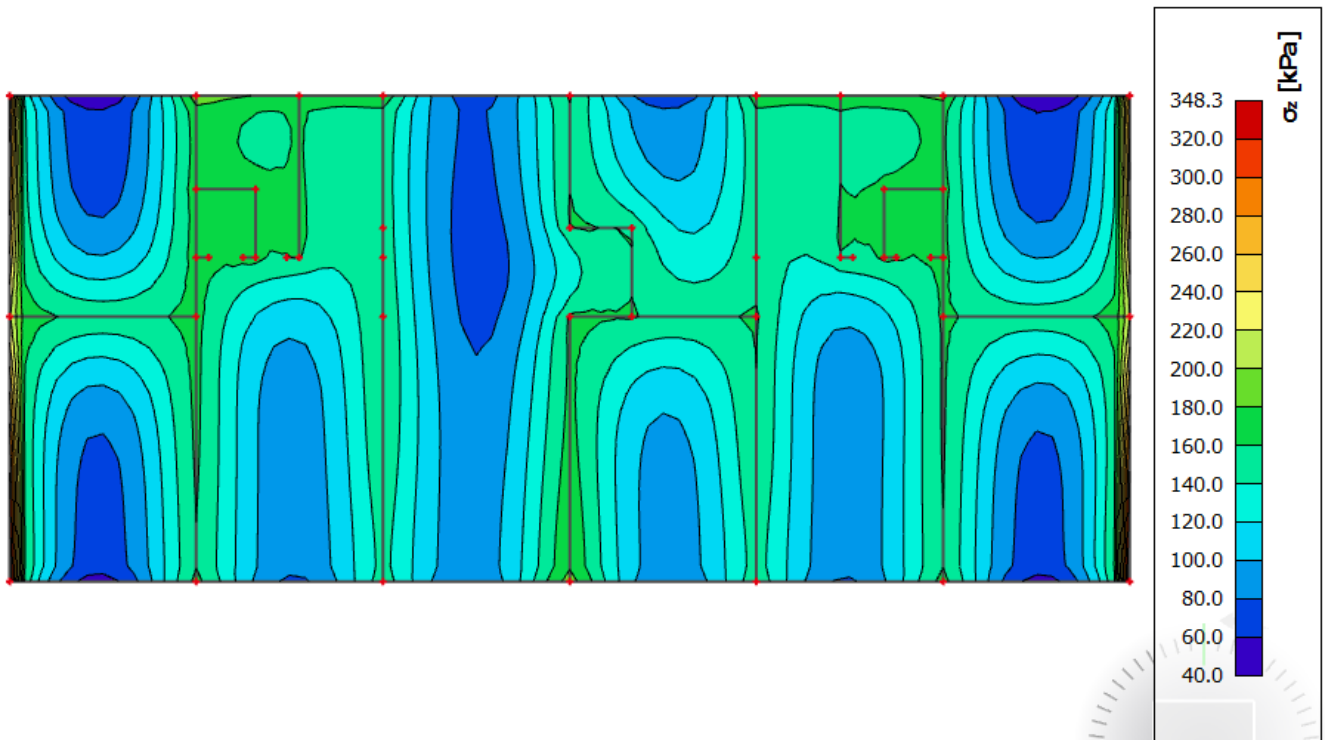
Momenti savijanja  $M_{Ed,x}$ ,  $M_{Ed,y}$  za anvelopu potresnog opterećenja ANV-potres



Slika 8.6 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za ANV-potres



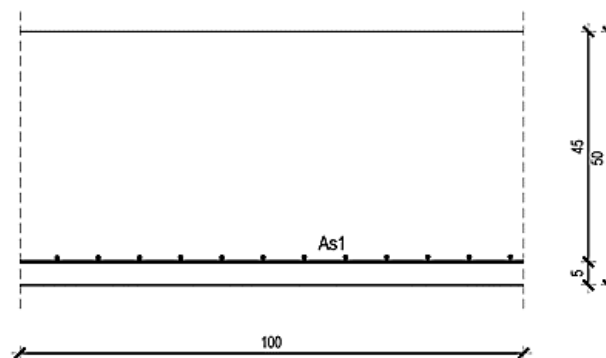
Slika 8.7 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za ANV-potres



Slika 8.8 Kontaktna naprežanja u smjeru  $z$  ( $\sigma_z$  (kPa)) za GSN-1

Na slici 8.8 vidimo da se ispod vanjskih rubnih zidova javljaju najveća kontaktna naprežanja, odnosno duž cijelog zida javljaju se velike koncentracije naprežanja. Dozvoljena naprežanja koje tlo može preuzeti nisu prekoračena  $\sigma_z=348 \text{ kPa} < 500 \text{ kPa}$ .

### 8.3 Dimenzioniranje temeljne ploče



Slika 8.9 Poprečni presjek temeljne ploče

$h=50 \text{ cm}$   
zaštitni sloj:  $a=5,0 \text{ cm}$ ;  $d=45,0 \text{ cm}$

Beton: C 30/37  
 $f_{ck}=30,0 \text{ MPa}$ ;  $E_{cm}=33,0 \text{ GPa}$   
 $f_{cd}=f_{ck}/1,5=20,0 \text{ MPa}$

Armatura: B 500B

$$f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yd}= f_{yk} / 1.15=434,8 \text{ MPa}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (8.2)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,45^2 \cdot 20 \cdot 1000 = 643,95 \text{ kNm}$$

Minimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (8.3)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 45,0 = 6,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (8.4)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{45,0}{50,0} = 5,4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Maksimalna armatura za ploče:

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (8.5)$$

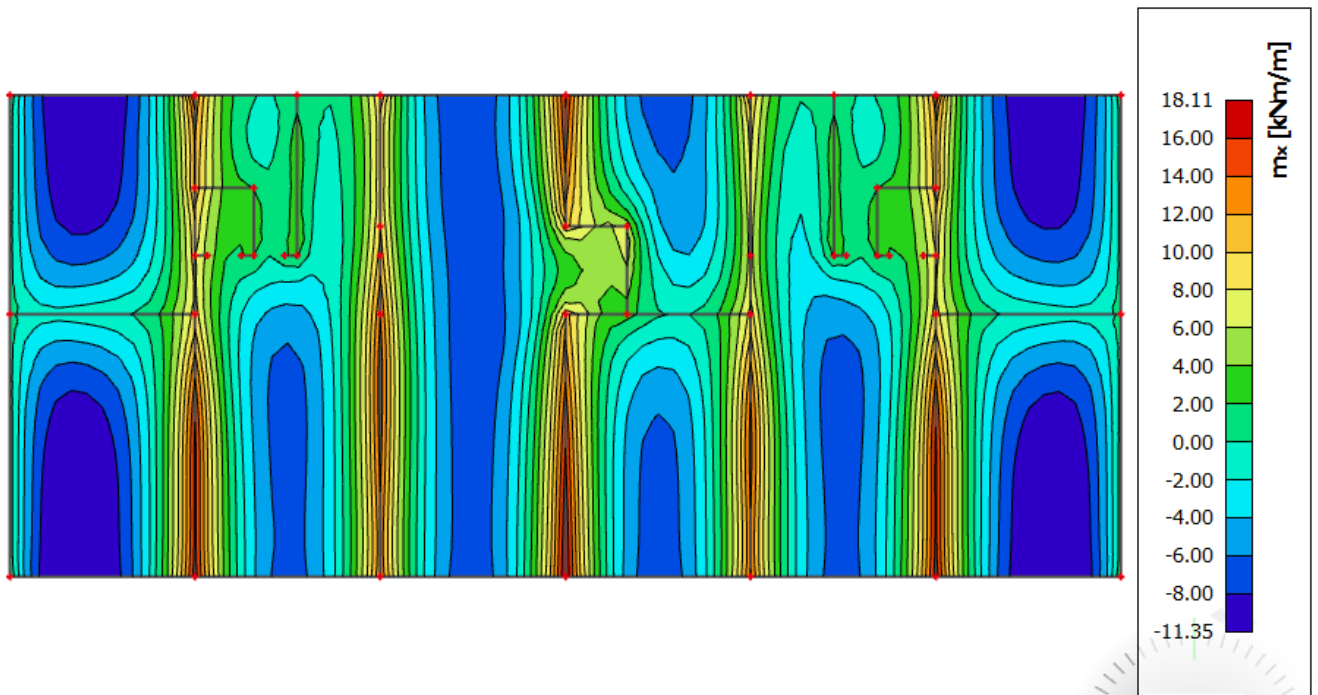
$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 45 \cdot \frac{20,0}{434,8} = 64,17 \text{ cm}^2/\text{m}$$

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

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (8.6)$$

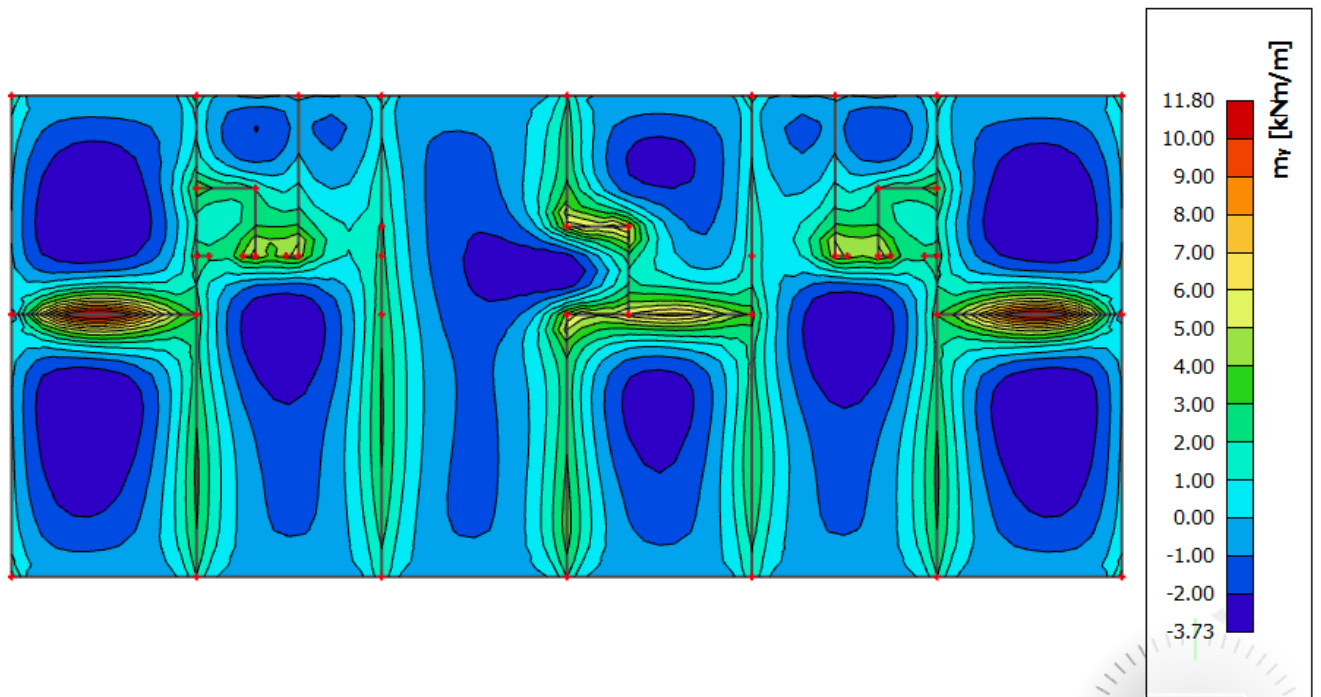
$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 45,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,057$$

U nastavku je prikazana potrebna površina armature temeljne ploče za x i y smjer.



Slika 8.10 Armatura u temeljnoj ploči smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1





Slika 8.11 Armatura u temeljnoj ploči smjer  $A_s, y-y$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

*Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % te povećati u polju za 25%.*

Armatura u polju  $11,35 \text{ cm}^2 * 1.25 = 14,19 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $18,11 \text{ cm}^2 * 0.85 = 15,39 \text{ cm}^2$

#### ODABRANA ARMATURA

Polje Q-785 + preklop 60 cm +  $\Phi 12/20$  ( $9,90 + 5,65 = 15,55 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

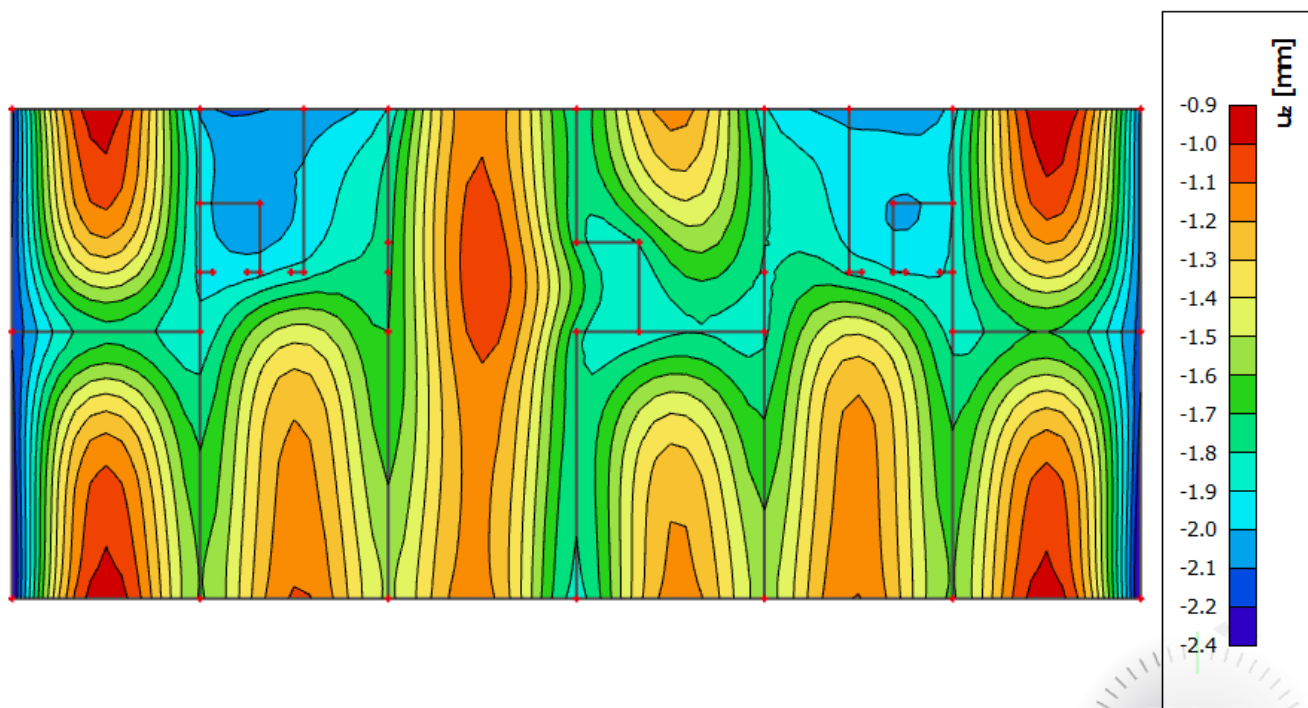
Ležaj Q-785 + preklop 60 cm +  $\Phi 14/20$  ( $9,90 + 7,70 = 17,6 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

*Napomena: Armatura polja je smještena u gornjoj zoni ploče, dok je armatura nad ležajem smještena u donjoj zoni ploče.*

Armaturni planovi temeljne ploče za donju i gornju zonu priloženi su u grafičkim priložima.

## 8.4 Kontrola progiba i pukotina temeljne ploče

### 8.4.1 Kontrola progiba

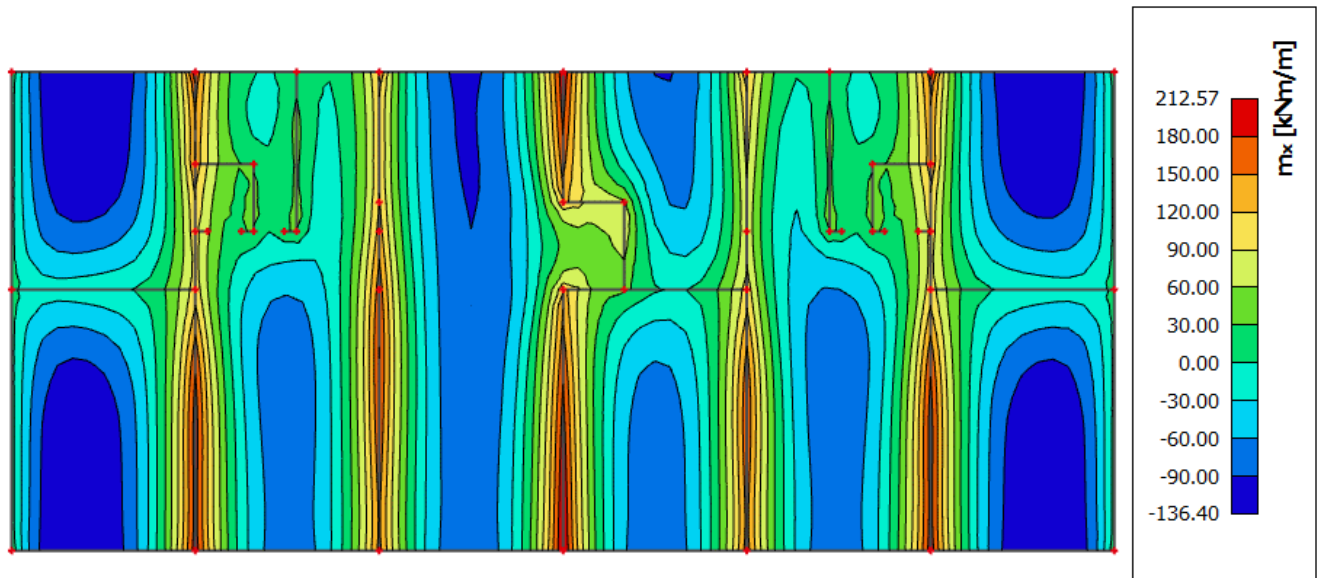
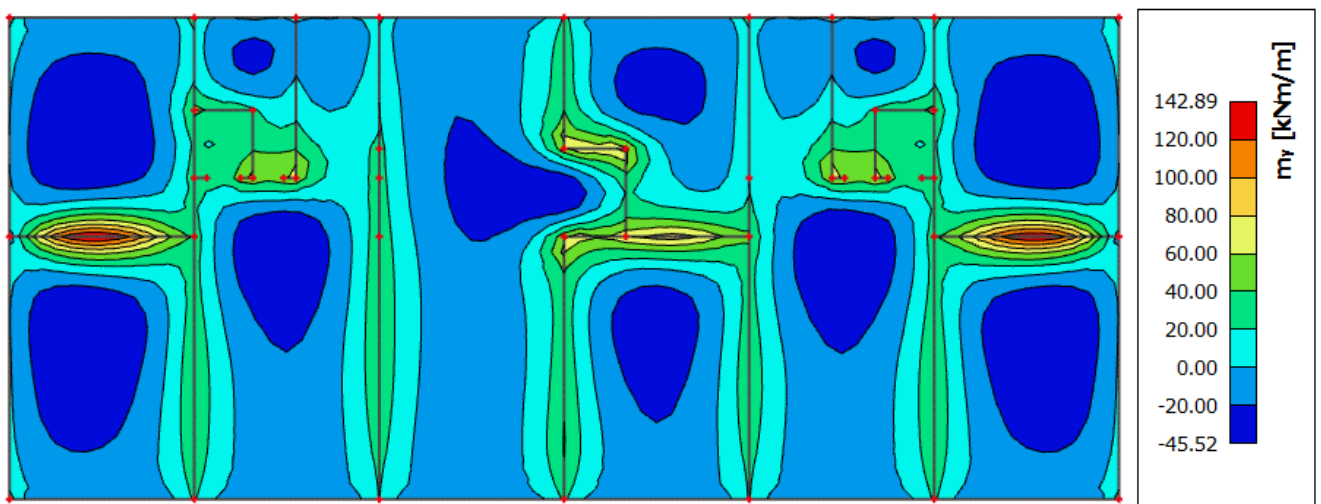


Slika 8.12 Progib temeljne ploče (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosi 2,4 mm

Sa slike 8.12 vidimo da je slijeganje temeljnog tla ravnomjerno, na taj način izbjegnuta je pojava diferencijalnog slijeganja.

## 8.4.2 Kontrola pukotina

Slika 8.13 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSU-1Slika 8.14 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSU-1

Sa slike 8.13 očitano je najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

Mjerodavni moment za polje:  $M=136,40$  kNm/m

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (8.7)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_p,eff} (1 + \alpha_\varepsilon \rho_p,eff)}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (8.8)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (8.9)$$

$$x = \frac{6,36 \cdot 15,55}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 45,0}{6,36 \cdot 15,55}} \right) = 8,50 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (8.10)$$

$$\sigma_s = \frac{13640}{\left(45,0 - \frac{8,50}{3}\right) \cdot 15,55} = 20,80 \frac{kN}{cm^2} = 208,0 \text{ MPa}$$

Za C 30/37  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-785 + \Phi 14/20 (7,85 + 7,70 = 15,55 \text{ cm}^2/\text{m})$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{33} = 6,36 \quad (8.11)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (8.12)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{15,55}{100 \cdot \left(\frac{50-8,50}{3}\right)} = 0,0112$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{208,0 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,0112} (1 + 6,36 \cdot 0,0112)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{208,0}{210000}$$

$$0,00046 \geq 0,00059$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00059$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\emptyset}{\rho_{p,eff}} \text{ [mm]} \quad (8.13)$$

$\emptyset = 14,0 \text{ mm}$

$c = 50 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{14,0}{0,0112} = 382,5 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (8.7)$$

$$w_k = 382,5 \cdot 0,00059 = 0,22 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju ploče zadovoljavaju!

Mjerodavni moment za ležaj:  $M=212,57 \text{ kNm/m}$

$$x = \frac{6,36 \cdot 17,9}{100} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 100 \cdot 45,0}{6,36 \cdot 17,9}} \right) = 9,05 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{21257}{\left(45,0 - \frac{9,05}{3}\right) \cdot 17,9} = 28,29 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 282,90 \text{ MPa}$$

Za C 30/37  $\rightarrow f_{ct,eff} = 2,9 \text{ MPa}$

$A_{s1} = Q-785 + \Phi 16/20 (7,85 + 10,05 = 17,9 \text{ cm}^2/\text{m})$

$E_{cm} = 33,0 \text{ GPa} = 33 \text{ 000 MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210 \text{ 000 MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{33} = 6,36$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{17,9}{100 \cdot \left(\frac{50-9,05}{3}\right)} = 0,0131$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{282,90 - 0,4 \cdot \frac{2,9}{0,0131} \cdot (1 + 6,36 \cdot 0,0131)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{282,90}{210000}$$

$$0,00089 \geq 0,00081$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00089$$

Srednji razmak pukotina:

$\emptyset = 16,0 \text{ mm}$

$c = 50 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16,0}{0,0131} = 377,6 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (8.7)$$

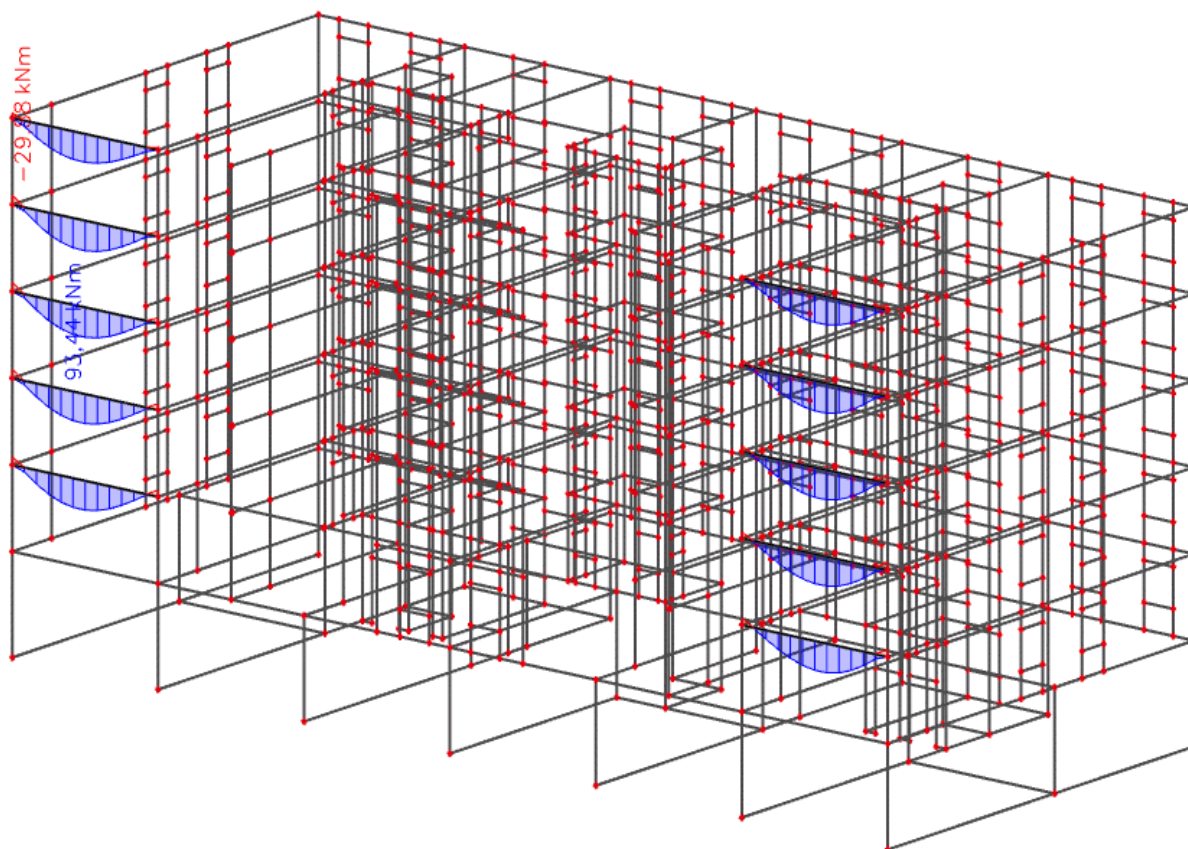
$$w_k = 377,63 \cdot 0,00089 = 0,29 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine na ležaju ploče zadovoljavaju!

## 9. PRORAČUN AB GREDA

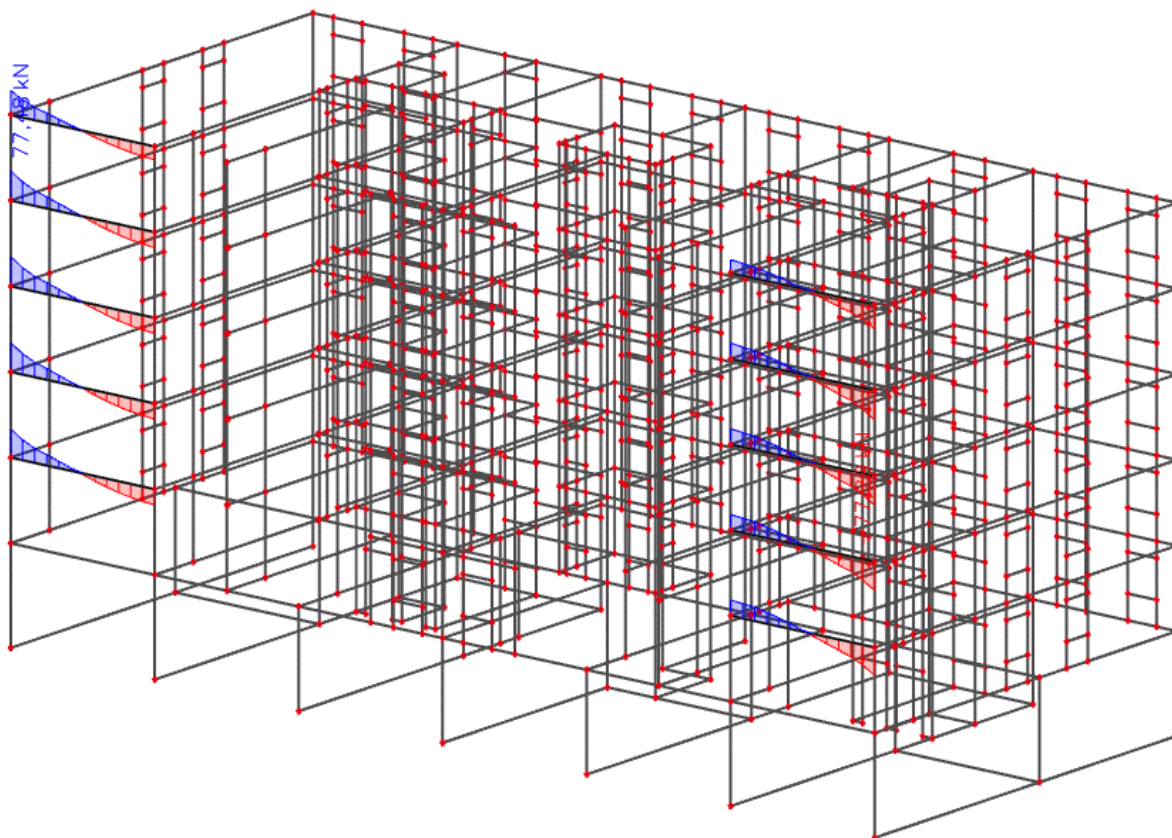
### 9.1 Prikaz rezultata ab grede dimenzije b/h=20/60

U nastavku će se prikazati rezultati unutarnjih sila za gredu dimenzije b/h=20/60. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



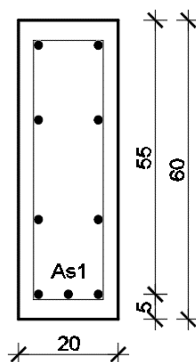
Slika 9.1 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm) za GSN-1

Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



Slika 9.2 Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  (kN) za GSN-1

## 9.2 Dimenzioniranje ab grede dimenzije $b/h=20/60$



Slika 9.3 Poprečni presjek grede

$b=20,0$  cm  $h=60,0$  cm  
zaštitni sloj:  $d_1=5,0$  cm;  $d=55,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

$f_{cd}=f_{ck}/1.5=16,67$  MPa



Armatura: B 500B

$$f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yd}= f_{yk} / 1.15=434,8 \text{ MPa}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (9.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,2 \cdot 0,55^2 \cdot 16,67 \cdot 1000 = 160,36 \text{ kNm}$$

Minimalna armatura za grede:

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (9.2)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 20 \cdot \frac{55,0}{50,0} = 1,32 \text{ cm}^2/m$$

9.2.1 Dimenzioniranje na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 93,44 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (9.3)$$

$$\mu_{Ed} = \frac{93,44 \cdot 100}{20 \cdot 55^2 \cdot 1,67} = 0,0924$$

$$\text{za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \varepsilon_{c2} = 2.1\text{‰}, \zeta = 0.934, \xi = 0.174$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (9.4)$$

$$A_{s1} = \frac{93,44 \cdot 100}{0,934 \cdot 55,0 \cdot 43,48} = 4,18 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **3Φ16 (A<sub>s</sub>= 6,03 cm<sup>2</sup>)**

9.2.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 77,48 \text{ kN}$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (9.5)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (9.6)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{550}} = 1,60 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,60$$

$$k_1 = 0,15 ; \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0$$

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{3\phi 16 + 6\phi 12}{20 \cdot 60} = \frac{6,03 + 6,79}{20 \cdot 60} = 0,01068 \quad (9.7)$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,60 \cdot (100 \cdot 0,01068 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 200 \cdot 550$$

$$V_{Rd,c} = 63,12 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (9.8)$$

$$k_1 = 0,15$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot 1,6^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,354 \quad (9.9)$$

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

$$V_{Rd,c,min} = 0,354 \cdot 200 \cdot 550 = 38,94 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 63,12 \text{ kN} \geq V_{Rd,c,min} = 38,94 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \quad (9.10)$$

$$v = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (9.11)$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 200 \cdot 550 \cdot 16,67 = 495,1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 77,48 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 495,1 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 77,48/495,1 \rightarrow V_{Ed} = 0,156 V_{Rd,max} \quad (9.12)$$

$$s_{max} = \min\{0,75 \cdot d; 30\text{cm}\} \quad (9.13)$$

$$s_{max} = \min\{0,75 \cdot 55 = 41,25; 30\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0009$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} \quad (9.14)$$

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

Odabrano:  $\Phi 8$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta \quad (9.15)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0,5}{30} \cdot (0,9 \cdot 55) \cdot 43,48 \cdot 2 = 71,74 \text{ kN}$$

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$S_{w,pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} \quad (9.16)$$

$$S_{w,pot} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 55}{77,48} = 27,7 \text{ cm}$$

**Postaviti spone:  $\Phi 8/25 \text{ cm}$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )**

Armaturni plan grede priložen je u grafičkim priložima.

### 9.3 Kontrola progiba i pukotina ab grede dimenzije $b/h=20/60$

#### 9.3.1 Kontrola progiba ab grede

Granični probig  $w_{\max} = L/250$

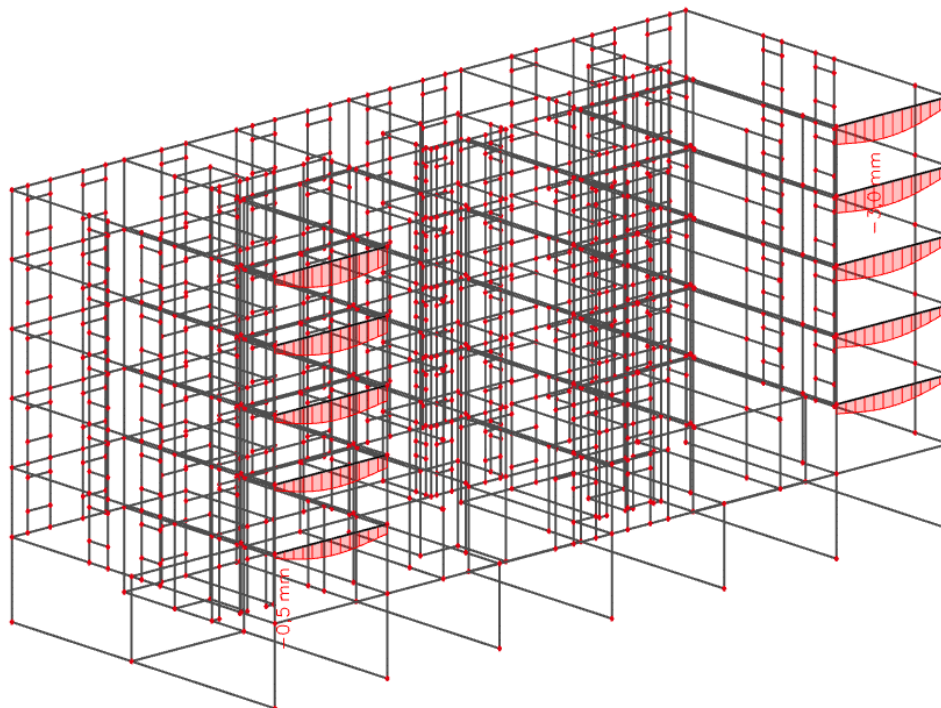
Progib od kratkotrajnog djelovanja odnosno progib uzet za čestu kombinaciju GSU-1 je:

$$w_{el} = L/1000 \quad (9.17)$$

gje je  $w_{el}$  – elastični progib dobiven proračunom po teoriji elastičnosti

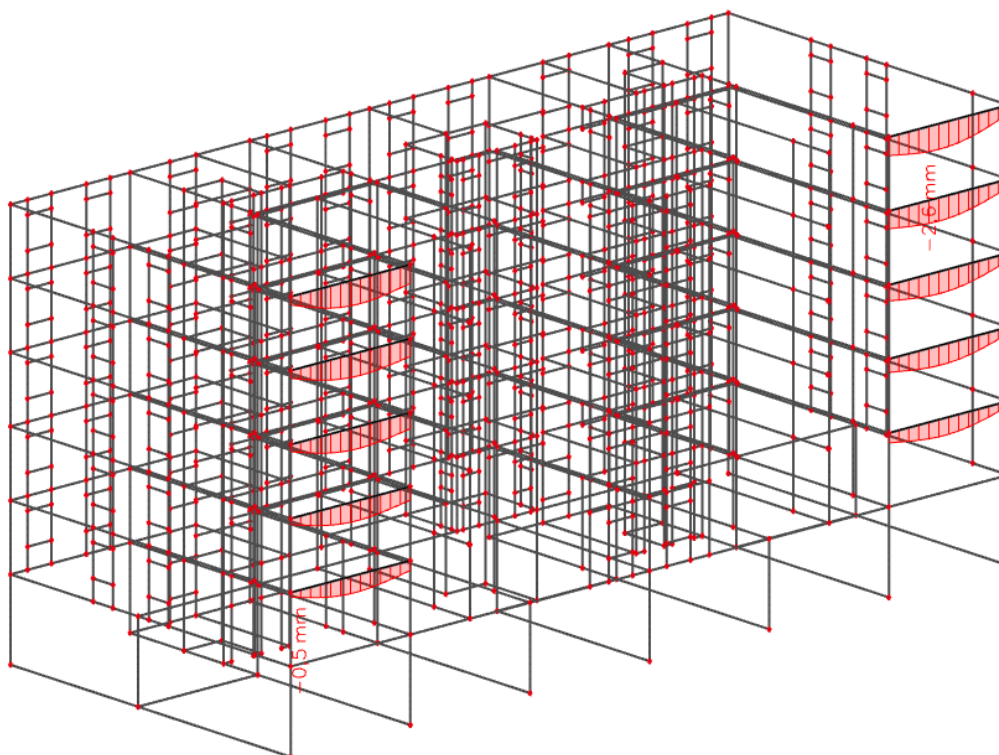
Progib od kratkotrajnog djelovanja + puzanje odnosno progib uzet za nazovistalnu kombinaciju GSU-2 je:

$$w_{el} = L/1250 \quad (9.18)$$



Slika 9.4 Progib ab grede (mm) za kombinaciju GSU-1

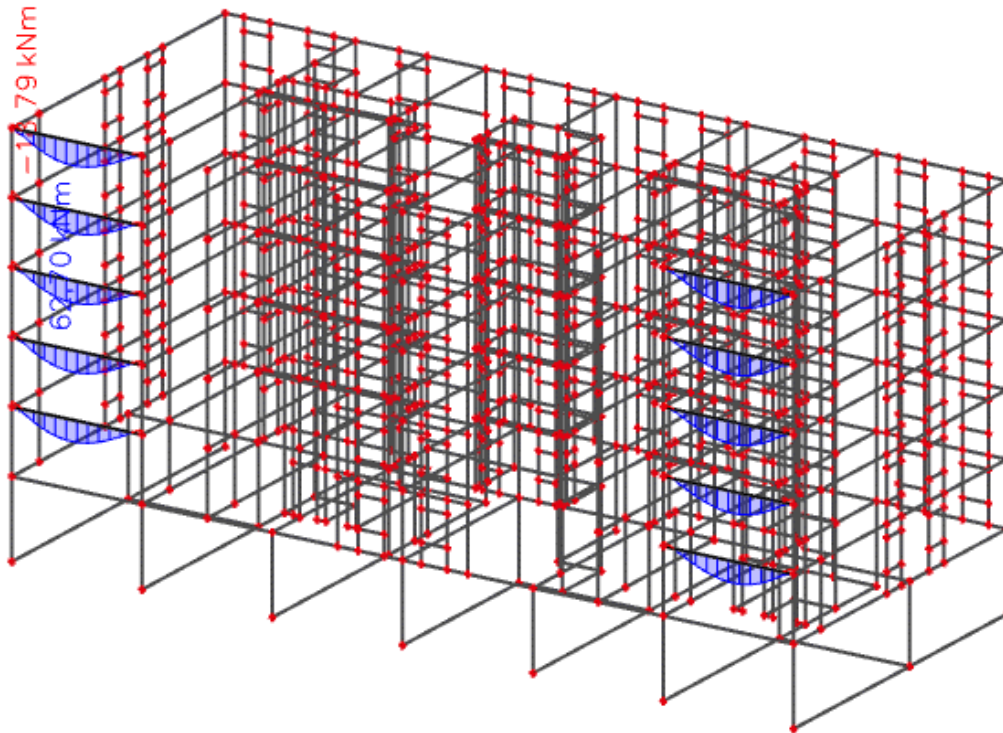
Najveći progib iznosi 3,0 mm  
Dozvoljen progib je  $L/1000 = 600/1000 = 6,0$  mm  
Greda zadovoljava na progibe.



*Slika 9.5 Progib ab grede (mm) za kombinaciju GSU-2*

Najveći progib iznosi 2,6 mm  
Dozvoljen progib je  $L/1250 = 600/1250 = 4,8$  mm  
Greda zadovoljava na progibe.

## 9.3.2 Kontrola pukotina ab grede

Slika 9.6 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm) za GSU-1

Sa slike 9.6 očitano je najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

Mjerodavni moment za polje:  $M=62,70$  kNm

Računska širina pukotine prema Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9.19)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_\varepsilon \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (9.20)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (9.21)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 12,82}{20} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 55,0}{7,00 \cdot 12,82}} \right) = 18,18 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (9.22)$$

$$\sigma_s = \frac{6270}{\left(55 - \frac{18,18}{3}\right) \cdot 12,82} = 9,99 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 99,90 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = 3\phi 16 + 6\phi 12 = 12,82 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (9.23)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (9.24)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{12,82}{20 \cdot 2,5 \cdot 5,0} = 0,0513$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{99,90 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0513} \cdot (1 + 7,00 \cdot 0,0513)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{99,90}{210000}$$

$$0,00034 \geq 0,00029$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00034$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} [mm] \quad (9.25)$$

$\phi = 16,0 \text{ mm}$

$c = 50 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{16,0}{0,0513} = 223,02 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

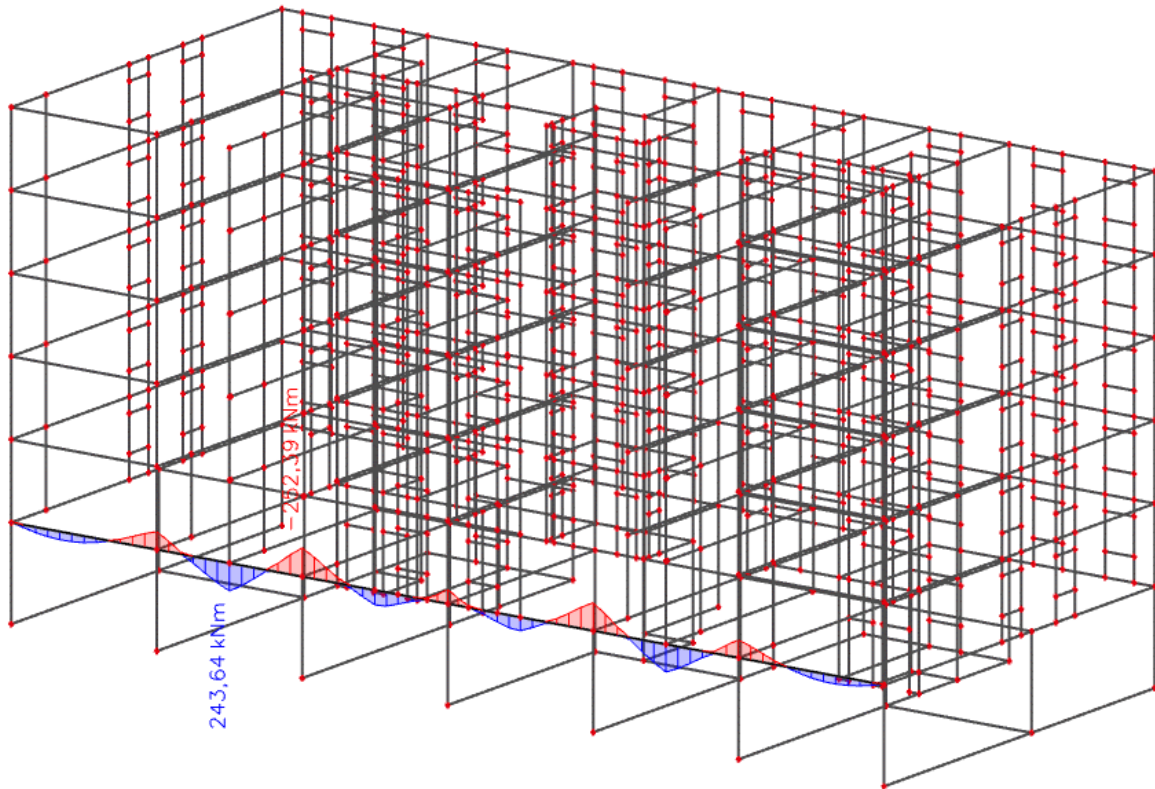
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9.19)$$

$$w_k = 223,02 \cdot 0,00034 = 0,08 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju grede zadovoljavaju!

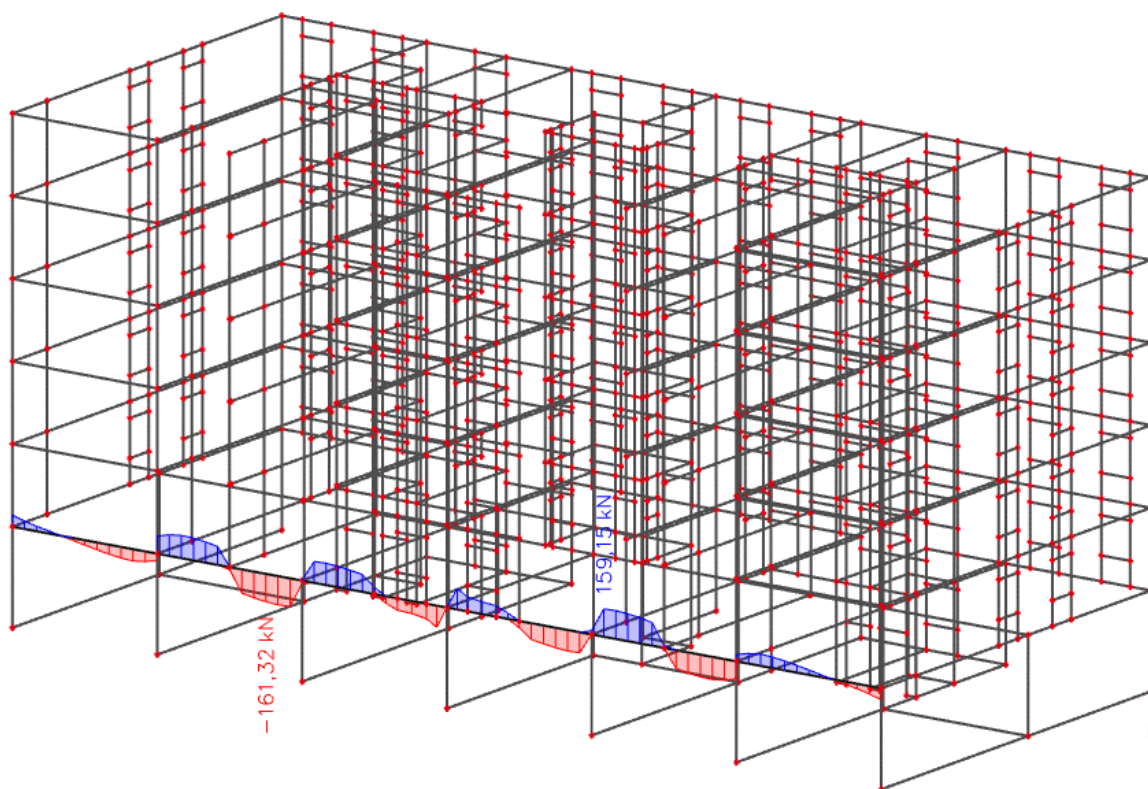
#### 9.4 Prikaz rezultata ab grede dimenzije b/h=35/70

U nastavku će se prikazati rezultati unutarnjih sila za gredu dimenzije b/h=35/70. Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



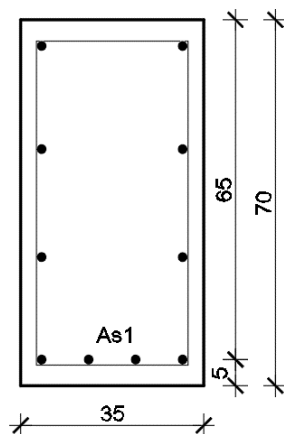
Slika 9.7 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm) za GSN-1

Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  za kombinaciju opterećenja GSN-1



Slika 9.8 Poprečne sile  $V_{Ed,z}$  (kN) za GSN-1

### 9.5 Dimenzioniranje ab grede dimenzije $b/h=35/70$



Slika 9.9 Poprečni presjek grede

$b=35,0$  cm  $h=70,0$  cm  
zaštitni sloj:  $d_1=5,0$  cm;  $d=65,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

$f_{cd}=f_{ck}/1,5=16,67$  MPa



Armatura: B 500B

$$f_{yk}=500,0 \text{ MPa}$$

$$f_{yd}= f_{yk} / 1.15=434,8 \text{ MPa}$$

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (9.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 0,35 \cdot 0,65^2 \cdot 16,67 \cdot 1000 = 391,95 \text{ kNm}$$

Minimalna armatura za grede:

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (9.2)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 35 \cdot \frac{65,0}{50,0} = 2,73 \text{ cm}^2/m$$

9.5.1 Dimenzioniranje na moment savijanja u polju

$$M_{Ed} = 243,64 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (9.3)$$

$$\mu_{Ed} = \frac{243,64 \cdot 100}{35 \cdot 65^2 \cdot 1,67} = 0,0987$$

$$\text{za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \varepsilon_{c2} = 2.2\text{‰}, \zeta = 0.931, \xi = 0.180$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (9.4)$$

$$A_{s1} = \frac{243,64 \cdot 100}{0,931 \cdot 65,0 \cdot 43,48} = 9,26 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **4Φ20 (A<sub>s</sub>= 12,57 cm<sup>2</sup>)**

9.5.2 Dimenzioniranje na moment savijanja nad ležajem

$$M_{Ed} = 252,29 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \quad (9.3)$$

$$\mu_{Ed} = \frac{252,29 \cdot 100}{35 \cdot 65^2 \cdot 1,67} = 0,102$$

$$\text{za } \varepsilon_{s1} = 10\text{‰}, \varepsilon_{c2} = 2.3\text{‰}, \zeta = 0.928, \xi = 0.187$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (9.4)$$

$$A_{s1} = \frac{252,29 \cdot 100}{0,928 \cdot 65,0 \cdot 43,48} = 9,62 \text{ cm}^2$$

Odabrano: **4Φ20** ( $A_s = 12,57 \text{ cm}^2$ )

### 9.5.3 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 161,32 \text{ kN}$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (9.5)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (9.6)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1,55 \leq 2,0 \Rightarrow k = 1,55$$

$$k_1 = 0,15 ; \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,0$$

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

$$\rho_l = \frac{\sum A_s}{A_c} = \frac{4\phi 20 + 6\phi 14}{30 \cdot 70} = \frac{12,57 + 9,24}{35 \cdot 70} = 0,0079 \quad (9.7)$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 1,55 \cdot (100 \cdot 0,0079 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,0] \cdot 350 \cdot 650$$

$$V_{Rd,c} = 114,51 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (9.8)$$

$$k_1 = 0,15$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot 1,55^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,338 \quad (9.9)$$

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

$$V_{Rd,c,min} = 0,338 \cdot 350 \cdot 650 = 76,83 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 114,51 \text{ kN} \geq V_{Rd,c,min} = 76,83 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \quad (9.10)$$

$$v = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (9.11)$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 350 \cdot 650 \cdot 16,67 = 1023,95 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 161,32 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 1023,95 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 161.32/1023,95 \rightarrow V_{Ed} = 0.158 V_{Rd,max} \quad (9.12)$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot d; 30\text{cm}\} \quad (9.13)$$

$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot 65 = 48,75; 30\} \rightarrow s_{max} = 30 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0009$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} \quad (9.14)$$

$$A_{sw,min} = \frac{0.0009 \cdot 30 \cdot 35}{2} = 0.473 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $\Phi 10$  ( $A_s = 0,79 \text{ cm}^2$ )

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta \quad (9.15)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.79}{30} \cdot (0.9 \cdot 65) \cdot 43.48 \cdot 2 = 133,96 \text{ kN}$$

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

Na mjestu maksimalne poprečne sile:

$$s_{w,pot} \leq \frac{m \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot z}{V_{Ed}} \quad (9.16)$$

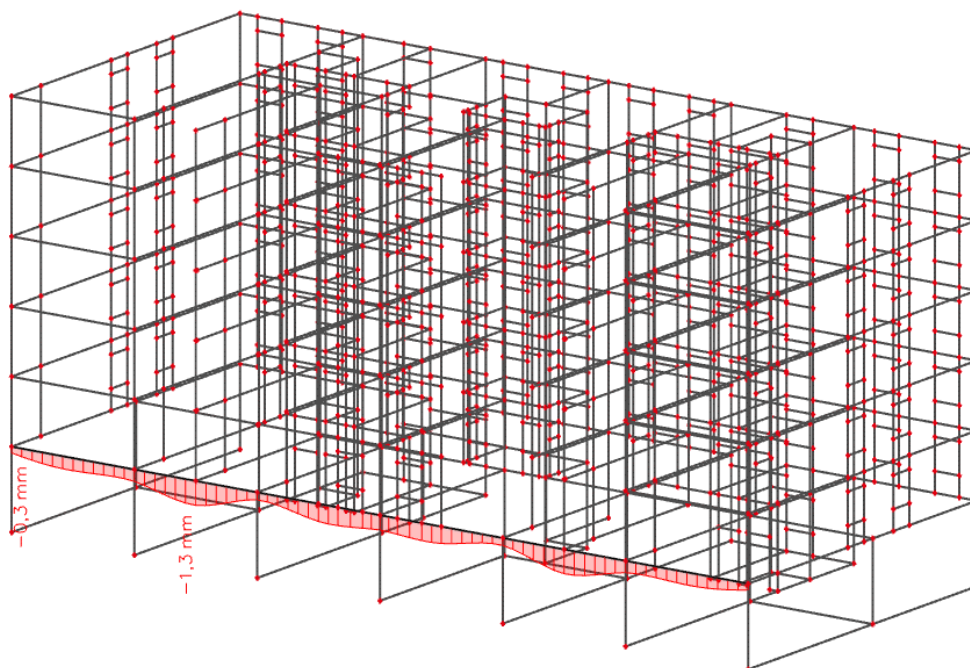
$$s_{w,pot} = \frac{2 \cdot 0,79 \cdot 43,48 \cdot 0,9 \cdot 65}{161,32} = 24,91 \text{ cm}$$

**Postaviti spone:  $\Phi 10/20 \text{ cm}$  ( $A_s = 0,79 \text{ cm}^2$ )**

Armaturni plan grede priložen je u grafičkim priložima.

## 9.6 Kontrola progiba i pukotina ab grede dimenzije b/h=35/70

### 9.6.1 Kontrola progiba ab grede

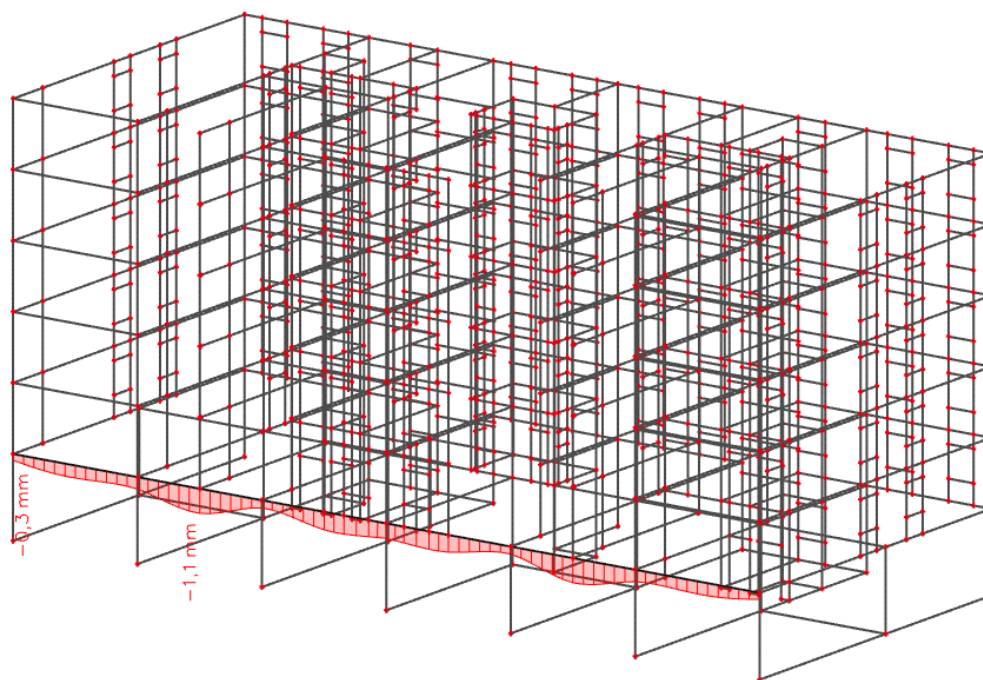


Slika 9.10 Progib ab grede (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosi 1,3 mm

Dozvoljen progib je  $L/1000 = 600/1000 = 6,0$  mm

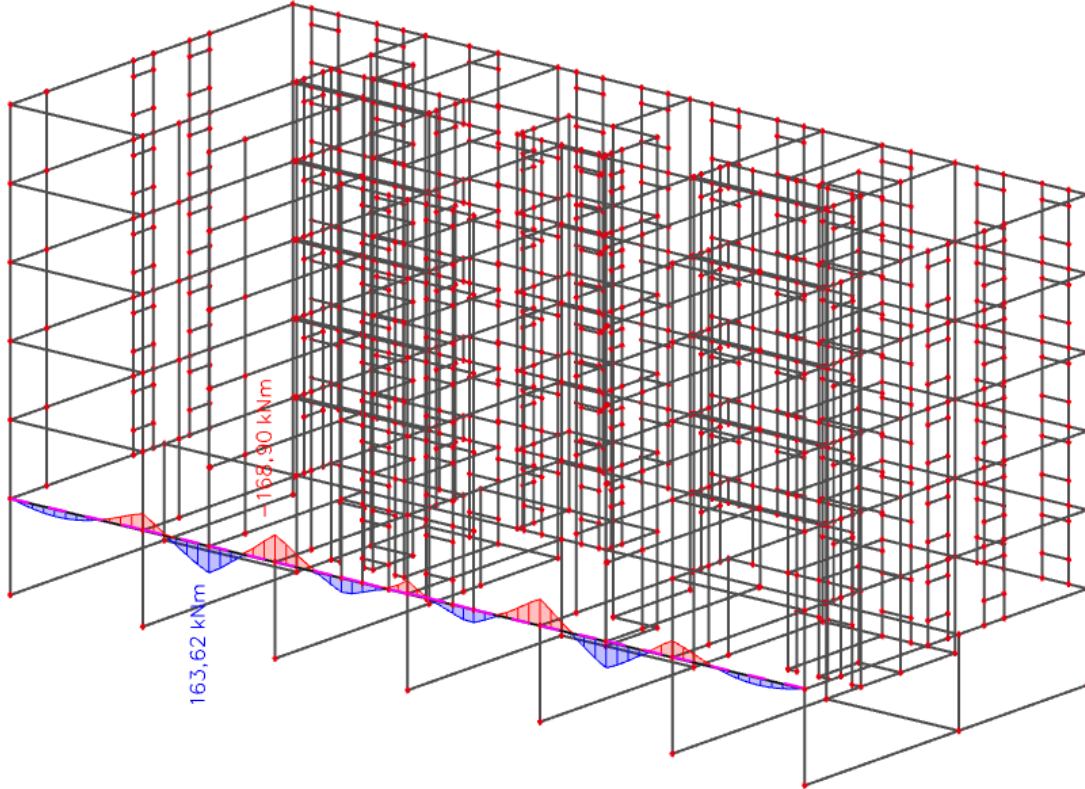
Greda zadovoljava na progibe.



Slika 9.11 Progib ab grede (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosi 1,1 mm  
 Dozvoljen progib je  $L/1250 = 600/1250 = 4,8$  mm  
 Greda zadovoljava na progibe.

### 9.6.2 Kontrola pukotina ab grede



Slika 9.12 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm) za GSU-1

Sa slike 9.12 očitano je najveći moment savijanja koji će biti mjerodavan kod izračuna širine pukotina.

Mjerodavni moment za polje:  $M = 163,62$  kNm/m

Računska širina pukotine prema Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9.19)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_\varepsilon \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (9.20)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (9.21)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 19,42}{35} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 35 \cdot 65,0}{7,00 \cdot 19,42}} \right) = 18,92 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (9.22)$$

$$\sigma_s = \frac{16362}{\left(65 - \frac{18,92}{3}\right) \cdot 19,42} = 14,35 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 143,50 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = 4\phi 20 + 6\phi 14 = 19,42 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (9.23)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (9.24)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{19,42}{35 \cdot 2,5 \cdot 5,0} = 0,0443$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{143,50 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0443} (1 + 7,00 \cdot 0,0443)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{143,50}{210000}$$

$$0,00054 \geq 0,00041$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00054$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} [\text{mm}] \quad (9.25)$$

$\phi = 20,0 \text{ mm}$

$c = 50 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$k_3 = 3,4$

$k_4 = 0,425$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{20,0}{0,0443} = 239,07 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9.19)$$

$$w_k = 239,07 \cdot 0,00054 = 0,13 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine u polju grede zadovoljavaju!

Mjerodavni moment nad ležajem:  $M=168,90 \text{ kNm/m}$

Računska širina pukotine prema Eurokodu 2, može se prognozirati prema slijedećem izrazu:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9.19)$$

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_\varepsilon \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (9.20)$$

$$x = \frac{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}{b} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{\alpha_{e1} \cdot A_{s1}}} \right) \quad (9.21)$$

$$x = \frac{7,00 \cdot 19,42}{35} \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 35 \cdot 65,0}{7,00 \cdot 19,42}} \right) = 18,92 \text{ cm}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{Ed}}{z \cdot A_s} \approx \frac{M_{Ed}}{\left(d - \frac{x}{3}\right) \cdot A_s} \quad (9.22)$$

$$\sigma_s = \frac{16890}{\left(65 - \frac{18,92}{3}\right) \cdot 19,42} = 14,82 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 148,20 \text{ MPa}$$

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

$A_{s1} = 4\phi 20 + 6\phi 14 = 19,42 \text{ cm}^2$

$E_{cm} = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti betona

$E_s = 210,0 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa}$  – modul elastičnosti armature

$k_t = 0,4$ - Dugotrajno opterećenje

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{210}{30} = 7,00 \quad (9.23)$$

$\alpha_e$  – Odnos modula elastičnosti

Djelotvorni koeficijent armiranja glavnom vlačnom armaturom:

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (9.24)$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{19,42}{35 \cdot 2,5 \cdot 5,0} = 0,0443$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{148,20 - 0,4 \cdot \frac{2,6}{0,0443} \cdot (1 + 7,00 \cdot 0,0443)}{210000} \geq 0,6 \cdot \frac{148,20}{210000}$$

$$0,00056 \geq 0,00042$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,00056$$

Srednji razmak pukotina:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} [mm] \quad (9.25)$$

$$\phi = 20,0 \text{ mm}$$

$c = 50 \text{ mm}$  – Zaštitni sloj uzdužne armature

$k_1 = 0,8$  – Rebrasta armatura

$k_2 = 0,5$  – Savijanje

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

$$s_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,425 \cdot \frac{20,0}{0,0443} = 239,07 \text{ mm}$$

Karakteristična širina pukotina:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (9.19)$$

$$w_k = 239,07 \cdot 0,00056 = 0,13 \text{ mm} < w_g = 0,3 \text{ mm}$$

Pukotine nad ležajom grede zadovoljavaju!



## 10. PRORAČUN STUPOVA

Proračun i dimenzioniranje stupova predmetne građevine napravljeno je prema uobičajenim i izvanrednim kombinacijama opterećenja. Uobičajene kombinacije predstavljaju kombinaciju stalnog i promjenjivog opterećenja. Izvanredna kombinacija sadrži stalno i promjenjivo opterećenje zajedno sa djelovanjem potresa.

Uobičajena kombinacija:

$$1) \text{ GSN-1 } 1,35 \cdot (g + \Delta g) + 1,5 \cdot q$$

Izvanredne kombinacije:

$$2) \text{ GSN+S}_x \quad 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,0 \cdot S_x$$

$$3) \text{ GSN+S}_y \quad 1,0 \cdot (g + \Delta g) + 0,3 \cdot q + 1,30 \cdot 1,0 \cdot S_y$$

Proračun nosivosti stupova proveden je pomoću računalnog programa „AspalathosSectionDesign“. Pretpostavljena je armatura stupa te njen raspored unutar presjeka, te je za nekoliko različitih profila armaturnih šipki izračunata granična nosivost stupa. Potom je u programu „Microsoft Excel“ napravljen dijagram nosivosti stupa sa podacima dobivenih iz „AspalathosSectionDesign“. Unosom reznih sila-uređenih parova (M ,N) na dijagram nosivosti dobivamo profil armature koji zadovoljava.

Pri proračunu uzet je u obzir i utjecaj vitkosti stupa približnim postupkom prema EC-2 na način da se dobivenim momenti očitani iz modela uvećani za određenu vrijednost  $\psi$

Dimenzije stupa  $b/h=20/20$

$$I = \frac{b^4}{12} \quad (10.1)$$

$$I = \frac{0,2^4}{12} = 0,00013 \text{ m}^4$$

$$A = b \cdot h \quad (10.2)$$

$$A = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ m}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (10.3)$$

$$i = \sqrt{\frac{0,00013}{0,04}} = 0,057 \text{ m} = 5,7 \text{ cm}$$

$$h_{stupa} = 288 \text{ cm}$$

$$l_i = 0,7 \cdot h_{stupa} \quad (10.4)$$

$$l_i = 0,7 \cdot 288 = 201,6 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_i}{i} \quad (10.5)$$

$$\lambda = \frac{201,6}{5,7} = 35 > 25$$

Potreban je proračun po teoriji II. reda.

$$M_{Ed} = \psi \cdot M \quad (10.6)$$

$$\psi = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr}}} \quad (10.7)$$

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{E \phi \cdot I}{l_i^2} \quad (10.8)$$

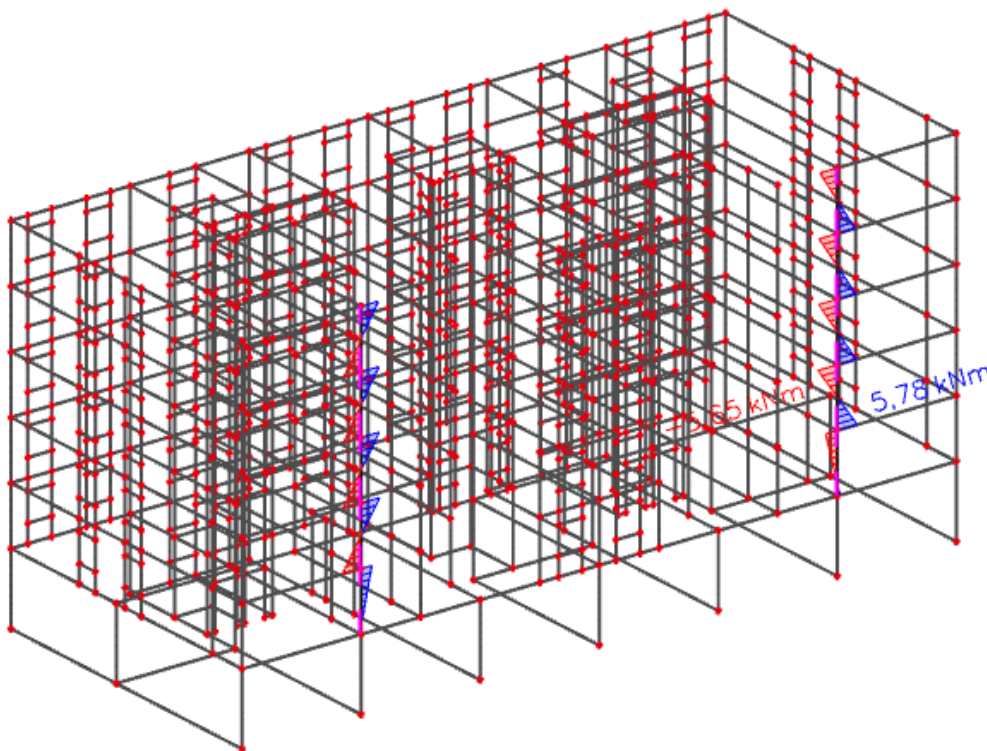
$$E_\phi = \frac{E}{1 + \phi} \quad (10.9)$$

Za C 25/30  $\rightarrow E = 30,0 \text{ GPa} = 30\,000 \text{ MPa}$

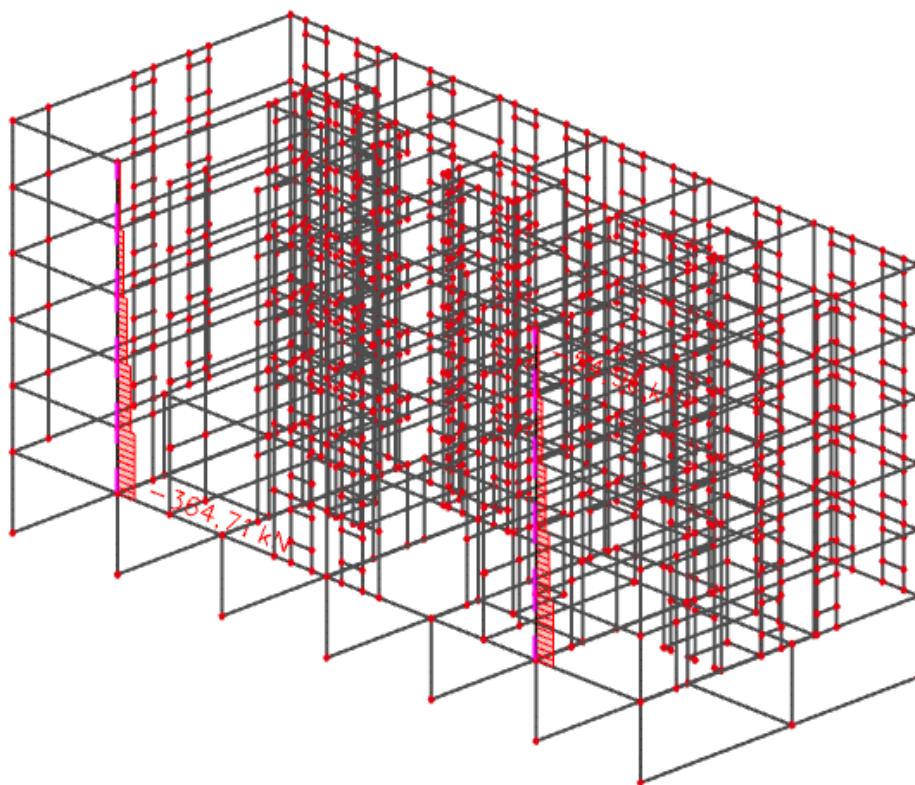
$$E_\phi = \frac{30000}{1 + 2,5} = 8571,43 \text{ MPa} = 857,14 \text{ kN/cm}^2$$

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{857,14 \cdot 13333,33}{201,6^2} = 2772,48 \text{ kN}$$

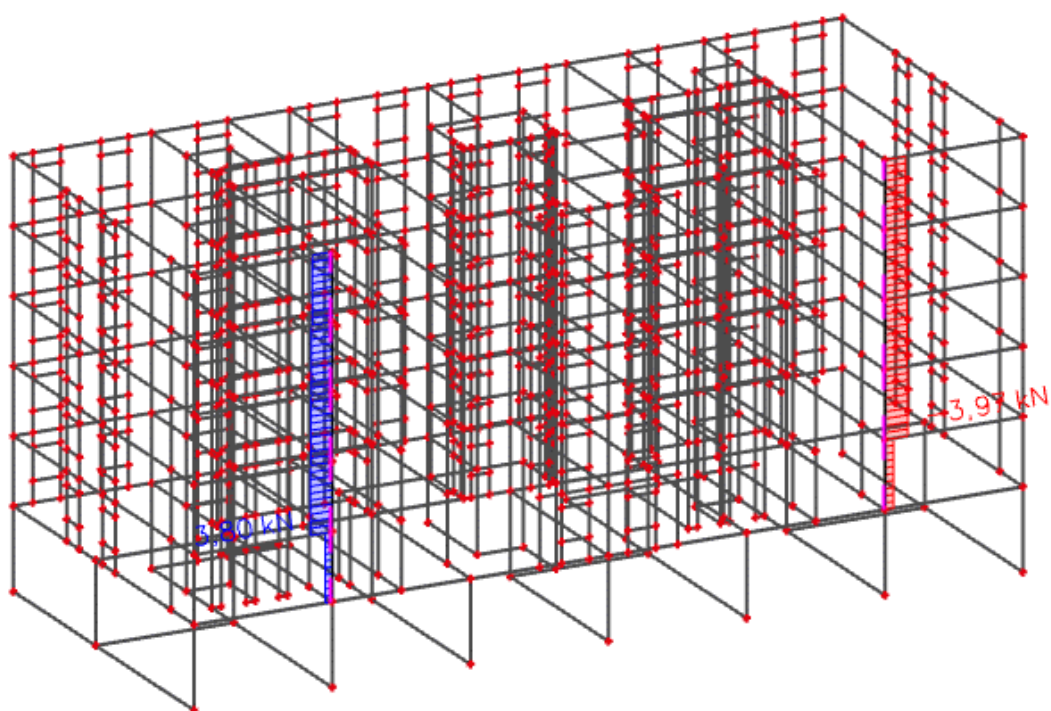
U nastavku će se prikazati rezultati unutarnjih sila za stup dimenzije b/h=20/20.



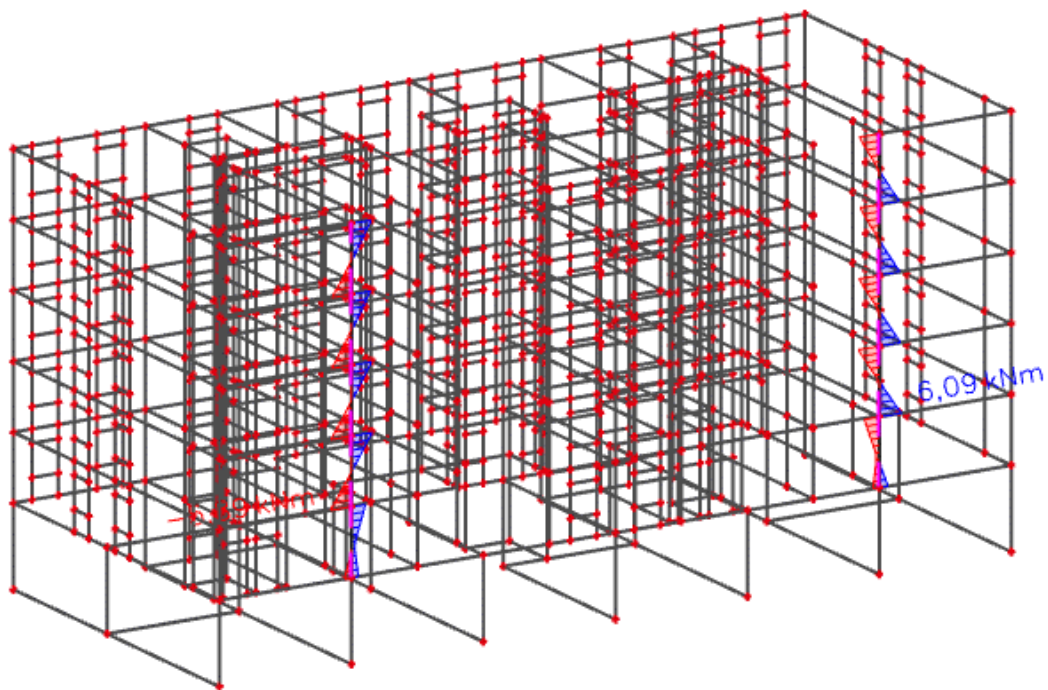
Slika 10.1 Moment savijanja  $M$  (kNm) za GSN-1



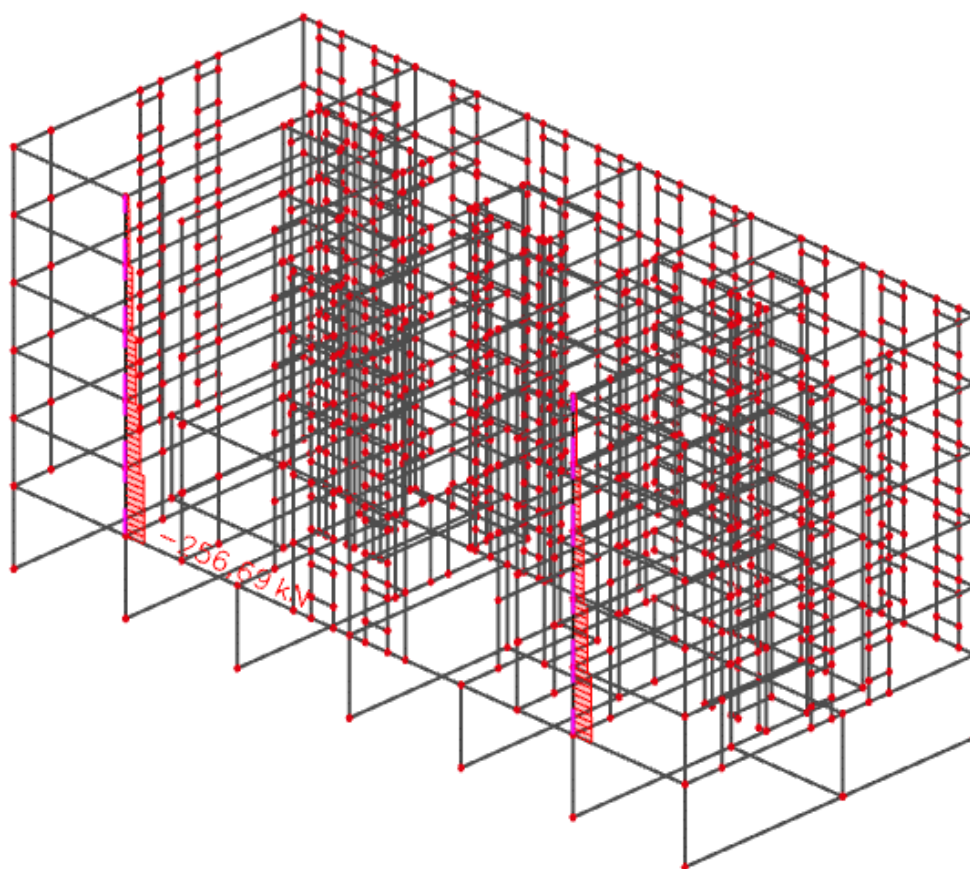
Slika 10.2 Uzdužna sila  $N_{Ed}$  (kN) za GSN-1



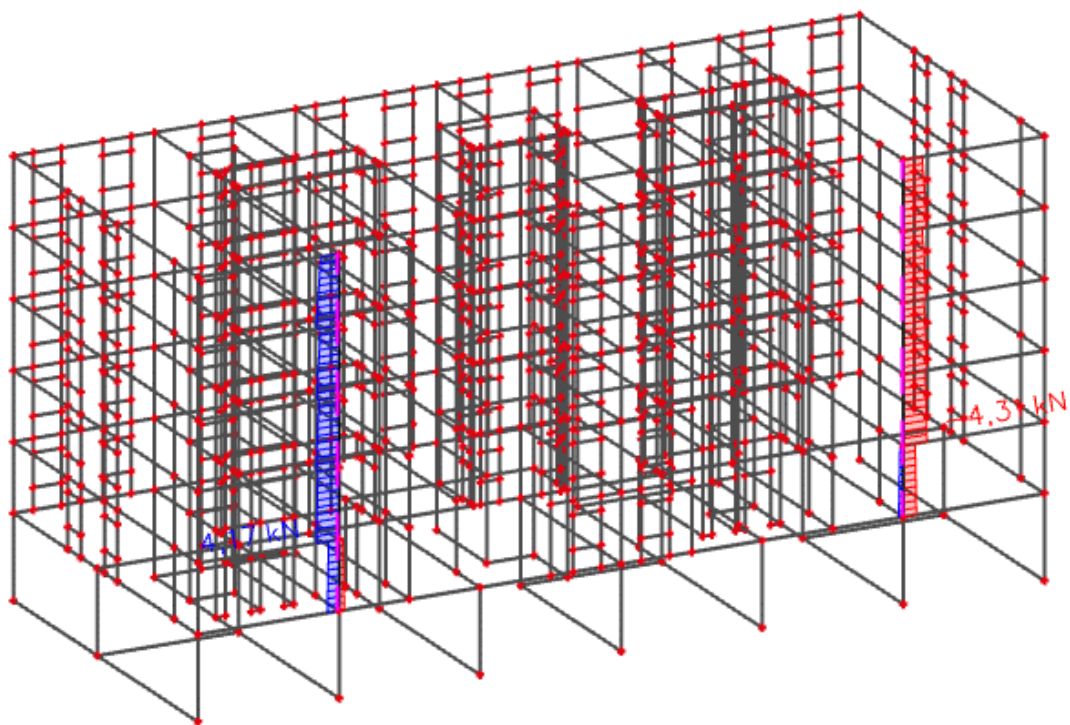
Slika 10.3 Poprečna sila  $V_{Ed}$  (kN) za GSN-1



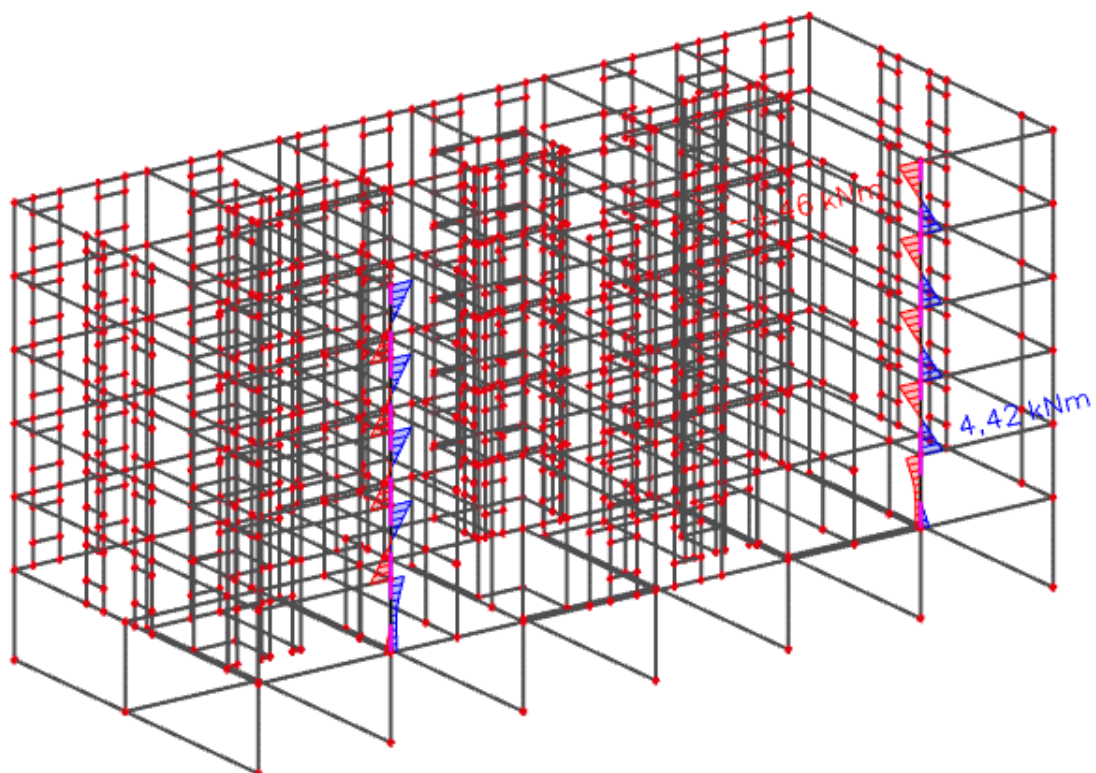
Slika 10.4 Moment savijanja  $M$  (kNm) za GSN-Sx



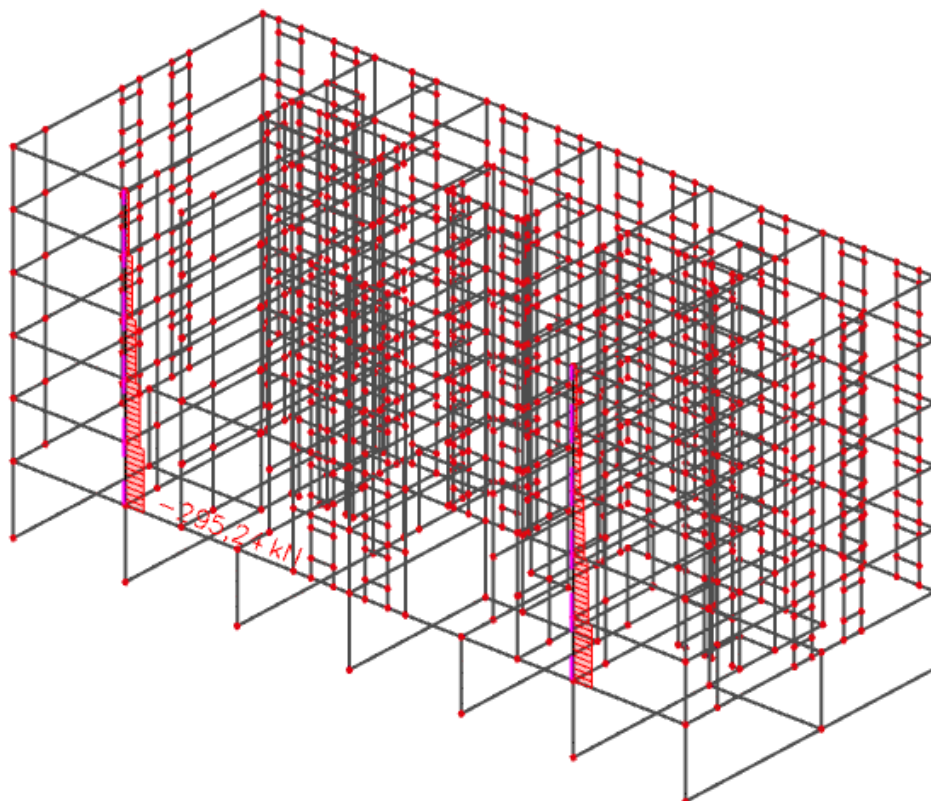
Slika 10.5 Uzdužna sila  $N_{Ed}$  (kN) za GSN-Sx



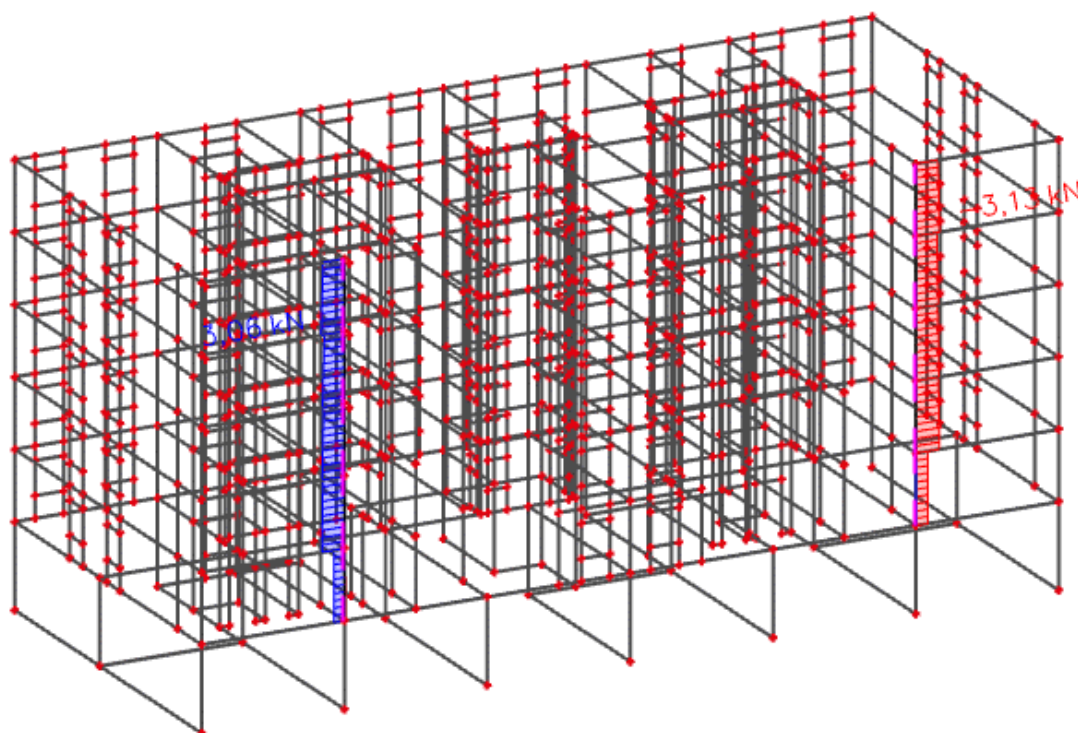
Slika 10.6 Poprečna sila  $V_{Ed}$  (kN) za GSN-Sx



Slika 10.7 Moment savijanja  $M$  (kNm) za GSN-Sy

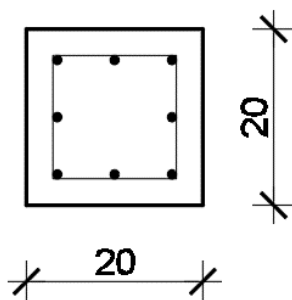


Slika 10.8 Uzdužna sila  $N_{Ed}$  (kN) za GSN-Sy



Slika 10.9 Poprečna sila  $V_{Ed}$  (kN) za GSN-Sy

### 10.1 Dimenzioniranje stupa dimenzije b/h=20/20

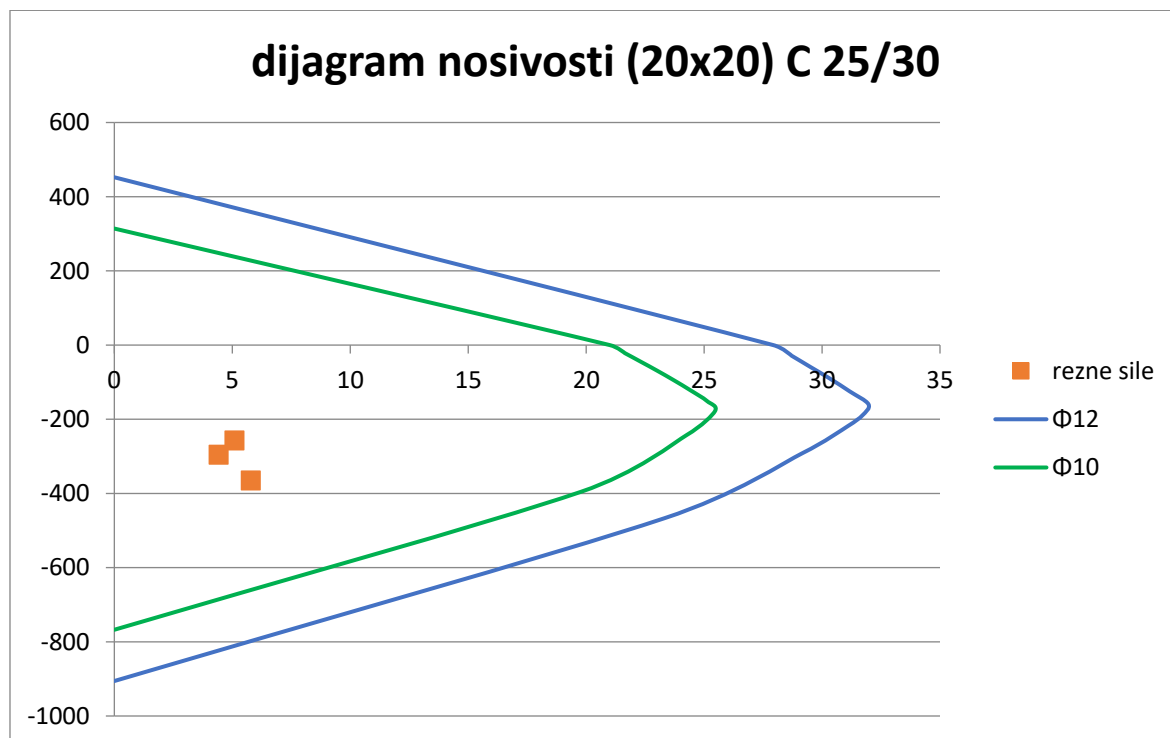


Slika 10.10 Poprečni presjek stupa

#### 10.1.1 Dimenzioniranje na moment i uzdužnu silu

Tablica 10.1 Prikaz reznih sila-uređenih parova ( $M, N$ )

KOMBINACIJA	$N_{Ed}$ (kN)	$M$ (kNm)	$\psi$	$M_{Ed}$ (kNm)
<b>GSN-1</b>	-364,71	5,78	1,15147211	6,65550879
<b>GSN-Sx</b>	-256,69	5,09	1,10203157	5,609340684
<b>GSN-Sy</b>	-295,24	4,42	1,11918102	4,946780126



Slika 10.11 Dijagram nosivosti za stup 20x20 cm

Odabrana armatura: **8Φ10** ( $A_s = 6,28 \text{ cm}^2$ )

## 10.1.2 Dimenzioniranje na poprečnu silu

$$V_{Ed} = 3,97 \text{ kN} \quad N_{Ed} = 364,71 \text{ kN}$$

Računska nosivost na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (10.10)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (10.11)$$

$$k = 1,0 + \sqrt{\frac{200}{170}} = 2,08 \leq 2,0 \Rightarrow k = 2,0$$

$$k_1 = 0,15 ;$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0,92$$

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

$$\rho_l = \frac{\Sigma A_s}{A_c} = \frac{8\phi 10}{20 \cdot 20} = \frac{6,28}{20 \cdot 20} = 0,0157 \quad (10.12)$$

$$V_{Rd,c} = [0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0157 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0,92] \cdot 200 \cdot 170$$

$$V_{Rd,c} = 64,11 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3,97 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 64,11 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (10.13)$$

$$k_1 = 0,15$$

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

$$v_{min} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,495 \quad (10.14)$$

$$\sigma_{cp} = N_{sd}/A_c = 0,92$$

$$V_{Rd,c,min} = [0,495 + 0,15 \cdot 0,92] \cdot 200 \cdot 170 = 21,52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 64,11 \text{ kN} \geq V_{Rd,c,min} = 21,52 \text{ kN}$$

Dio poprečne sile koju mogu preuzeti tlačne dijagonale:

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot b_w \cdot d \cdot f_{cd} \quad (10.15)$$

$$v = 0,6 \left[ 1,0 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (10.16)$$

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

$$V_{Rd,max} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 200 \cdot 170 \cdot 16,67 = 153,03 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 3,97 \text{ kN} \leq V_{Rd,max} = 153,03 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,max}/V_{Rd,max} = 3,97/153,03 \rightarrow V_{Ed} = 0,03 V_{Rd,max} \quad (10.17)$$

$$s_{max} = \min\{0,75 \cdot d; 30\text{cm}\} \quad (10.18)$$



$$s_{max} = \min\{0.75 \cdot 17 = 12,75; 30\} \rightarrow s_{max} = 12,75 \text{ cm}$$

$$\rho_{min} = 0,0009$$

$$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m} \quad (10.19)$$

$$A_{sw,min} = \frac{0.0009 \cdot 12,75 \cdot 20}{2} = 0.12 \text{ cm}^2$$

Odabrano:  $\Phi 8/12$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )

$$V_{Rd} = V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{yd} \cdot m \cdot ctg\theta \quad (10.20)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{0.5}{12} \cdot (0.9 \cdot 17) \cdot 43.48 \cdot 2 = 55,44 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} < V_{Rd}$$

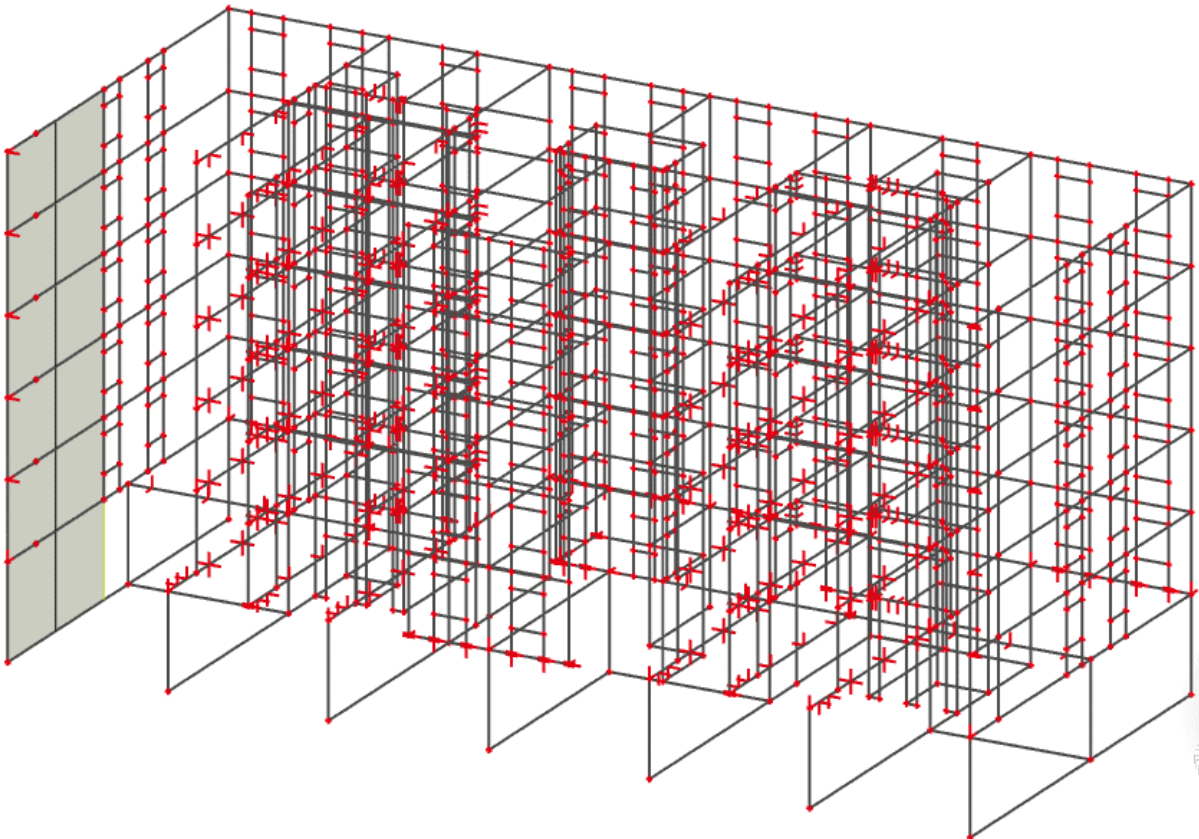
**Postaviti spone:  $\Phi 8/10 \text{ cm}$  ( $A_s = 0,5 \text{ cm}^2$ )**

Armaturni plan stupa priložen je u grafičkim priložima.

## 11. PRORAČUN ZIDOVA

### 11.1 Opći podaci zida

Na slici 11.1 prikazan je zid dimenzioniran na potresno djelovanje za razred umjerene duktilnosti (DCM).



Slika 11.1 Izometrijski pogled karakterističnog zida

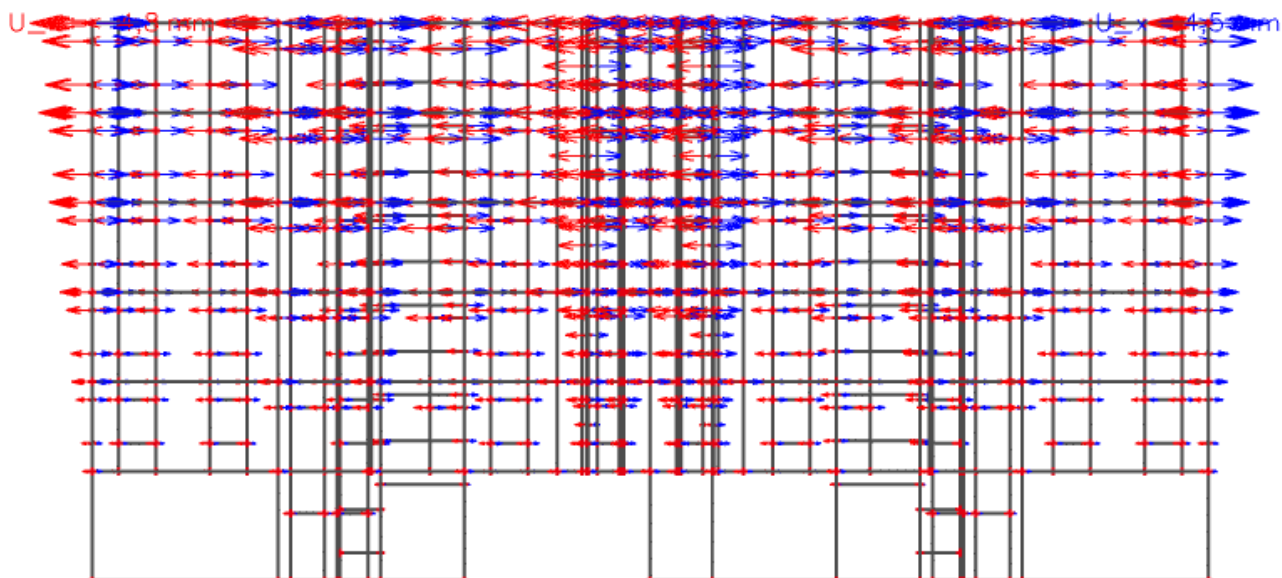
Geometrijske karakteristike zida :

Duljina zida  $l_w = 7,0$  m, visina zida  $H_w = 18,5$  m a, širina zida  $b_w = 20$  cm.

Za zid razreda duktilnosti (DCM) upotrijebljena je klasa betona C25/30 i armatura B 500B.

U proračunu je uzeto u obzir raspucavanje elemenata, uzima se da je elastična krutost pri savijanju i posmiku betonskih elemenata jednaka polovini krutosti neraspucanog elementa. U numeričkom modelu smo to prikazali tako da smo modul elastičnosti materijala zidova smanjili za 50% do prve etaže.

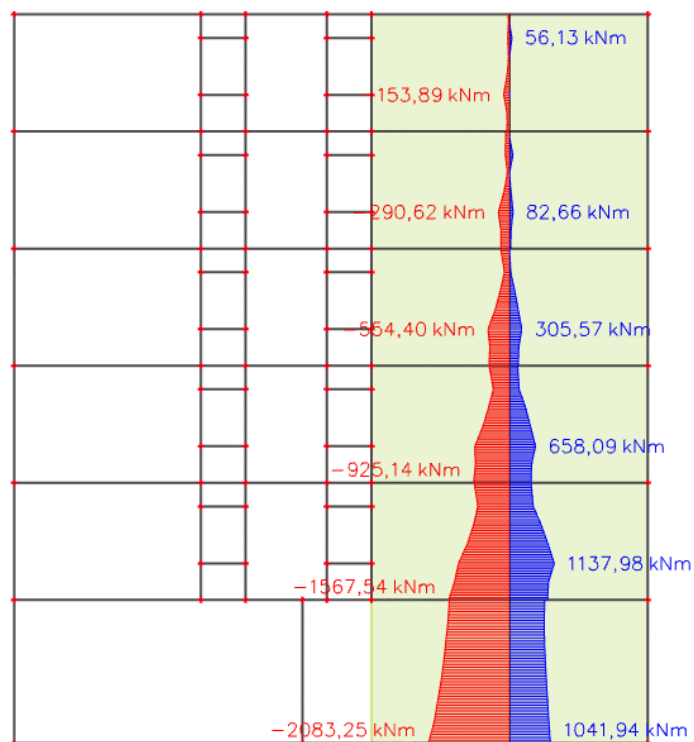
## 11.2 Provjera efekata drugog reda



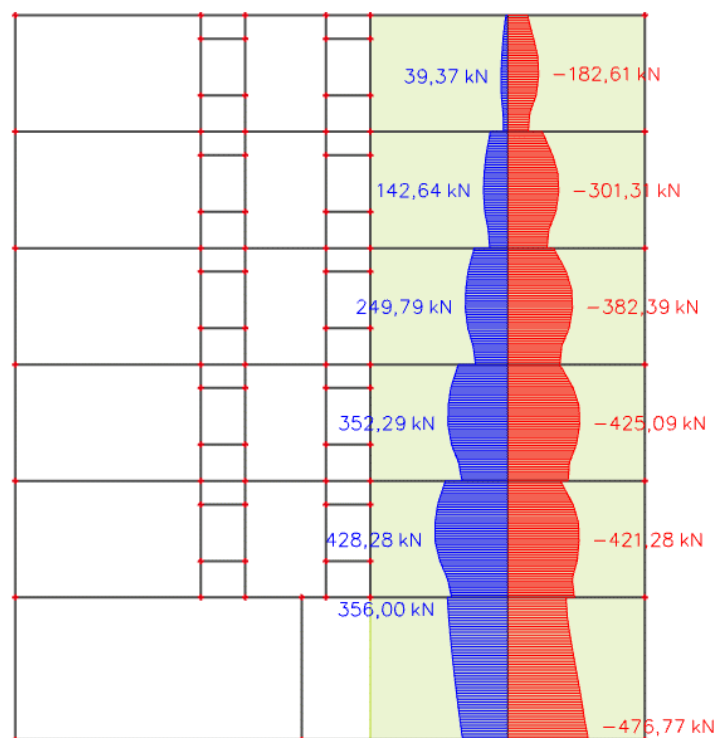
Slika 11.2 Prikaz pomaka konstrukcije (mm) u smjeru x od potresne kombinacije GSN<sub>Sx</sub>

Pomak vrha konstrukcije za potresnu kombinaciju GSN<sub>Sx</sub> u smjeru x iznosi 4,8 mm, obzirom da su međukatni pomaci jako maleni, koeficijent osjetljivosti na međukatni pomak  $\Theta$  će biti manji od 0,10. Stoga utjecaje pomaka na povećanje reznih sila možemo zanemariti.

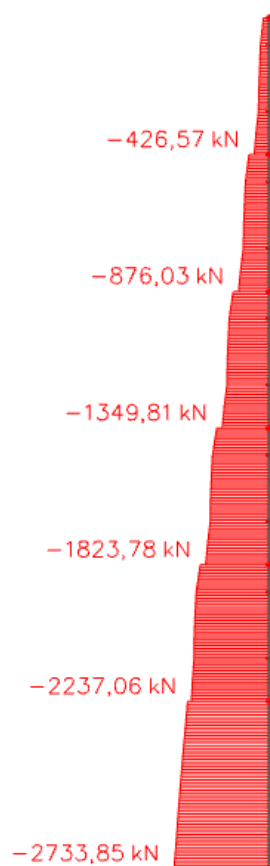
## 11.3 Prikaz reznih sila



Slika 11.3 Momenti savijanja  $M_z$  (kNm) za potresnu anvelopu ANV-Potres



Slika 11.4 Poprečne sile  $V_y$  (kN)-(desno) za potresnu anvelopu ANV-Potres



Slika 11.5 Uzdužne sile  $N$  za potresnu anvelopu ANV-Potres

## 11.4 Ovojnice reznih sila

### 11.4.1 Proračunska ovojnica momenta savijanja

$H_w = 18,5$  m,  $l_w = 7,0$  m, klasa duktilnosti M

Visina kritičnog područja:

$$h_{cr} = \max[l_w ; H_w/6] \quad (11.1)$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2l_w \\ h_s \text{ za } n \leq 6 \text{ katova} \\ 2h_s \text{ za } n \geq 7 \text{ katova} \end{cases} \quad (11.2)$$

$h_s$  –svijetla visina zida

Uvrštavanjem geometrijski karakteristika zida u jednačbe 11.1 i 11.2 dobivamo iznos visine kritičnog područja zida.

$$h_{cr} = \max[7,0 \text{ m} ; 18,5/6 = 3,08 \text{ m}] = 7,0 \text{ m}$$

$$h_{cr} \leq \begin{cases} 2 \cdot 7,0 = 14,0 \text{ m} \\ 2,7 \text{ m} ; n = 5 \text{ katova} \\ / \\ h_{cr} = 2,7 \text{ m} \end{cases}$$

$$\frac{H_w}{l_w} = \frac{18,5}{7,0} = 2,64 > 2 \quad (11.3)$$

Omjer visine i duljine zida je veći od 2, zid je vitak, potrebno je povećanje momenata savijanja.

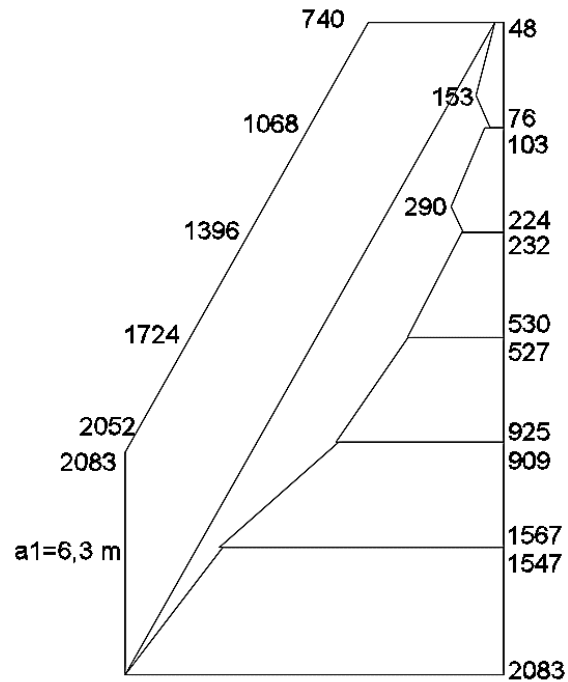
$$a_1 = d \cdot \text{ctg}\theta \quad (11.4)$$

Za DCM  $\rightarrow 1 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$ ; odabrano  $\text{ctg}\theta = 1$

$$d = 0,9 \cdot l_w = 0,9 \cdot 7,0 = 6,3 \text{ m} \quad (11.5)$$

Uvrštavanjem vrijednosti  $\text{ctg}\theta = 1$  i  $d=6,3$  m u jednačbu 11.4 dobivamo:

$$a_1 = 6,3 \cdot 1 = 6,3 \text{ m}$$



Slika 11.6 Ovojnica momenta savijanja (kNm)

#### 11.4.2 Proračunska ovojnica poprečnih sila

Proračunska ovojnica poprečnih sila  $V_{Ed}$  po visini zida se računa prema izrazu:

$$V_{Ed} = \varepsilon \cdot V_{ed} \quad (11.6)$$

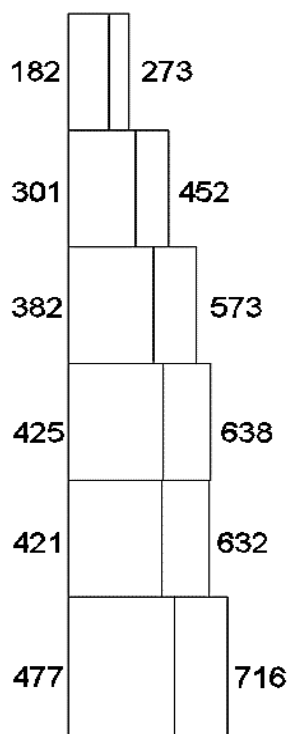
Gdje je:

$V_{ed}$  – poprečna sila po visini zida

$\varepsilon$  – faktor uvećanja

Za DCM vrijedi faktor uvećanja  $\varepsilon=1,5$

$$V_{Ed} = 1,5 \cdot V_{ed}$$



Slika 11.7 Ovojnica poprečnih sila (kN)

### 11.5 Dimenzioniranje zida

Duljina:  $l_w = 700$  cm

Širina:  $b_w = 20$  cm

Zaštitni sloj:  $a = 3,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck} = 25,0$  MPa;  $E_{cm} = 30,0$  GPa

$f_{cd} = f_{ck} / 1,5 = 16,67$  MPa

Armatura: B 500B

$f_{yk} = 500,0$  MPa

$f_{yd} = f_{yk} / 1,15 = 434,8$  MPa

#### 11.5.1 Dimenzioniranje na moment savijanja i uzdužnu silu

Rezne sile:

$M_{Ed} = 2083$  kNm

$N_{Ed} = 2733,85$  kN (tlak)

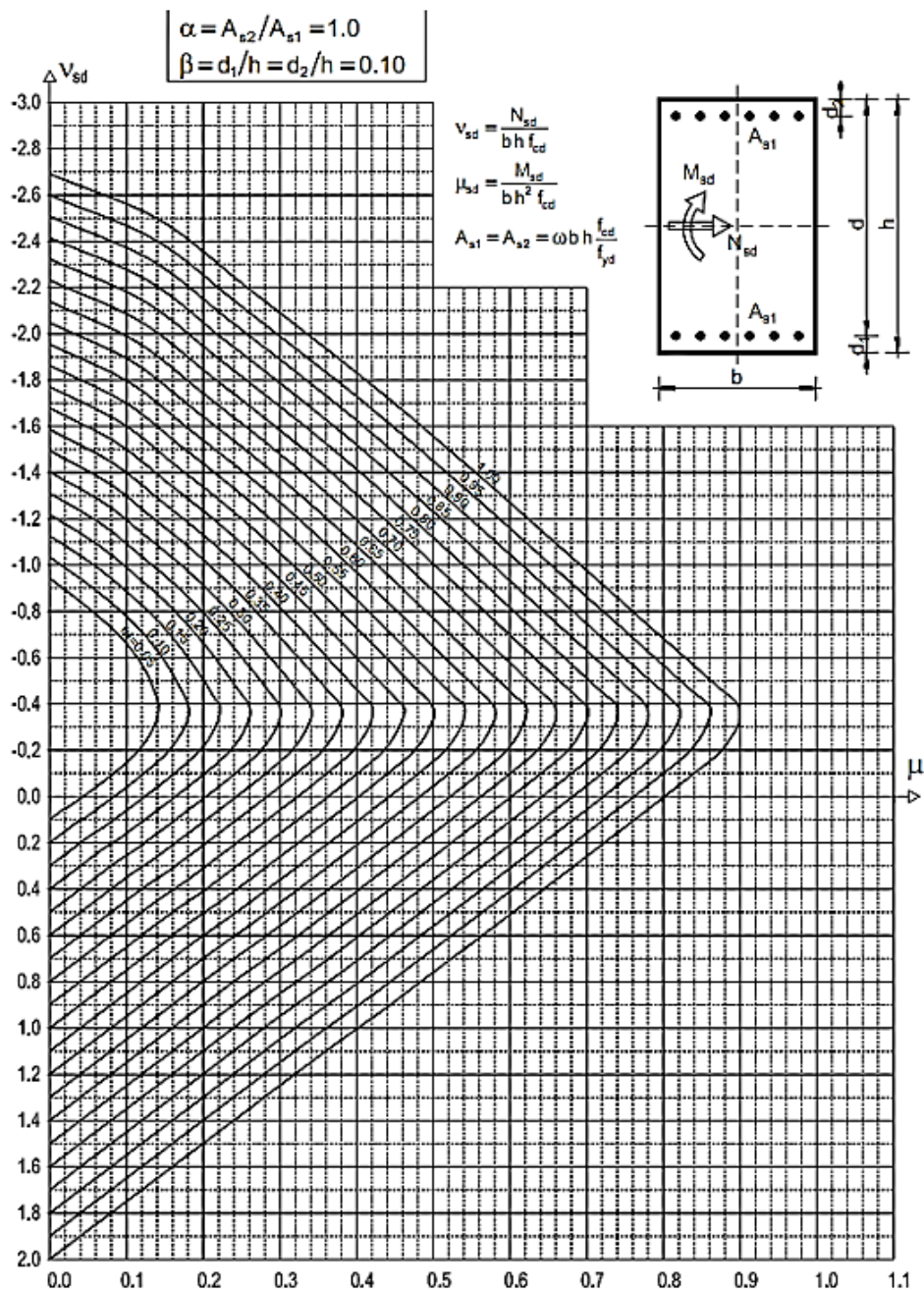
Dimenzioniranje zida pomoću dijagrama interakcije:

$$v_{Sd} = \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \quad (11.7)$$

$$v_{Sd} = \frac{-2733,85}{20 \cdot 700 \cdot 1,67} = -0,117$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \quad (11.8)$$

$$\mu_{sd} = \frac{2083 \cdot 100}{20 \cdot 700^2 \cdot 1,67} = 0,013$$



Slika 11.8 Dijagram interakcije za dimenzioniranje obostrano armiranih poprečnih presjeka

Iz dijagrama interakcije očitamo mehanički koeficijent armiranja  $\omega$ .

Očitano:  $\omega=0,05$



Potrebna površina armature:

$$A_{s1} = \omega \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (11.9)$$

$$A_{s1} = 0,05 \cdot 20 \cdot 700 \cdot \frac{16,67}{434,8} = 26,84 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,1\% \cdot b \cdot h \quad (11.10)$$

$$A_{s,min} = 0,001 \cdot 20 \cdot 700 = 14 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,max} = 4,0\% \cdot b \cdot h \quad (11.11)$$

$$A_{s,min} = 0,04 \cdot 20 \cdot 700 = 560 \text{ cm}^2$$

**Odabrano: 20Φ14 (A<sub>s</sub>= 30,80 cm<sup>2</sup>)**

### 11.5.2 Određivanje duljine rubnog elementa i razmještanje savojne armature

Najmanja vrijednost l<sub>c</sub> ovijenog rubnog elementa:

$$l_c \geq \{0,15l_w; 1,5b_w; \text{duljina } h_o \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\} \quad (11.12)$$

l<sub>w</sub> - duljina rubnog elementa zida

b<sub>w</sub> - širina rubnog elementa zida

$$0,15l_w = 0,15 \cdot 7,0 = 1,05 \text{ m}$$

$$1,5b_w = 1,50 \cdot 0,20 = 0,30 \text{ m}$$

$$h_o = x_u \cdot \left(1 - \frac{\varepsilon_{cu2}}{\varepsilon_{cu2,c}}\right) \quad (11.13)$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1\alpha\omega_{vd} \quad (11.14)$$

$$x_u = (v_d + \omega_v) \cdot \frac{l_w \cdot b_c}{b_o} \quad (11.15)$$

$$\alpha\omega_{vd} \geq 30 \cdot \mu_\emptyset \cdot (v_d + \omega_v) \cdot \varepsilon_{s,yd} \cdot \frac{b_c}{b_o} - 0,035 \quad (11.16)$$

b<sub>0</sub> – širina ovijene jezgre rubnog elementa (do osi spona)

b<sub>c</sub> – bruto širina ovijene jezgre

x<sub>u</sub> – visina neutralne osi

ε<sub>cu2</sub> – granična deformacija neovijenog betona

ε<sub>cu2,c</sub> – granična deformacija ovijenog betona

α – faktor učinkovitosti ovijanja

ω<sub>vd</sub> – mehanički obujamski omjer armiranja ovijenom armaturom

Pretpostavimo širinu zaštitnog sloja od 3,0 cm i vilice φ10.

$$b_o = 200 - 2 \cdot 30 + 2 \cdot 5 = 130 \text{ mm}$$

$$b_c = 200 \text{ mm}$$

$$\rho_v = \frac{A_{sv}}{A_c} \quad (11.17)$$

ρ<sub>v</sub> - omjer armiranja vertikalnim šipkama u hrptu zida

A<sub>sv</sub> - ukupna ploština vertikalne armature u hrptu zida

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot A_c \quad (11.18)$$

$$A_{sv,min} = 0,002 \cdot 200 \cdot 1000 = 400 \text{ mm}^2 / \text{m}$$

Odabrano Q-335 obostrano

$$\rho_v = \frac{670}{200 \cdot 1000} = 0,00335$$

$$\omega_v = \frac{\rho_v \cdot f_{yd,v}}{f_{cd}} \quad (11.19)$$

$\omega_v$  – mehanički omjer armiranja hrpta vertikalnom armaturom

$f_{yd,v}$  – proračunska vrijednost granice popuštanja vertikalne armature hrpta

$$\omega_v = 0,00335 \cdot \frac{434,8}{16,67} = 0,0873$$

### 11.5.3 Koeficijent duktilnosti s obzirom na zakrivljenost

$$\mu_\phi = \begin{cases} 2 \cdot q_o - 1, & T_1 > T_c \\ 1 + 2 \cdot (q_o - 1) \cdot T_c / T_1, & T_1 < T_c \end{cases} \quad (11.20)$$

$$T_1 = 0,2 \text{ s}; T_c = 0,4 \text{ s} \rightarrow T_1 < T_c$$

$$\mu_\phi = 1 + 2 \cdot (3,6 - 1) \cdot 0,4 / 0,2 = 11,4$$

$$\varepsilon_{sy,d} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,8}{200000} = 0,002174 \quad (11.21)$$

$$\alpha \omega_{vd} \geq 30 \cdot 11,4 \cdot (0,117 + 0,0873) \cdot 0,002174 \cdot \frac{200}{130} - 0,035 = 0,199$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = 0,0035 + 0,1 \cdot 0,199 = 0,023$$

$$x_u = (0,117 + 0,0873) \cdot \frac{7000 \cdot 200}{130} = 2200,15 \text{ mm}$$

$$h_o = 2200,15 \cdot \left(1 - \frac{0,0035}{0,032}\right) = 1959,51 \text{ mm}$$

$$l_c \geq \{0,15l_w; 1,5b_w; \text{duljina } h_o \text{ na kojoj je } \varepsilon_{cu2} > 0,0035\} \quad (11.22)$$

$$l_c \geq \{1,05; 0,3; 1,95\}$$

Odabrano  $l_c = 195 \text{ cm}$

Zaštitni sloj:

$$c_{min} = 30 \text{ mm}; \Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (11.23)$$

$$c_{nom} = 30 + 10 = 40 \text{ mm} \leq 45 \text{ mm} \rightarrow \text{zadovoljava}$$

Najmanja udaljenost između savojnih šipki:

$$\text{Max od } \left\{ \begin{array}{l} k_1 \phi = 1 \cdot 14 = 14 \text{ mm} \\ d_g + k_2 = 25 + 5 = 30 \text{ mm}, \\ 200 \text{ mm} \end{array} \right\} \quad (11.24)$$

$d_g$  - maksimalna veličina zrna agregata

## 11.5.4 Dijagonalni tlačni slom zbog posmika

Vrijednost  $V_{Rd,max}$  u kritičnom području i izvan kritičnog područja za DCM (kao u EC2 s  $z=0,8l_w$ )

$$V_{Rd,amax} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_{wo} \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd}}{ctg\theta + tg\theta} \quad (11.25)$$

Za konstrukcije koje nisu prednapete  $\alpha_{cw} = 1$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250}\right) \quad (11.26)$$

$$v_1 = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

$Tg\theta = 1$  – nagib tlačnih štapova prema vertikali

$$V_{Rd,amax} = \frac{1 \cdot 20 \cdot (0,8 \cdot 700) \cdot 0,54 \cdot 1,67}{1 + 1} = 5050,08 \text{ kN} > V_{Ed} = 716,0 \text{ kN}$$

## 11.5.5 Dijagonalni vlačni slom zbog posmika

Postupak ovisi o koeficijentu  $\alpha_s$

$$\alpha_s = \frac{M_{Ed}}{V_{Ed} \cdot l_w} \quad (11.27)$$

$$\alpha_s = \frac{2083}{716,0 \cdot 7,0} = 0,42$$

Za  $\alpha_s < 2$  horizontalna armatura se računa prema slijedećem izrazu:

$$V_{Ed} \leq b_{wo} \cdot (0,8l_w) \varphi_h \cdot f_{yd,h} \cdot ctg\theta \quad (11.28)$$

Gdje je:

$\varphi_h$  - omjer armiranja horizontalnim šipkama

$f_{yd,h}$  - proračunska vrijednost granice popuštanja horizontalne armature

$$\varphi_h \geq \frac{V_{Ed}}{(0,8l_w) \cdot f_{yd,h} \cdot b_{wo} \cdot ctg\theta} \quad (11.29)$$

$$\varphi_h = \frac{716,0}{0,8 \cdot 700 \cdot 43,48 \cdot 20 \cdot 1} = 0,0015$$

$$\varphi_{h,min} = \max(0,001; 0,25 \cdot \rho_v) \quad (11.30)$$

$$\varphi_{h,min} = \max(0,001; 0,25 \cdot 0,00335) = \max(0,001; 0,00084)$$

$$\varphi_h = \frac{A_h}{b_{wo} \cdot S_h} \rightarrow A_h = \varphi_h \cdot b_{wo} \cdot S_h \quad (11.31)$$

$$A_h = 0,0015 \cdot 20 \cdot 100 = 3,0 \text{ cm}^2$$

Odabrano Q-335 ( $A_{s,odabrano} = 3,35 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

## 11.5.6 Proračun ovojne armature u rubnom elementu

Odabrana armatura: Q-335 i 20 $\phi$ 14

Najmanji promjer spona: 6 mm

Razmak spona je definiran sljedećim izrazom:

$$S_w \leq (8 \cdot d_{bl}; \frac{b_0}{2}; 175 \text{ mm}) \quad (11.32)$$

$$S_w \leq (8 \cdot 14; \frac{130}{2}; 175 \text{ mm}) = (112; 65; 175 \text{ mm})$$

Odabrano:  $S_w=6$  cm

Visina kritičnog područja  $h_{cr} = 2,7$  m

$\alpha_{\omega_{vd}} = 0,199$

Faktor učinkovitosti ovijanja:

$$\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s \quad (11.33)$$

$\alpha_s$  i  $\alpha_n$  – gubitak ovijene jezgre zbog lučnog djelovanja u vertikalnoj (horizontalnoj) ravnini

$$\alpha_n = 1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0} \quad (11.34)$$

$$\alpha_n = 1 - \frac{2 \cdot (10,8 \cdot 20^2)}{6 \cdot 13 \cdot 195} = 0,43$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{S_w}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{S_w}{2 \cdot h_0}\right) \quad (11.35)$$

$$\alpha_s = \left(1 - \frac{6}{2 \cdot 13}\right) \cdot \left(1 - \frac{6}{2 \cdot 195}\right) = 0,757$$

$$\alpha = 0,43 \cdot 0,757 = 0,326$$

$$0,327 \cdot \omega_{vd} = 0,199 \rightarrow \omega_{vd} = \frac{0,199}{0,326} = 0,60 \geq 0,08 \text{ (u kritičnom presjeku)}$$

11.5.7 Izračun  $\omega_{vd}$  za usvojeni detalj ovojne armature

Duljina spona: vanjskih -  $L_V = 2 \cdot 14 + 2 \cdot 195 = 418$  cm

unutarnjih -  $L_U = 8 \cdot 14 = 112$  cm

Za vanjske vilice  $\phi 10$  a, unutarnje  $\phi 8$

$$\omega_{wd} = \frac{V_{vilica}}{V_{betonske \text{ jezgre}}} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad (11.36)$$

$$\omega_{wd} = \frac{(0,785 \cdot 418 + 0,5 \cdot 112) \cdot \frac{100}{6} \cdot 43,5}{14 \cdot 195 \cdot 100} = 0,62 > 0,60$$

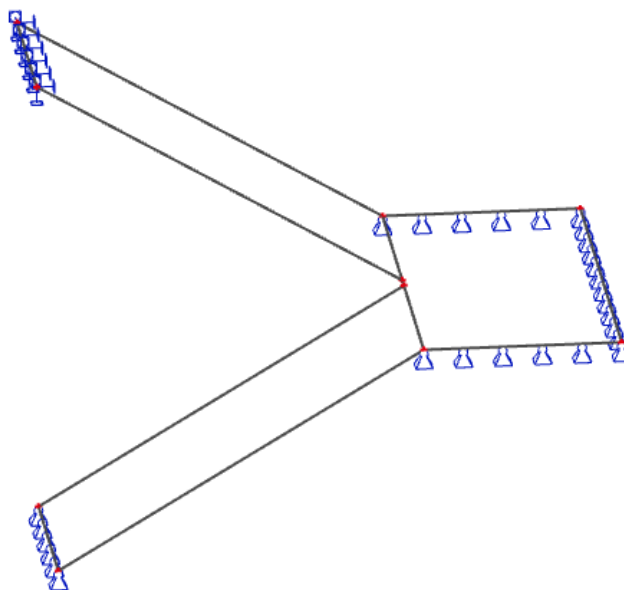
Za vanjske vilice je odabran profil  $\phi 10$  a, za unutarnje  $\phi 8$ .

Armaturni plan zida priložen je u grafičkim priložima.

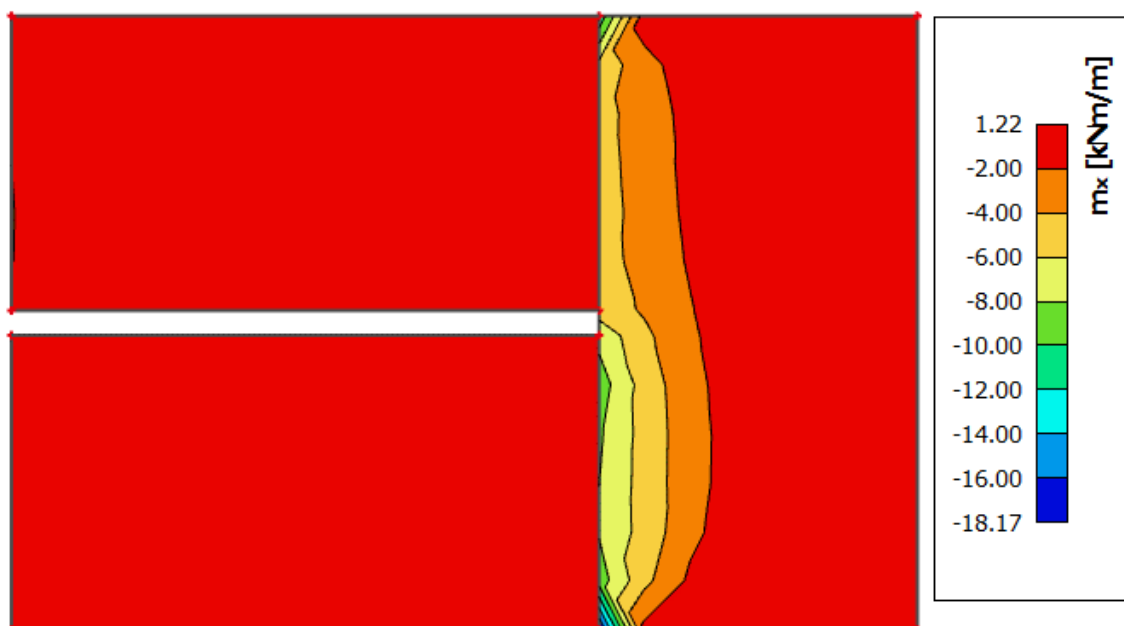
## 12. PRORAČUN STUBIŠTA

### 12.1 Prikaz modela i rezultata stubišta karakteristične etaže

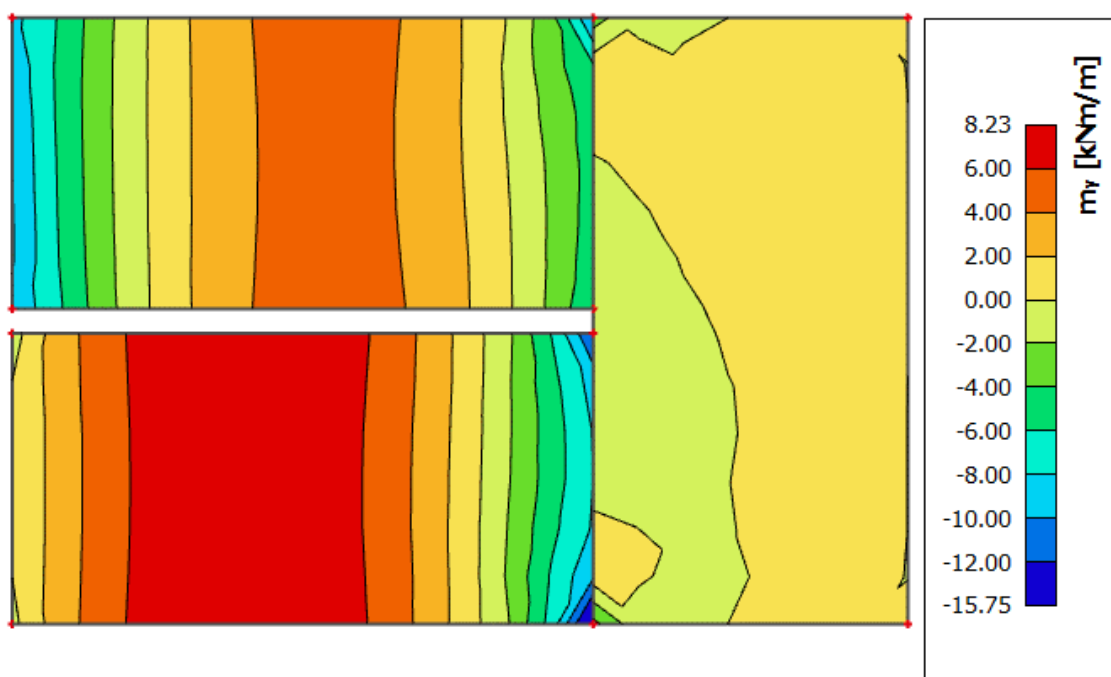
U nastavku će se prikazati model stubišta i rezultati reznih sila. Ploče stubišnih krakova su u krajevima pridržane sa linijskim ležajevima (zglobnim i upetim, pogledat sliku 12.1). Ploča podesta po svojim rubovima je pridržana sa zglobnim linijskim ležajevima.



Slika 12.1 Grafički prikaz modela stubišta karakteristične etaže

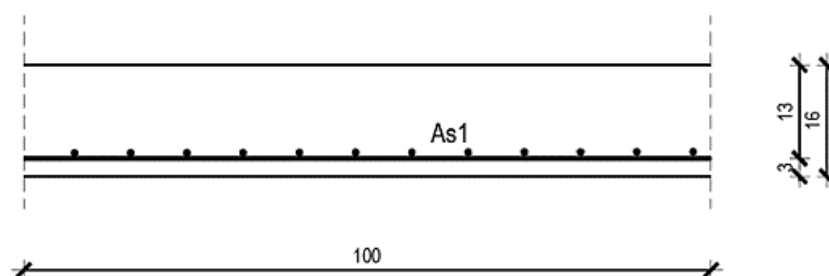


Slika 12.2 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSN-1

Slika 12.3 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN-1

## 12.2 Dimenzioniranje ploče stubišnog kraka karakteristične etaže

Za dimenzioniranje mjerodavni momenti će biti  $M_{Ed,y}$ .



Slika 12.4 Poprečni presjek stubišne ploče

$h=16,0$  cm

zaštitni sloj:  $a=3,0$  cm;  $d=13,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

$f_{cd}= f_{ck} / 1.5=16,67$  MPa

Armatura: B 500B

$f_{yk}=500,0$  MPa

$f_{yd}= f_{yk} / 1.15=434,8$  MPa

Limitirajući moment savijanja:

$$M_{Rd,lim} = \mu_{Ed,lim} \cdot b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd} \quad (12.1)$$

$$M_{Rd,lim} = 0,159 \cdot 1,0 \cdot 0,13^2 \cdot 25,0/1,5 \cdot 1000 = 44,79 \text{ kNm}$$

Minimalna armatura za ploče:

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot b \cdot d \quad (12.2)$$

$$A_{s,min} = 0,0015 \cdot 100 \cdot 13,0 = 1,95 \text{ cm}^2/m$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot b \cdot \frac{d}{f_{yk}} \quad (12.3)$$

$$A_{s,min} = 0,06 \cdot 100 \cdot \frac{13,0}{50,0} = 1,56 \text{ cm}^2/m$$

Maksimalna armatura za ploče

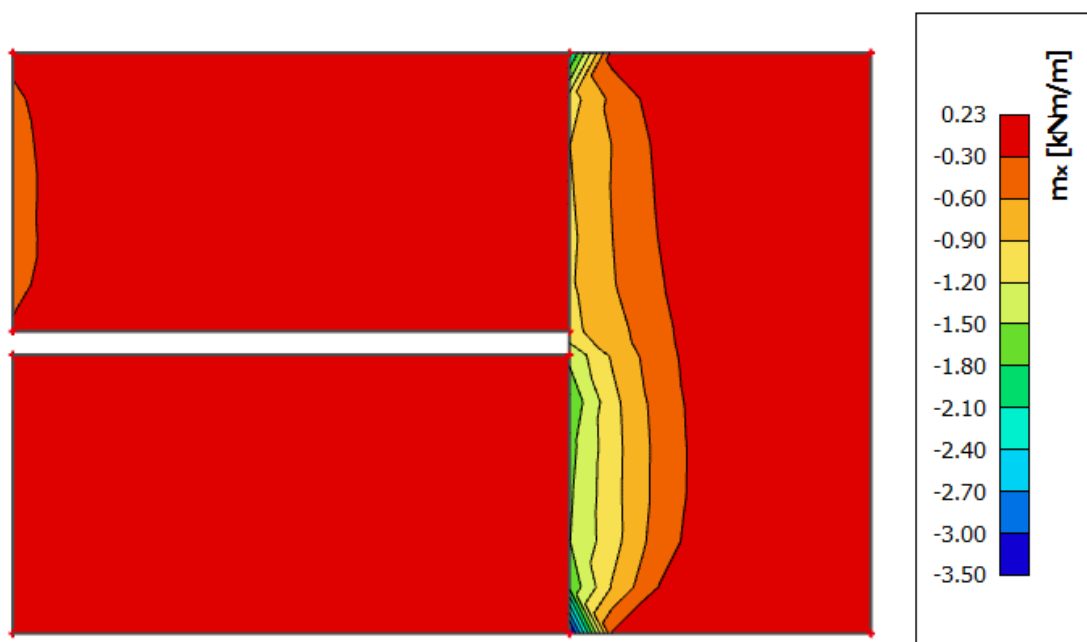
$$A_{s,max} = 0,31 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad (12.4)$$

$$A_{s,max} = 0,31 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{16,66}{434,8} = 15,45 \text{ cm}^2/m$$

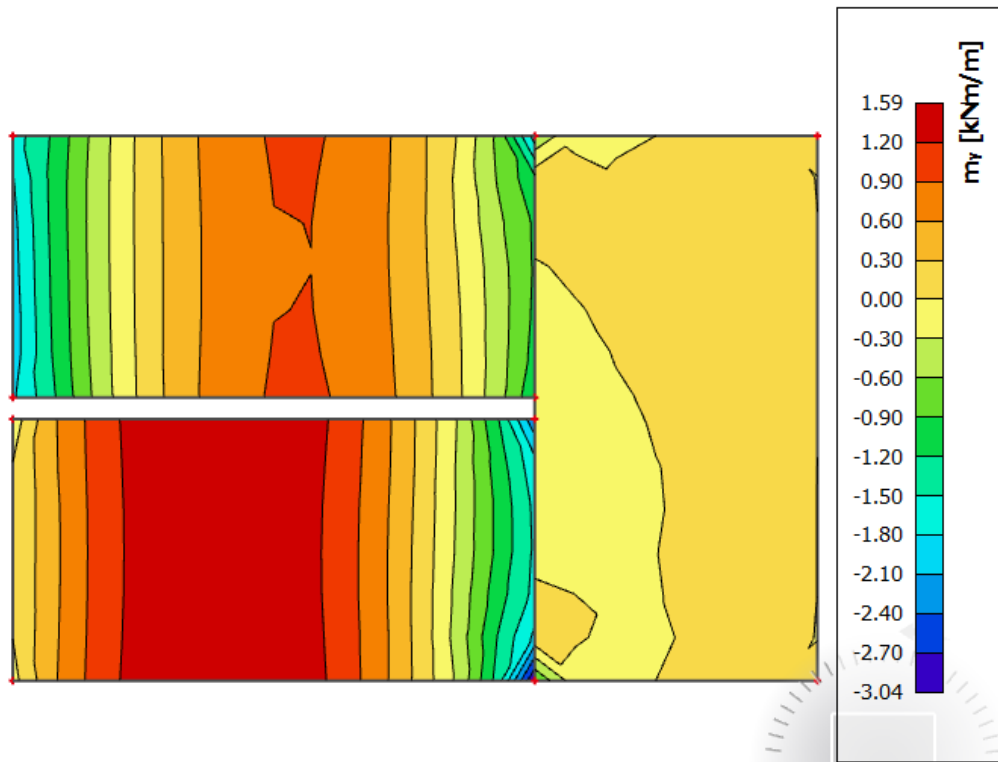
Za proračun potrebne armature usvaja se  $\zeta \approx 0,9$ , potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (12.5)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 13,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,196$$



Slika 12.5 Armatura u stubištu smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/m$ ) za GSN-1



Slika 12.6 Armatura u stubištu smjer  $A_{s,y-y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

*Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % te povećati u polju za 25%.*

Armatura u polju  $1,59 \text{ cm}^2 * 1,25 = 1,99 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $3,04 \text{ cm}^2 * 0,85 = 2,58 \text{ cm}^2$

#### ODABRANA ARMATURA

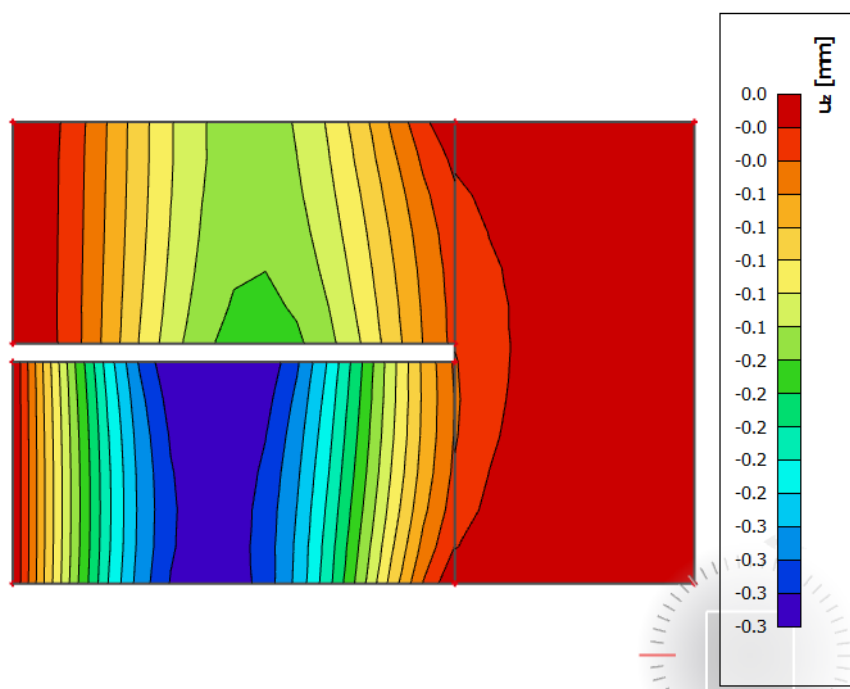
Polje Q-257 ( $2,57 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

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

Armturni plan stubišta priložen je u grafičkim priložima.



### 12.3 Kontrola progiba stubišta karakteristične etaže

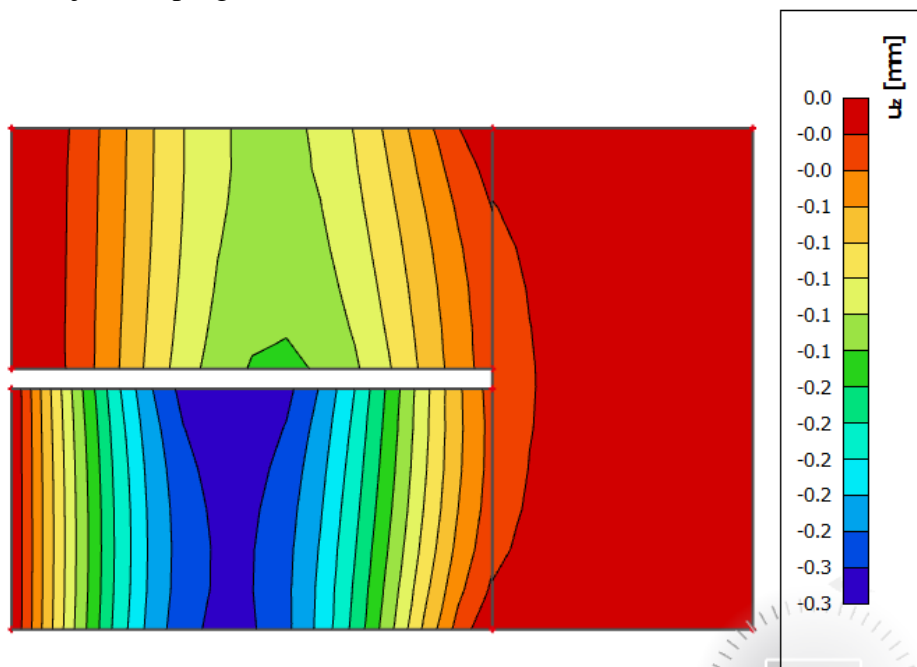


Slika 12.7 Progib stubišta (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosi 0,3 mm

Dozvoljen progib je  $L/1000 = 240/1000 = 2,4$  mm

Stubište zadovoljava na progibe.



Slika 12.8 Progib stubišta (mm) za kombinaciju GSU-2

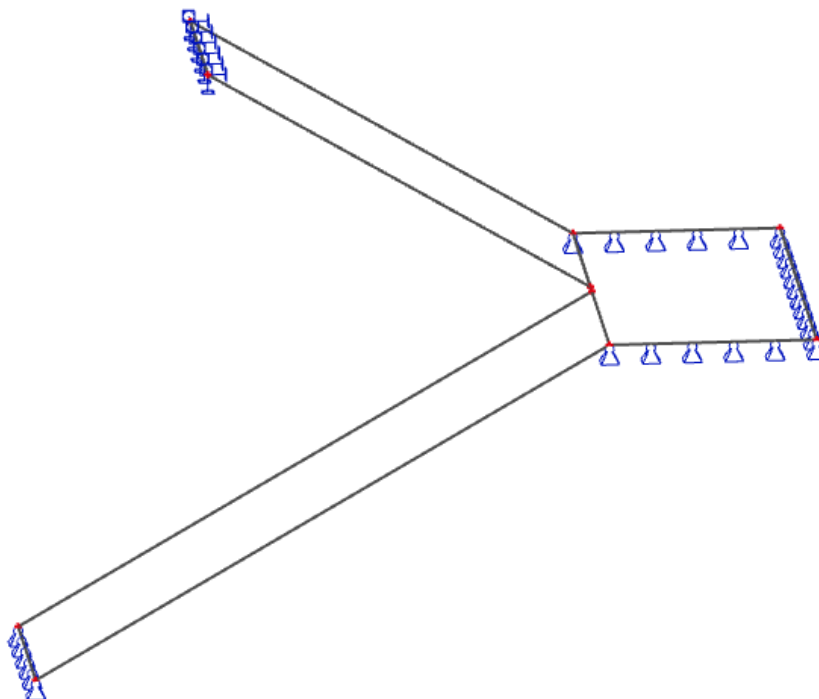
Najveći progib iznosa je 0,3 mm

Dozvoljen progib  $L/1250 = 240/1250 = 1,92$  mm

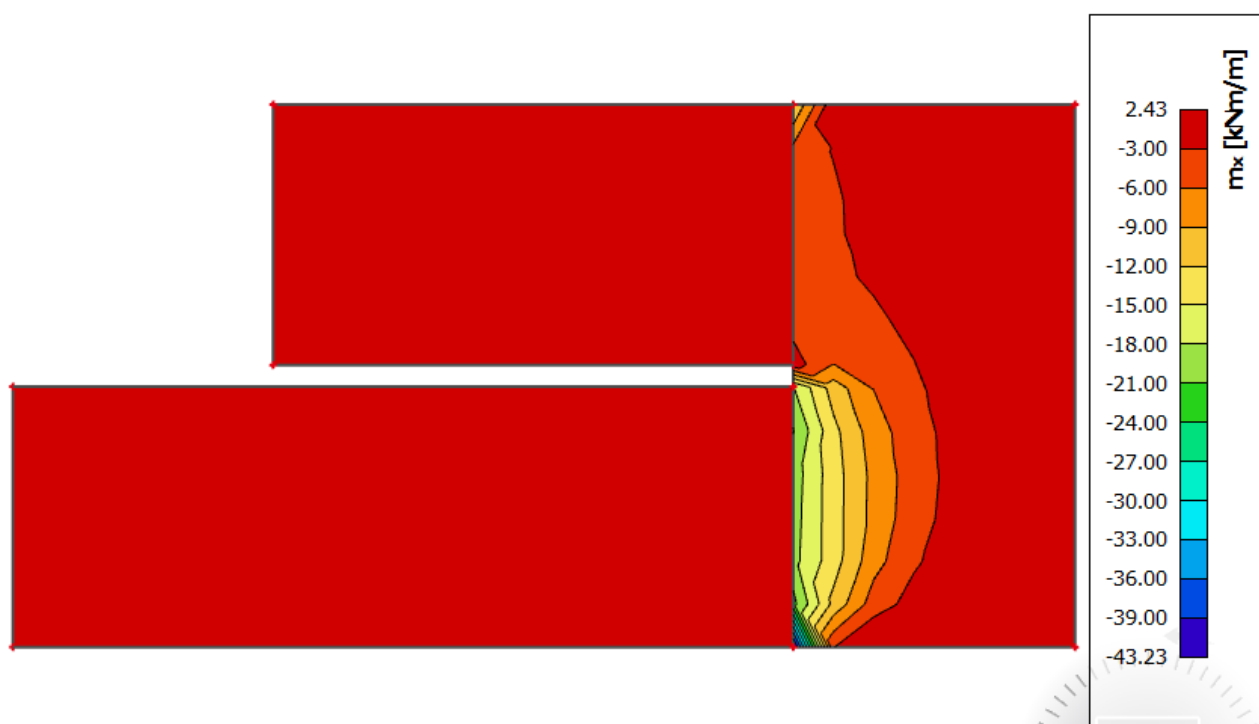
Stubište zadovoljava na progibe.

## 12.4 Prikaz modela i rezultata stubišta prizemlja

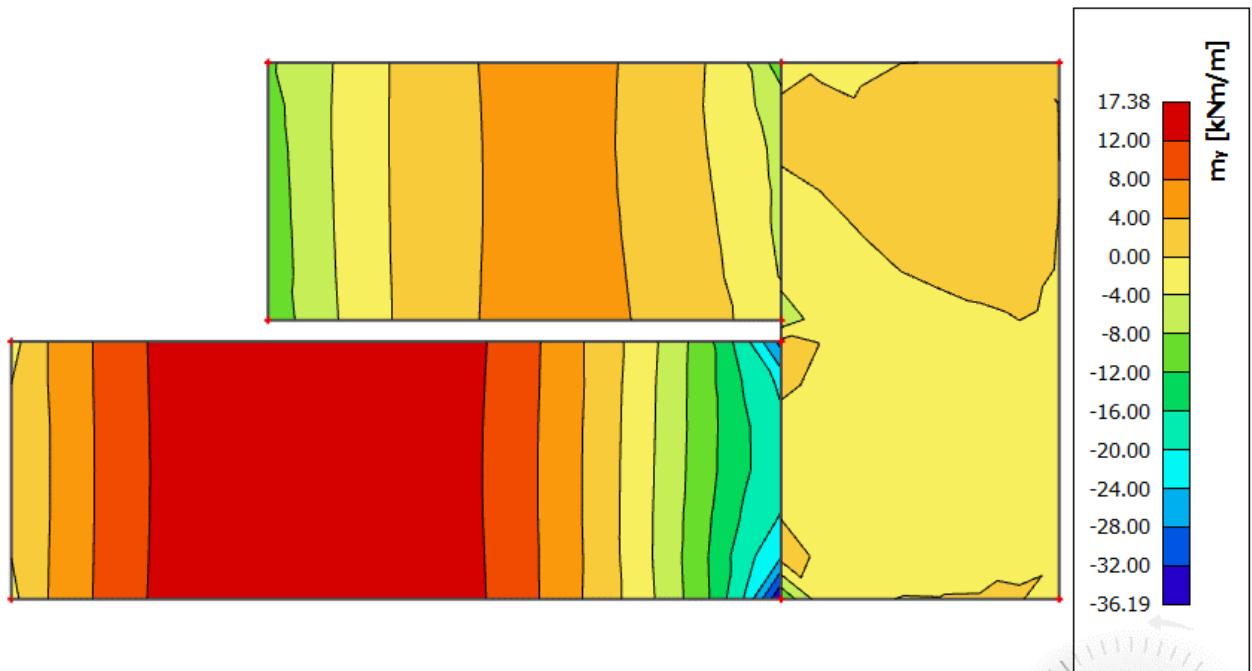
U nastavku će se prikazati model stubišta i rezultati reznih sila.



Slika 12.9 Grafički prikaz modela stubišta prizemlja

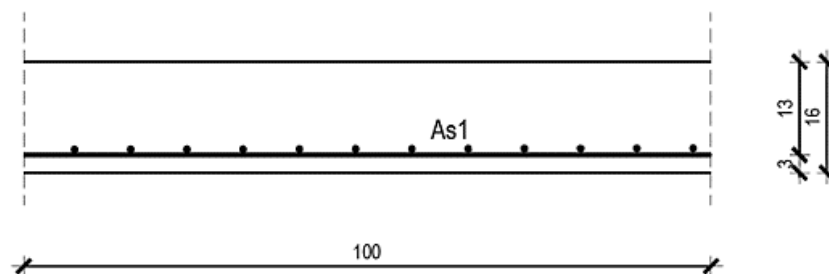


Slika 12.10 Moment savijanja  $M_{Ed,x}$  (kNm/m) za GSN-1

Slika 12.11 Moment savijanja  $M_{Ed,y}$  (kNm/m) za GSN-1

### 12.5 Dimenzioniranje ploče stubišnog kraka karakteristične etaže

Za dimenzioniranje mjerodavni momenti će biti  $M_{Ed,y}$ .



Slika 12.12 Poprečni presjek stubišne ploče

$h=16,0$  cm

zaštitni sloj:  $a=3,0$  cm;  $d=13,0$  cm

Beton: C 25/30

$f_{ck}=25,0$  MPa;  $E_{cm}=30,0$  GPa

$f_{cd}=f_{ck}/1.5=16,67$  MPa

Armatura: B 500B

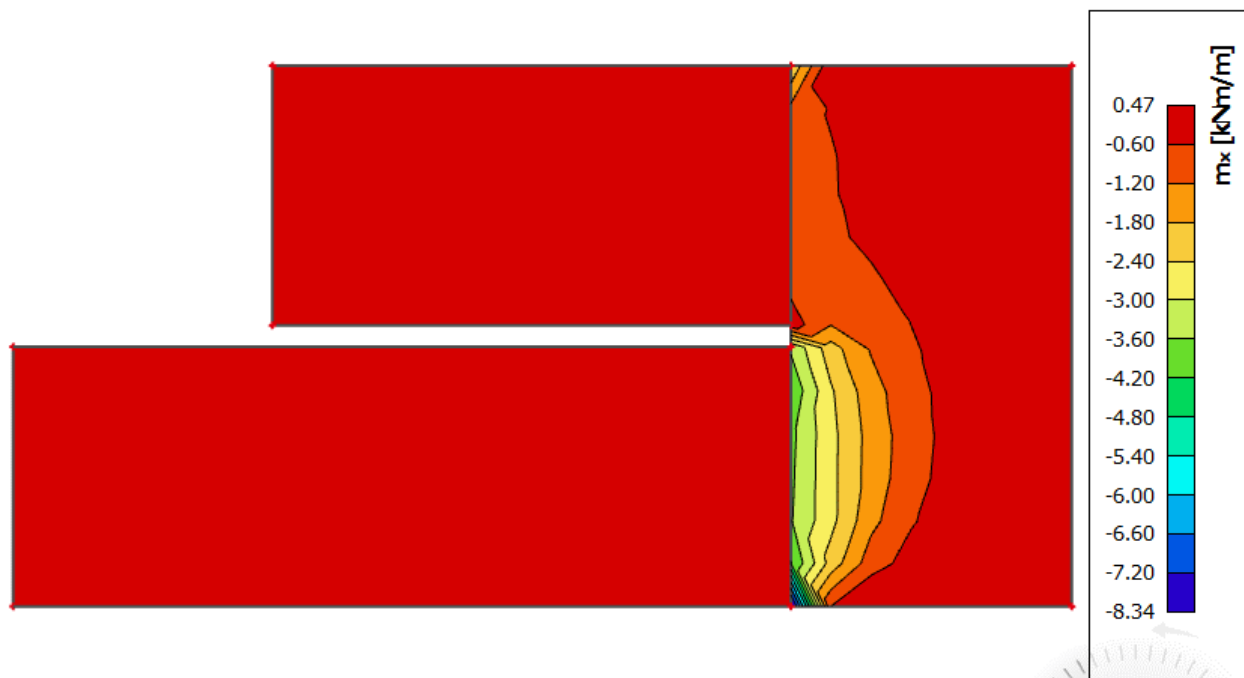
$f_{yk}=500,0$  MPa

$f_{yd}=f_{yk}/1.15=434,8$  MPa

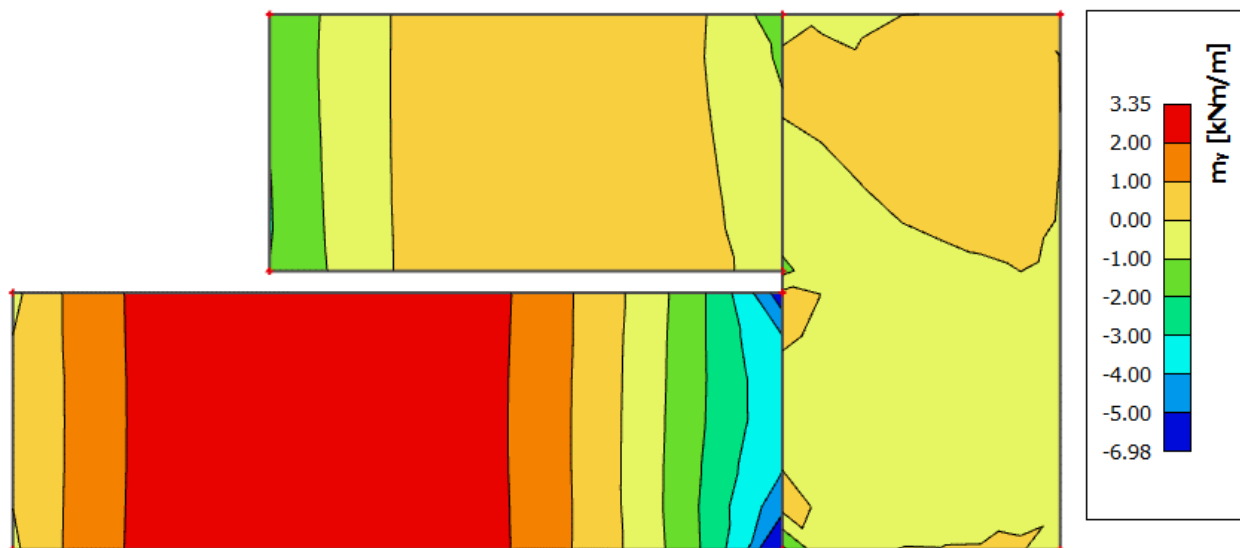
Za proračun potrebne armature usvaja se  $\zeta \approx 0.9$ , potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \quad (12.5)$$

$$A_{s1} = \frac{M_{Ed} \cdot 100}{0,9 \cdot 13,0 \cdot 43,48} = M_{Ed} \cdot 0,196$$



Slika 12.13 Armatura u stubištu smjer  $A_{s,x-x}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1



Slika 12.14 Armatura u stubištu smjer  $A_{s,y-y}$  ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) za GSN-1

*Napomena: Dobivenu armaturu zbog preraspodjele umanjiti nad ležajem za 15 % te povećati u polju za 25%.*

Armatura u polju  $3,35 \text{ cm}^2 * 1.25 = 4,19 \text{ cm}^2$

Armatura na ležaju  $5,5 \text{ cm}^2 * 0.85 = 4,67 \text{ cm}^2$

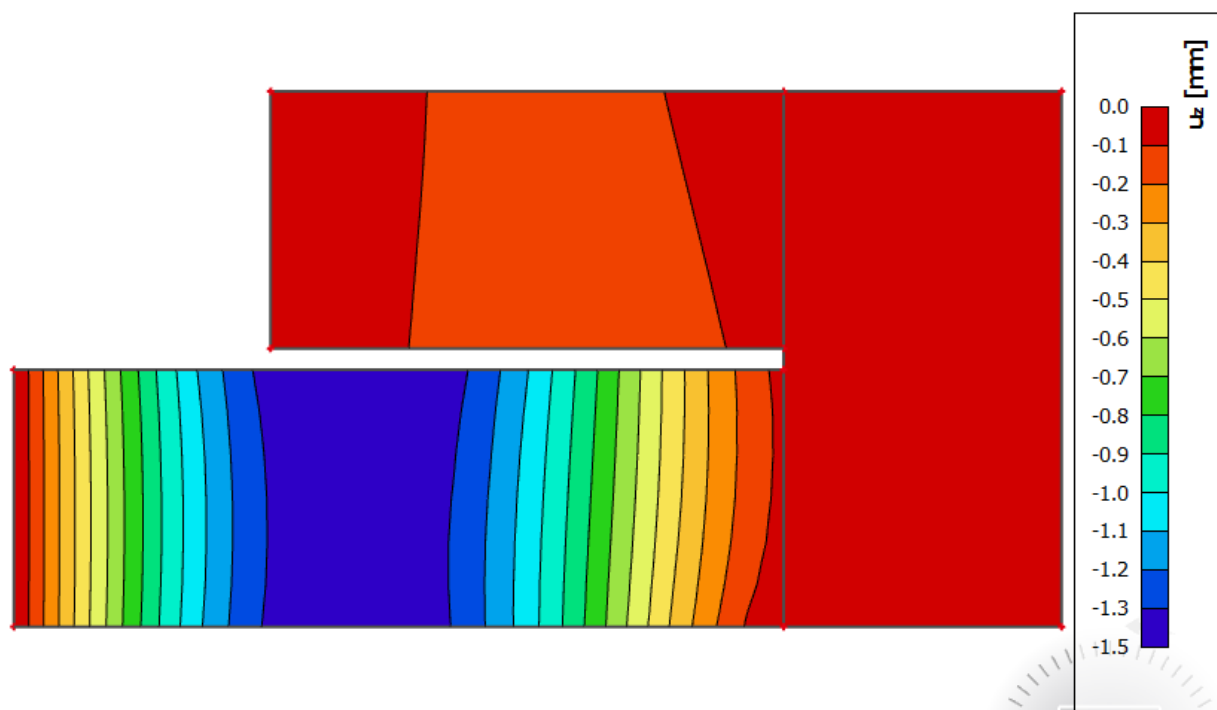
#### ODABRANA ARMATURA

Polje Q-424 ( $4,24 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

Ležaj Q-503 ( $5,03 \text{ cm}^2/\text{m}$ )

*Napomena: Odabrana armatura će se postaviti samo u dužem kraku stubišta, dok u kraćem kraku će se postaviti armatura izračunata za stubište karakteristične etaže.*

### 12.6 Kontrola progiba stubišta prizemlja

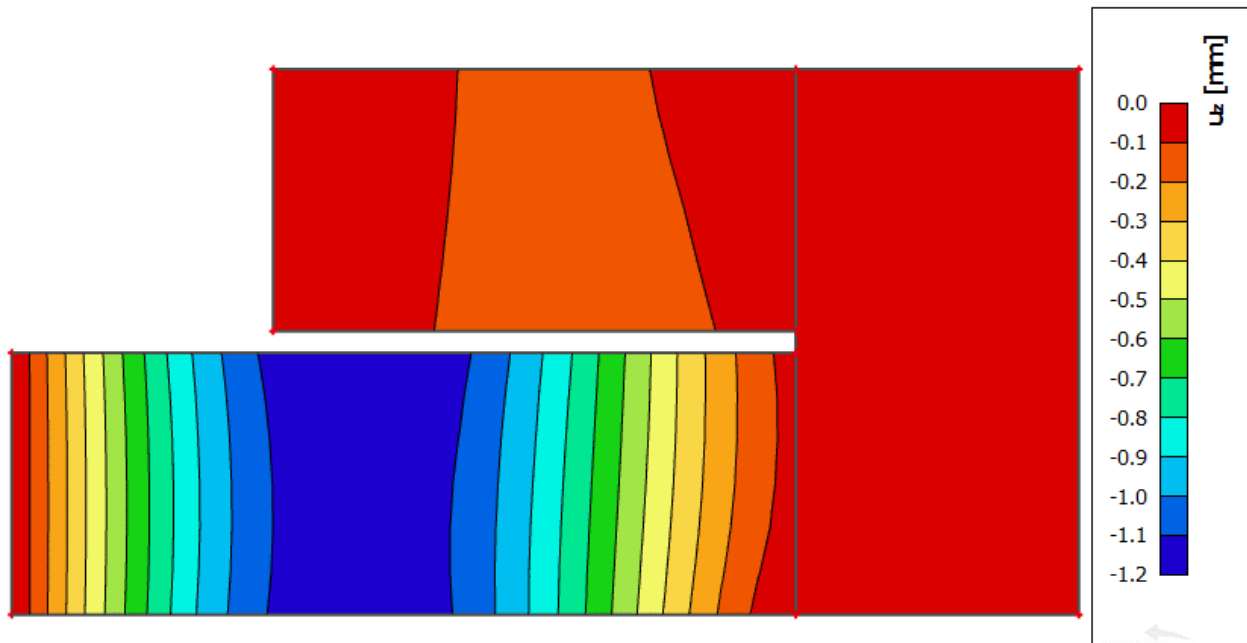


Slika 12.15 Progib stubišta (mm) za kombinaciju GSU-1

Najveći progib iznosa je 1,5 mm

Dozvoljen progib  $L/1000 = 360/1000 = 3,6 \text{ mm}$

Stubište zadovoljava na progibe.



Slika 12.16 Progib stubišta (mm) za kombinaciju GSU-2

Najveći progib iznosa je 1,2 mm

Dozvoljen progib  $L/1250 = 360/1250 = 2,88$  mm

Stubište zadovoljava na progibe.

## 13. LITERATURA

- [1] Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola  
 NUMERICAL MODEL FOR DYNAMIC ANALYSIS OF STRUCTURES WITH SEISMIC BASE ISOLATION USING A LAYER OF STONE PEBBLES. // *Ingegneria Sismica*, 38 (2021), 1; 37-65 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [2] Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola  
 Effect of Structural Stiffness on The Efficiency of Seismic Base Isolation Using Layers of Stone Pebbles. // *Ingegneria Sismica*, 37 (2020), 2; 66-91 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [3] Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola  
 Foundation size effect on the efficiency of seismic base isolation using a layer of stone pebbles. // *Earthquakes and Structures*, 19 (2020), 2; 103-117  
 doi:10.12989/eas.2020.19.2.103 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [4] Buzov, Ante; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Baloević, Goran  
 Effect of the joint type on the seismic behaviour of a free-standing multi-drum column. // *Construction and Building Materials*, 214 (2019), 121-132  
 doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.04.118 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [5] Baloevic, Goran; Radnić, Jure; Grgić, Nikola.  
 Numerical model for dynamic analysis of masonry- infilled steel and concrete frames. // *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik*, 50 (2019), 5; 519-532  
 doi:10.1002/mawe.201900006 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [6] Radnić, Jure; Markić, Radoslav; Grgić, Nikola; Čubela, Dragan  
 New approach for Ductility analysis of partially prestressed concrete girders. // *Structural engineering and mechanics*, 70 (2019), 3; 257-267  
 doi:10.12989/sem.2019.70.3.257 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [7] Sunara Kusić, Marina; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Harapin, Alen  
 Fluid Structure Interaction Analysis of Liquid Tanks by the Coupled SPH - FEM Method with Experimental Verification. // *Defect and Diffusion Forum*, 391 (2019), 152-173 doi:10.4028/www.scientific.net/ddf.391.152 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [8] Banović, Ivan; Radnić, Jure; Grgić, Nikola  
 Geotechnical Seismic Isolation System Based on Sliding Mechanism Using Stone Pebble Layer: Shake- Table Experiments. // *Shock and Vibration*, 2019 (2019), 1-26  
 doi:10.1155/2019/9346232 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [9] Buzov, Ante; Radnić, Jure; Grgić, Nikola  
 Effects of several bolt parameters on the bearing capacity of a composite multi-drum stone column under an earthquake. // *Composites Part B: Engineering*, 162 (2019), 250-258 doi:10.1016/j.compositesb.2018.10.104 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)
- [10] Baloević, Goran; Radnić, Jure; Grgić, Nikola; Matešan, Domagoj  
 Behavior of fiber reinforced mortar composites under impact load. // *Latin American Journal of Solids and Structures*, 15 (2018), 2; 1-13 doi:10.1590/1679-78254168 (međunarodna recenzija, članak, znanstveni)

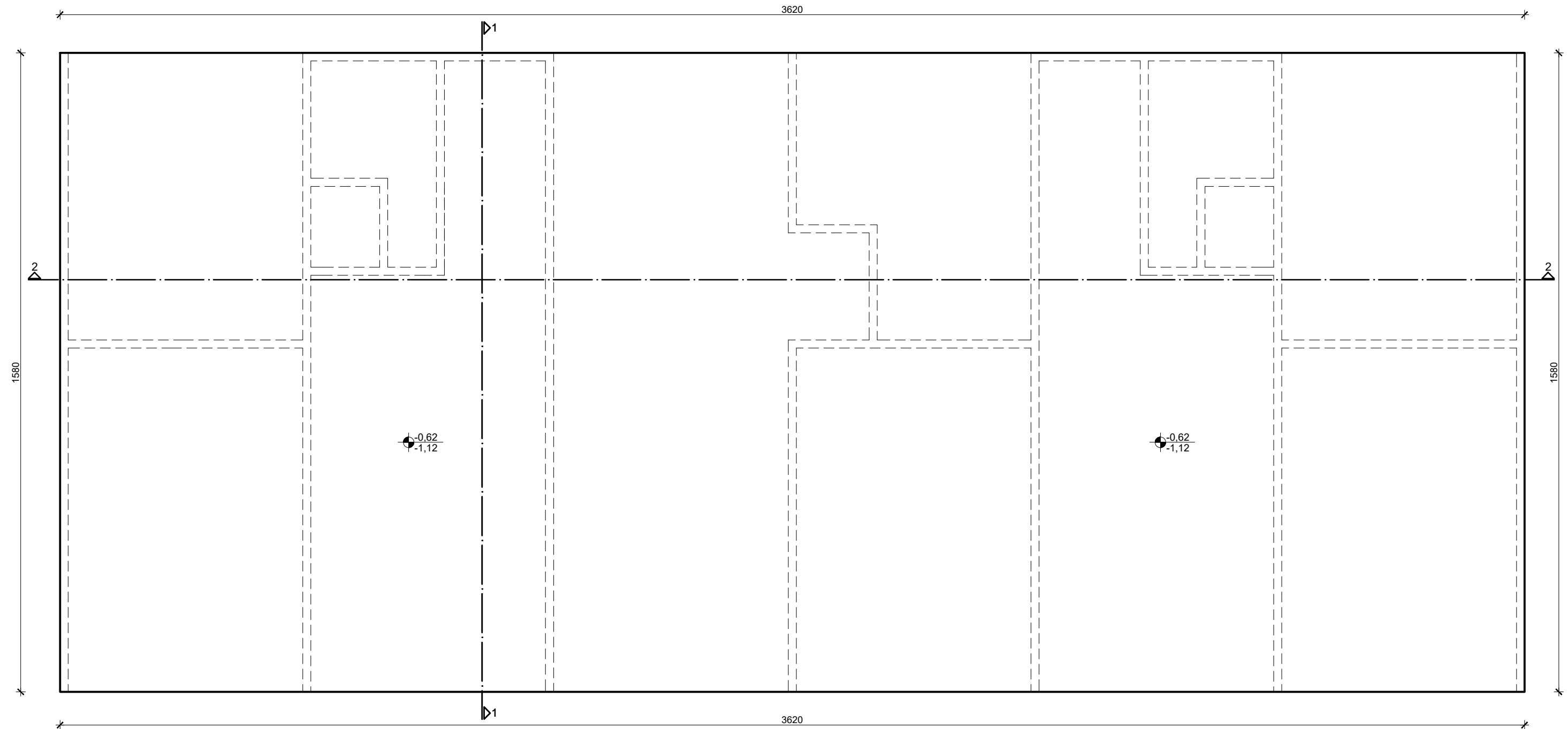
- [11] Harapin, J. Radnić: Osnove betonskih konstrukcija, interna skripta – zapisi s predavanja; Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split, studeni 2015
- [12] J. Radić i suradnici: Betonske konstrukcije – Priručnik, Zagreb 2006
- [13] Tomičić: Betonske konstrukcije - 3. Izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Zagreb 1996
- [14] Mihanović: Dinamika konstrukcija, Udžbenici Sveučilišta u Splitu, Split, 1995
- [15] Mihanović: Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- [16] Ž. Nikolić : Dinamika konstrukcija i potresno inženjerstvo – vježbe, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- [17] T. Roje-Bonacci: Mehanika tla, 4. izd. u suglasju s Eurokod 7, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Split 2017
- [18] P. Mišćević, N. Štambuk Cvitanović: Mehanika tla i temeljenje – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2016
- [19] T. Roje-Bonacci, P. Mišćević: Geotehničko inženjerstvo – predavanja, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split, 2018
- [20] EN 1990:2008 Eurokod - Osnove projektiranja konstrukcija (EN 1990:2008 + A1:2005 + AC:2008).
- [21] EN 1991: Eurokod 1 – Djelovanja na konstrukcije (EN 1991:2002)
- [22] EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcija – Dio 1- 1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1992-1-1:2004 + AC:2008)
- [23] EN 1997-2:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje -- 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007+AC:2010)
- [24] EN 1998:2008 Eurokod 8 – Projektiranje konstrukcija otpornih na potres – 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN 1998-1:2004)
- [25] SCIA Engineer 19.1
- [26] AspalathosSectionDesign




## 14. GRAFIČKI PRILOZI

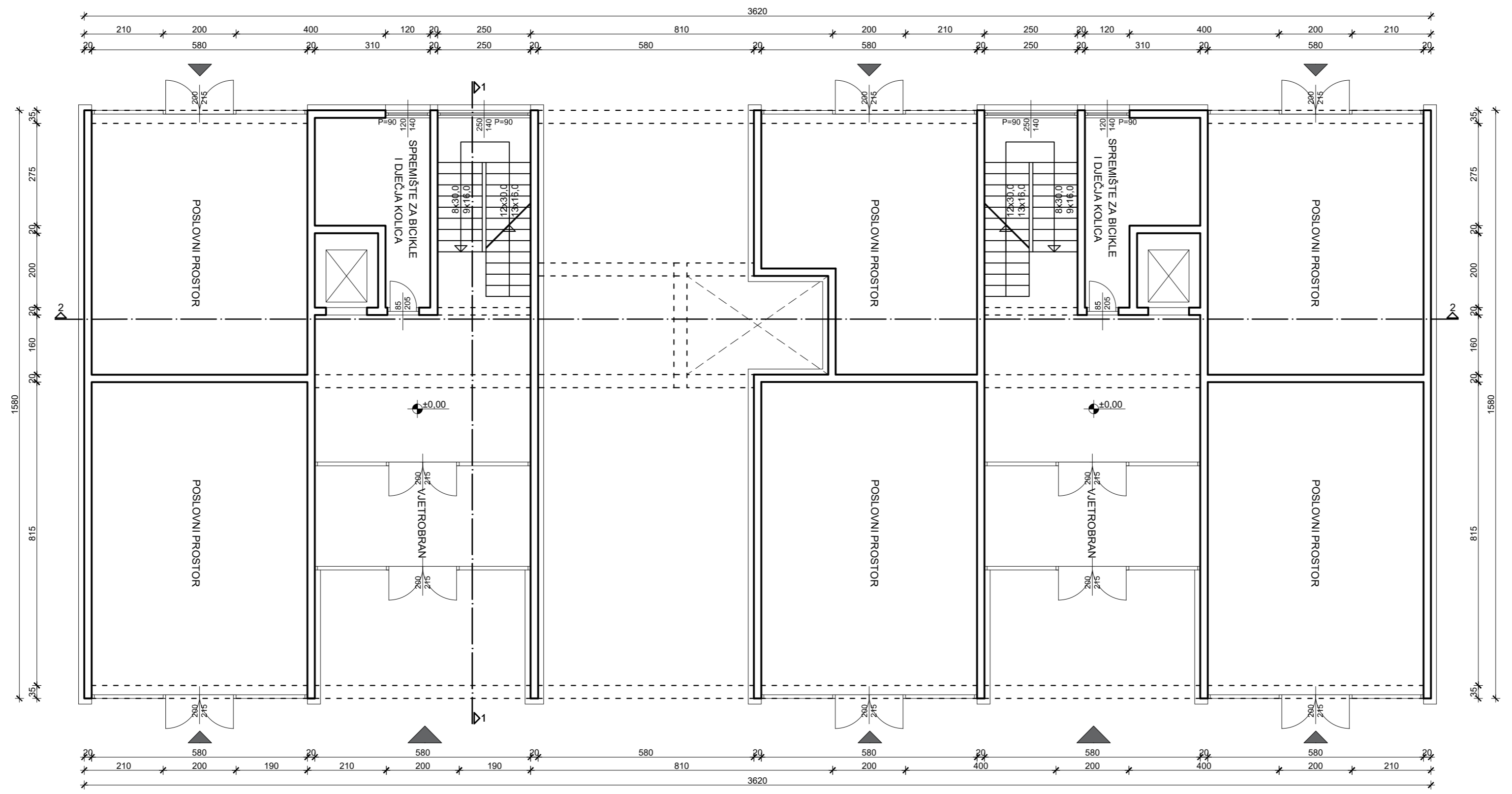
- Prilog 1 – Tlocrt temeljne ploče M 1:100
- Prilog 2 – Tlocrt prizemlja M 1:100
- Prilog 3 – Tlocrt 1,2,3,4,5 kata M 1:100
- Prilog 4 – Tlocrt krova M 1:100
- Prilog 5 – Presjek 1-1M 1:100
- Prilog 6 – Presjek 2-2 M 1:100
- Prilog 7 – Armatura temeljne ploče – donja i gornja zona - mreže M 1:100
- Prilog 8 – Armatura temeljne ploče - donja i gornja zona - šipke M 1:100
- Prilog 9 – Armatura međukatne ploče 1 etaže - donja zona M 1:100
- Prilog 10 – Armatura međukatne ploče 1 etaže - gornja zona M 1:100
- Prilog 11 – Armatura međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže - donja zona M 1:100
- Prilog 12 – Armatura međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže - gornja zona M 1:100
- Prilog 13 – Armatura krovne ploče - donja zona M 1:100
- Prilog 14 – Armatura krovne ploče - gornja zona M 1:100
- Prilog 15 – Armatura grede b/h =20/60 cm M 1:50
- Prilog 16 – Armatura grede b/h =35/70 cm M 1:50
- Prilog 17 – Armatura stupa b/h =20/20 cm M 1:50
- Prilog 18 – Armatura zida M 1:100
- Prilog 19 – Armatura stubišta M 1:25


# Tlocrt temeljne ploče M 1:100



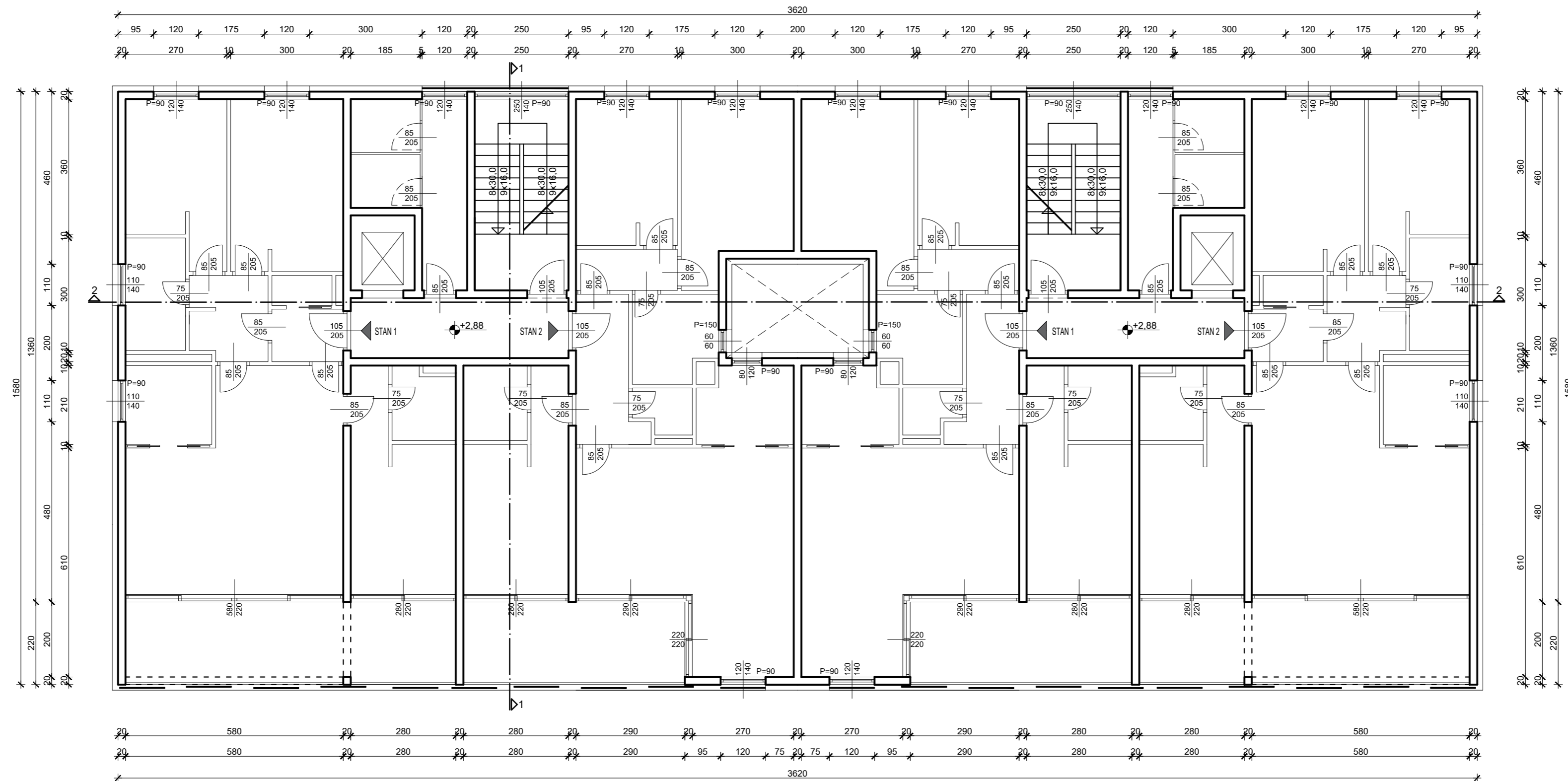
 SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	Diplomski rad		
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade	
	STUDENT	Mario Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt temeljne ploče	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2021	BROJ PRILOGA	1


# Tlocrt prizemlja M 1:100



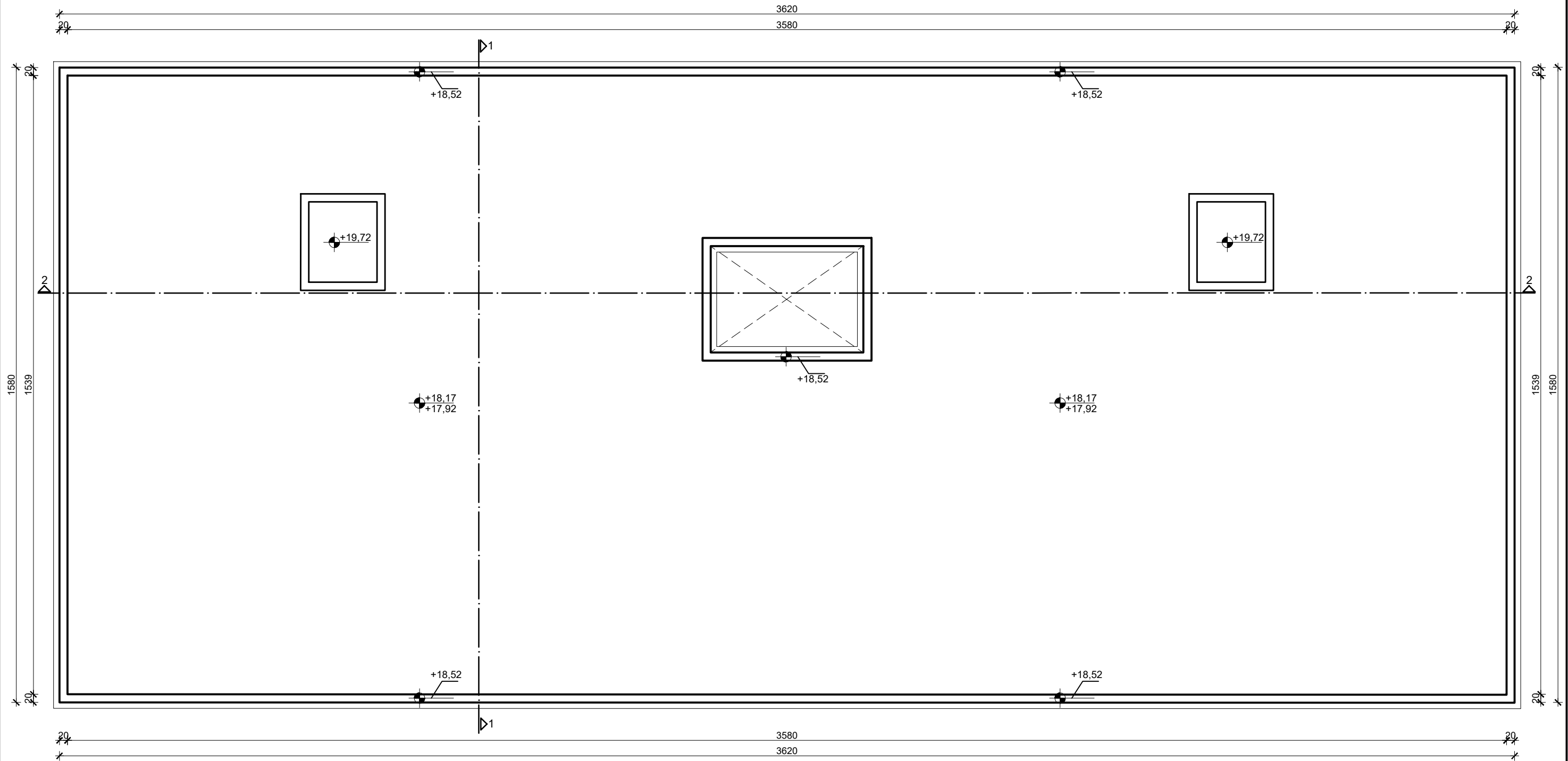
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>	Diplomski rad		
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade	
	STUDENT	Mario Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt prizemlja	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2021	BROJ PRILOGA	2


# Tlocrt 1, 2, 3, 4 i 5 kata M 1:100



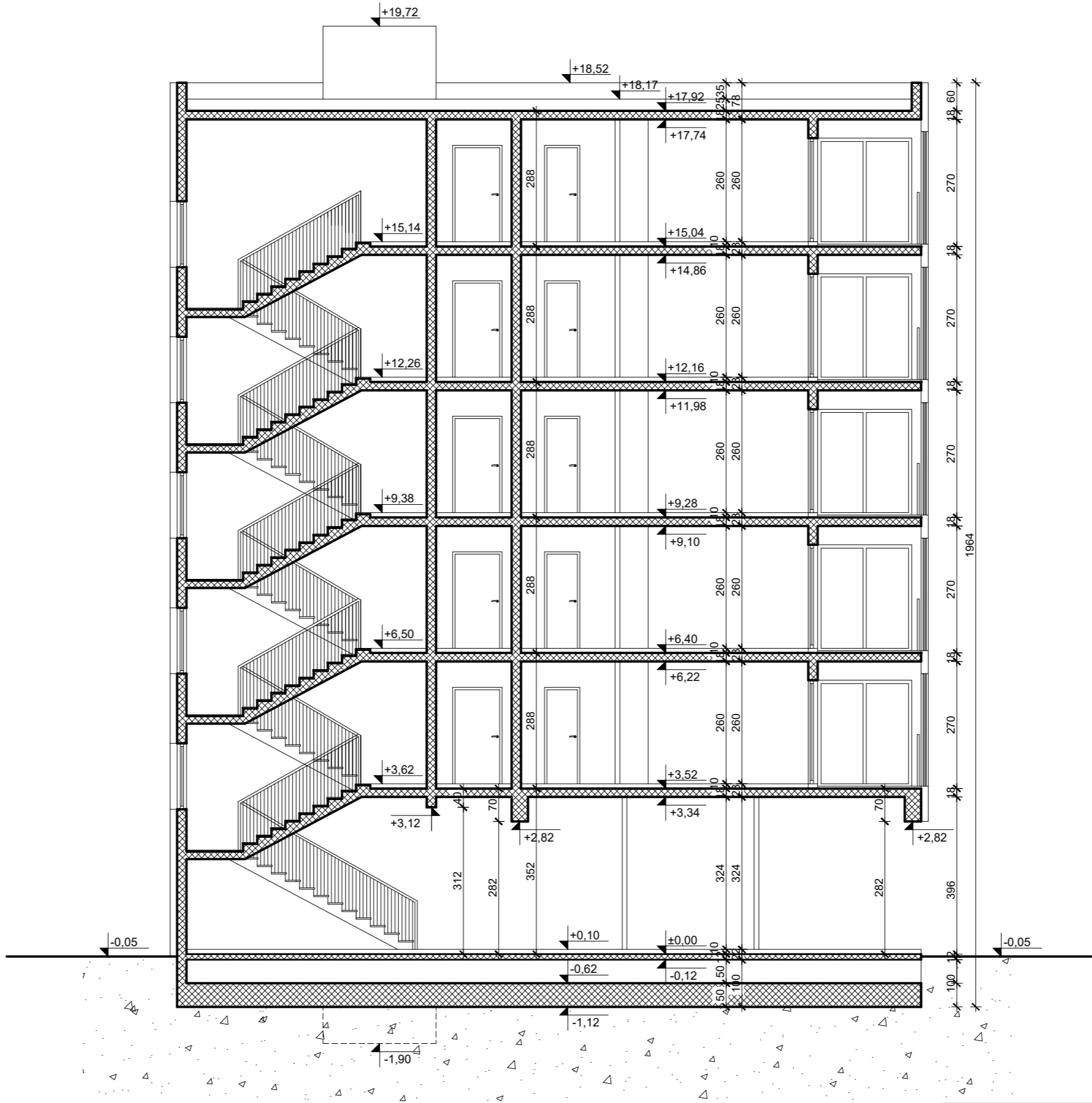
 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>	<b>Diplomski rad</b>		
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade	
	STUDENT	Mario Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt 1, 2, 3, 4 i 5 kata	MERILO BROJ PRILOGA
DATUM	Srpanj, 2021		


# Tlocrt krova M 1:100



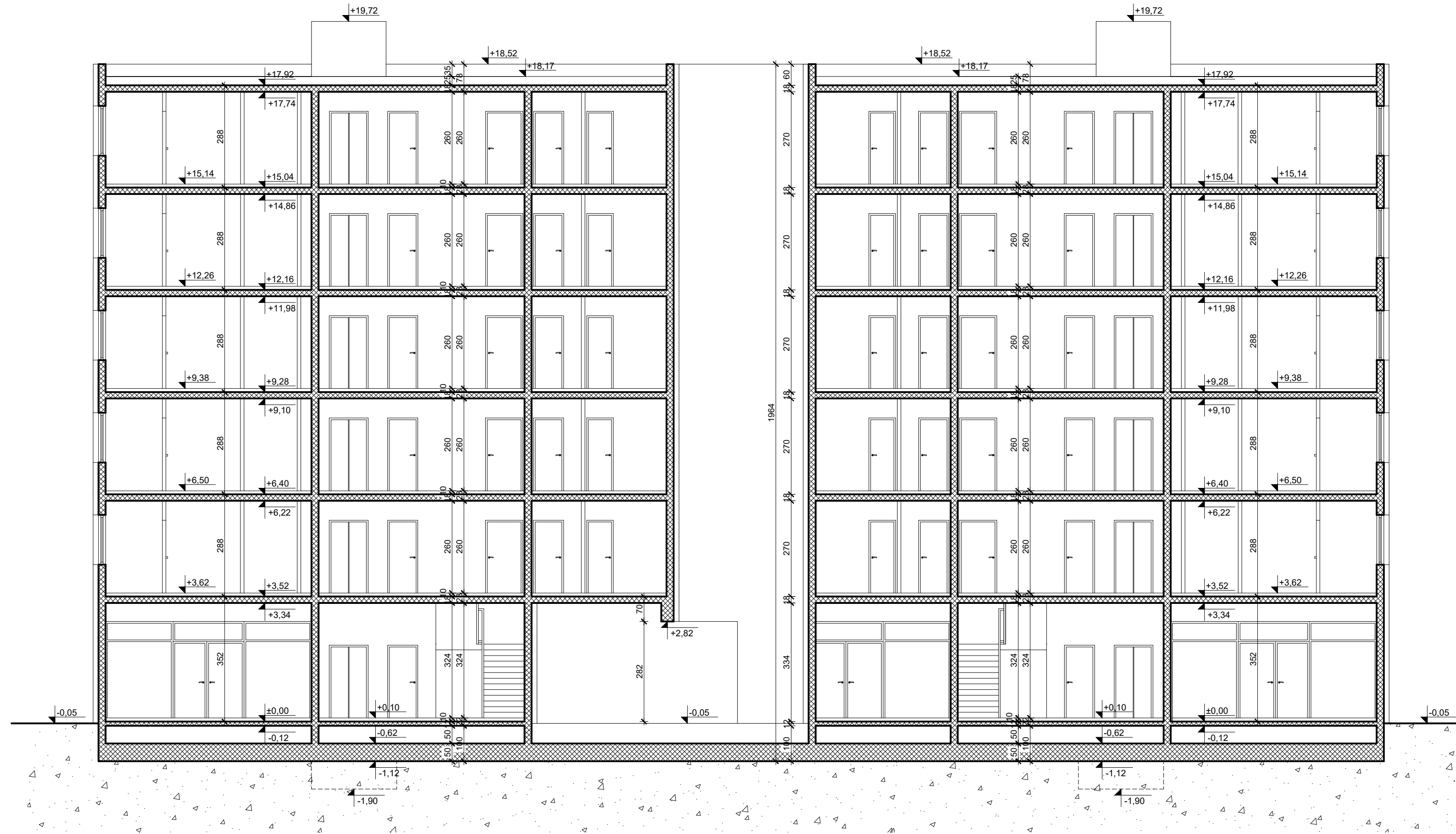
 <b>SVEUČILIŠTE U SPLITU,</b> FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE	<b>Diplomski rad</b>		
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade	
	STUDENT	Mario Pavić	
	SADRŽAJ	Tlocrt krova	MJERILO
DATUM	Srpanj, 2021	BROJ PRILOGA	4

# Presjek 1-1 M 1:100



 <p>SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>	<b>Diplomski rad</b>	
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade
	STUDENT	Mario Pavić
	SADRŽAJ	Presjek 1-1
	DATUM	Srpanj, 2021
MJERILO	1:100	
BROJ PRILOGA	5	

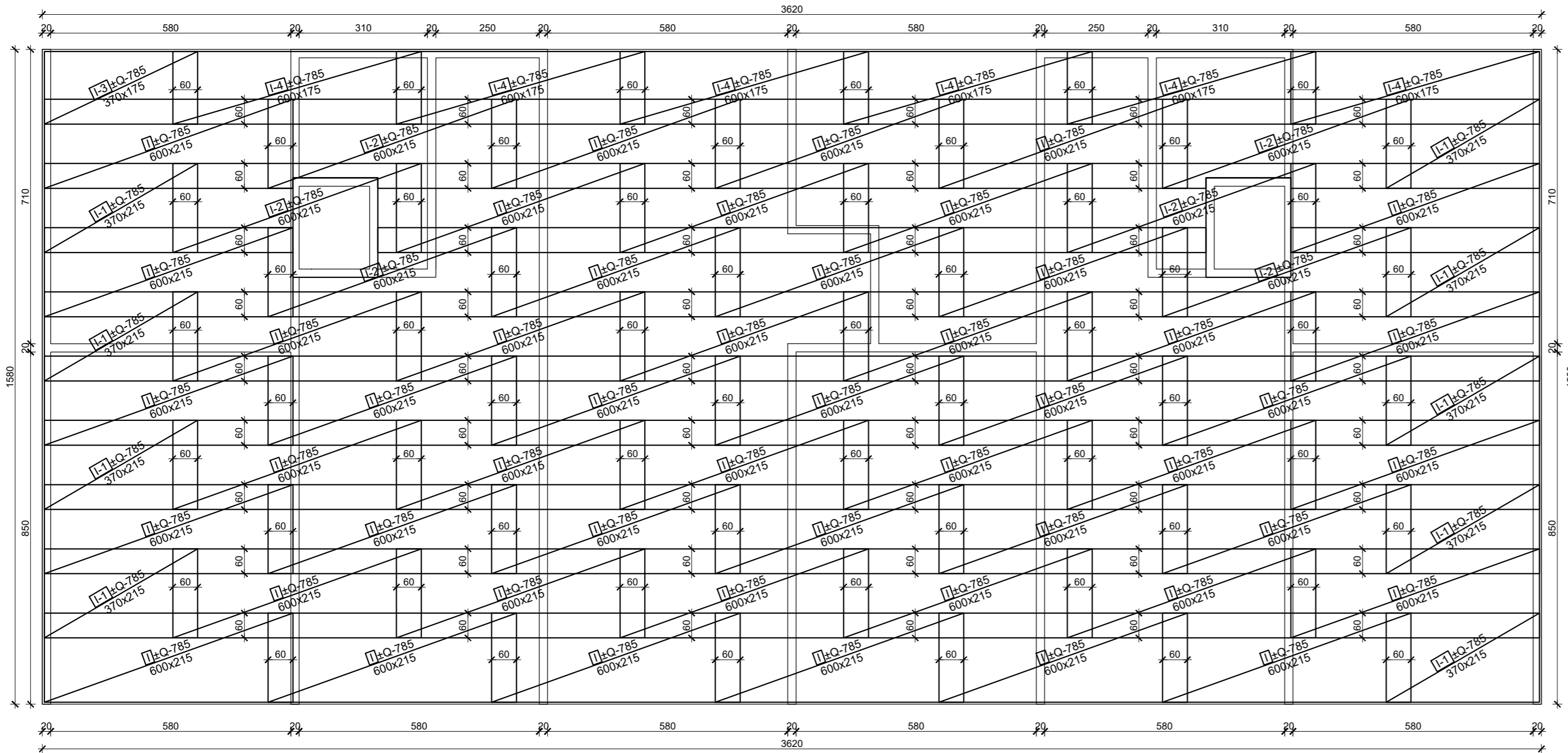
# Presjek 2-2 M 1:100



SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Diplomski rad			
TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade		
STUDENT	Mario Pavić		
SADRŽAJ	Presjek 2-2	MJERILO	1:100
DATUM	Srpanj, 2021	BROJ PRILOGA	6

# Armatura temeljne ploče-donja i gornja zona-mreže M 1:100

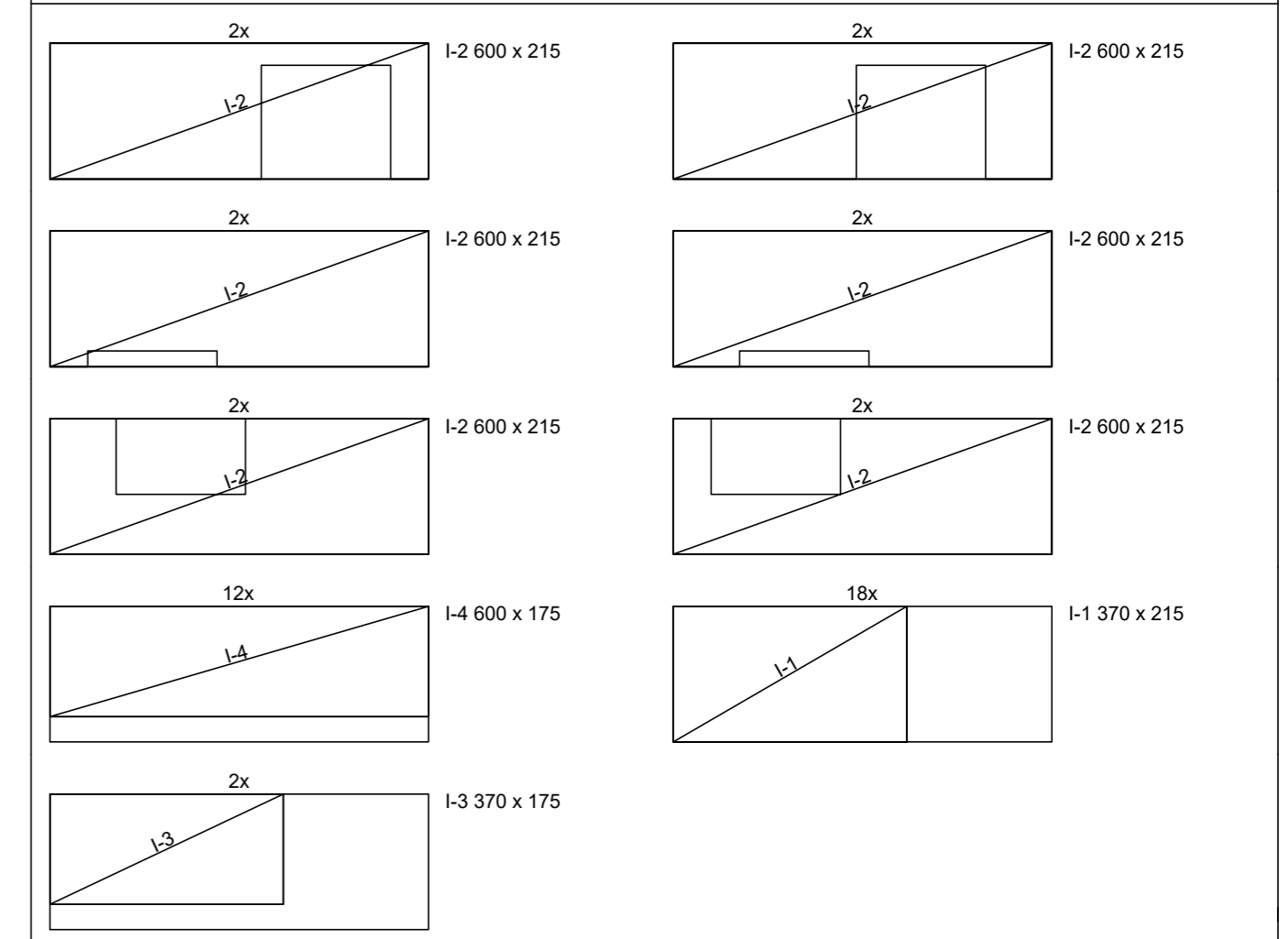



Meshes - specification							
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Remark
Temeljna ploča-donja i gornja zona-mreže							
I	Q-785	215	600	96	12.46	15430.46	
I-1	Q-785	215	370	18	12.46	1784.15	
I-2	Q-785	215	600	12	12.46	1928.81	
I-3	Q-785	175	370	2	12.46	161.36	
I-4	Q-785	175	600	12	12.46	1569.96	

Total 20874.74

Meshes - recapitulation						
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]
Q-785	215	600	140	12.46	22502.76	20542.60
Total					22502.76	20542.60

Meshes - cutting design  
Temeljna ploča-donja i gornja zona-mreže  
Q-785 (600 cm x 215 cm)





SVEUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,  
ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**Diplomski rad**

TEMA: Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade

STUDENT: Mario Pavić

SADRŽAJ: Armatura temeljne ploče - donja i gornja zona - mreže

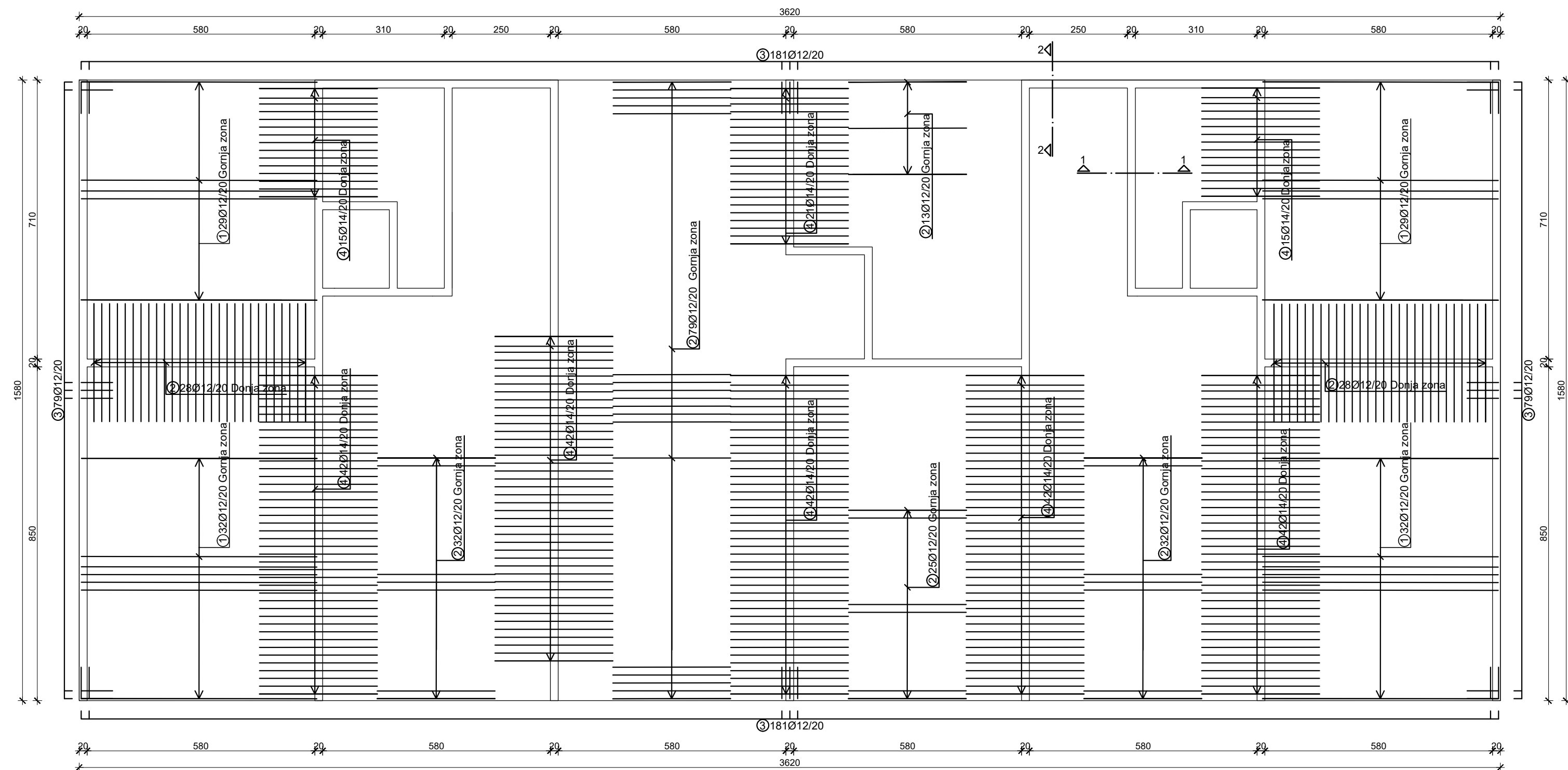
DATUM: Sranj, 2021

MJERILO: 1:100

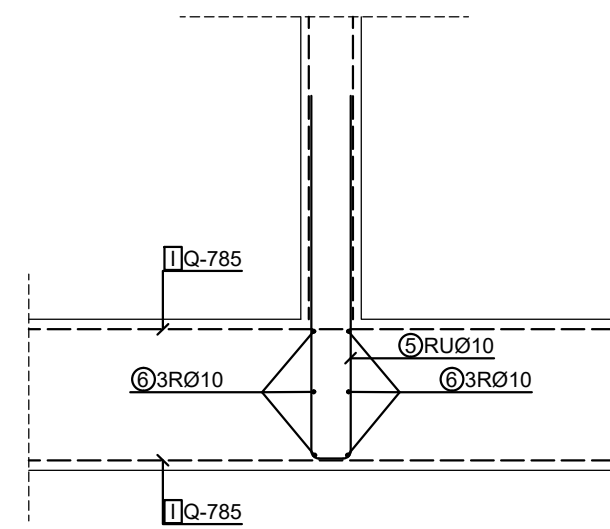
BROJ PRILOGA: 7



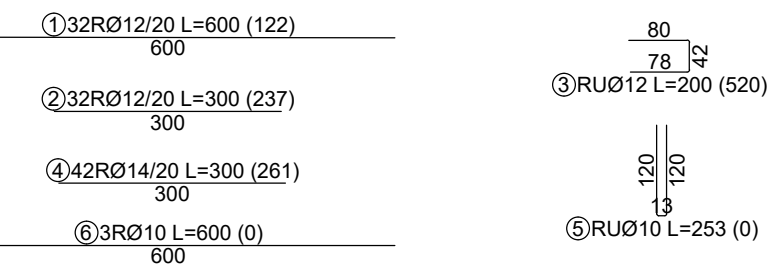
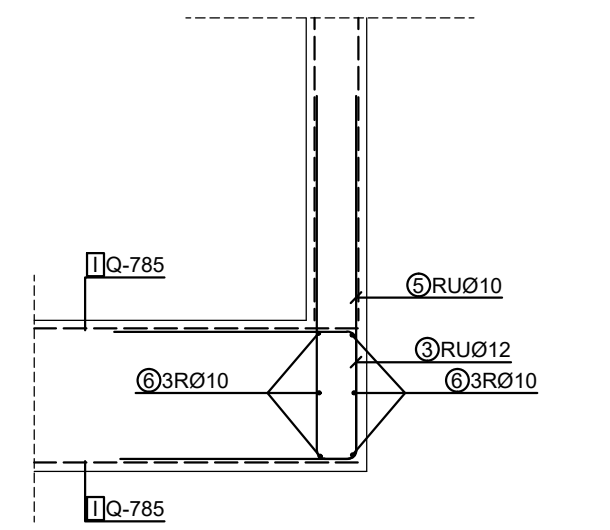
# Armatura temeljne ploče-donja i gornja zona-šipke M 1:100



Presjke 1-1 M 1:25

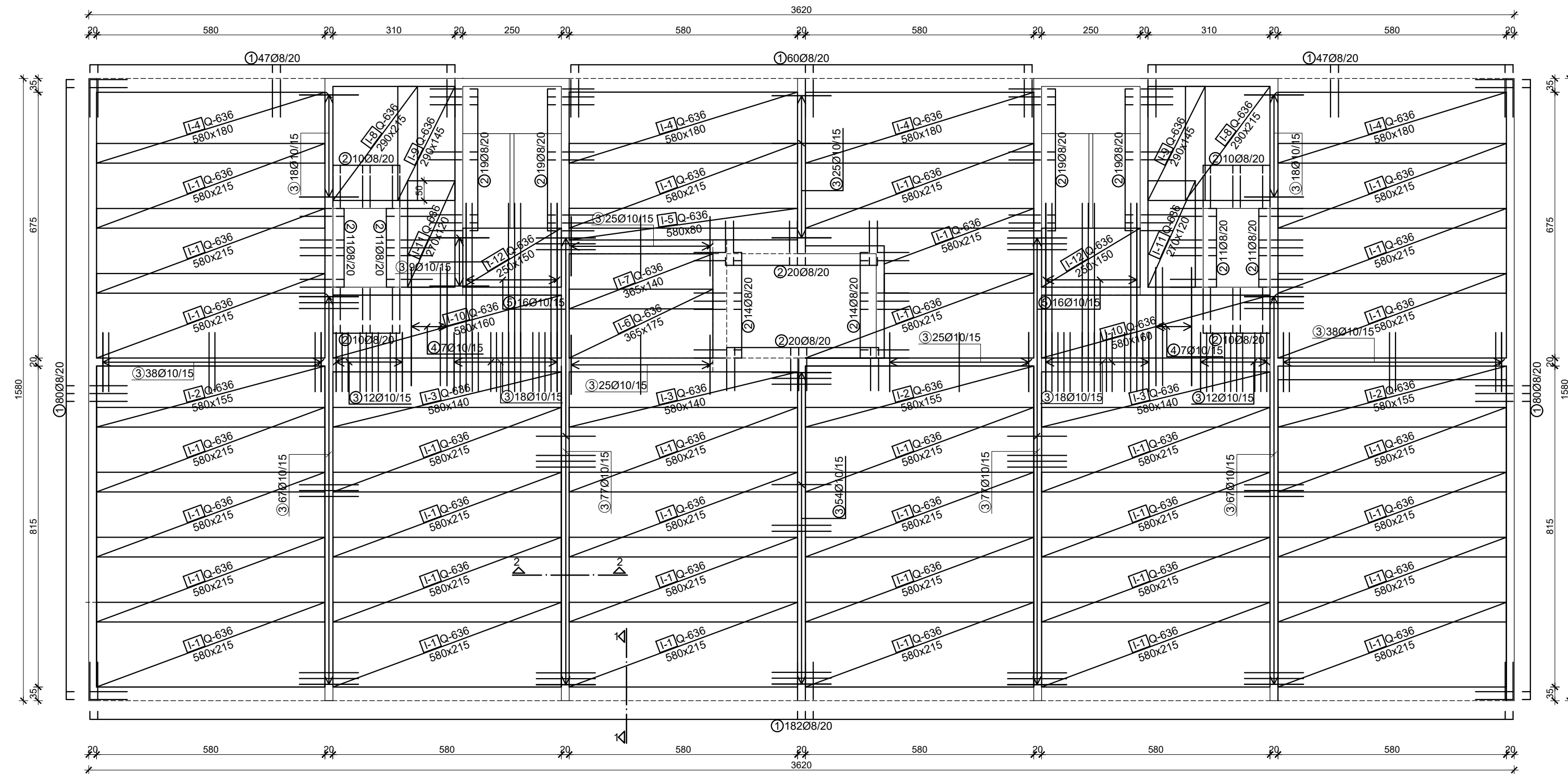


Presjke 2-2 M 1:25

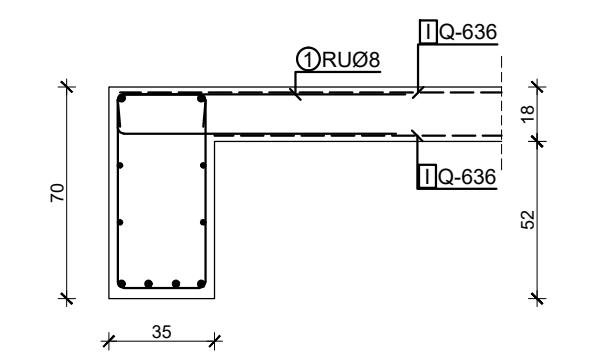


Bars - specification						
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lg n [m]	Remark
Temeljna ploča-donja i gornja zona-šipke						
1	600	12	6.00	122	732.00	
2	300	12	3.00	237	711.00	
3	80 42 78	12	2.00	520	1040.00	
4	300	14	3.00	261	783.00	
Bars - recapitulation						
Ø [mm]	lg n [m]	Unit weight [kg/m]	Weight [kg]			
B500B						
12	2483.00	0.89	2204.90			
14	783.00	1.21	947.43			
Total (B500B)			3152.33			

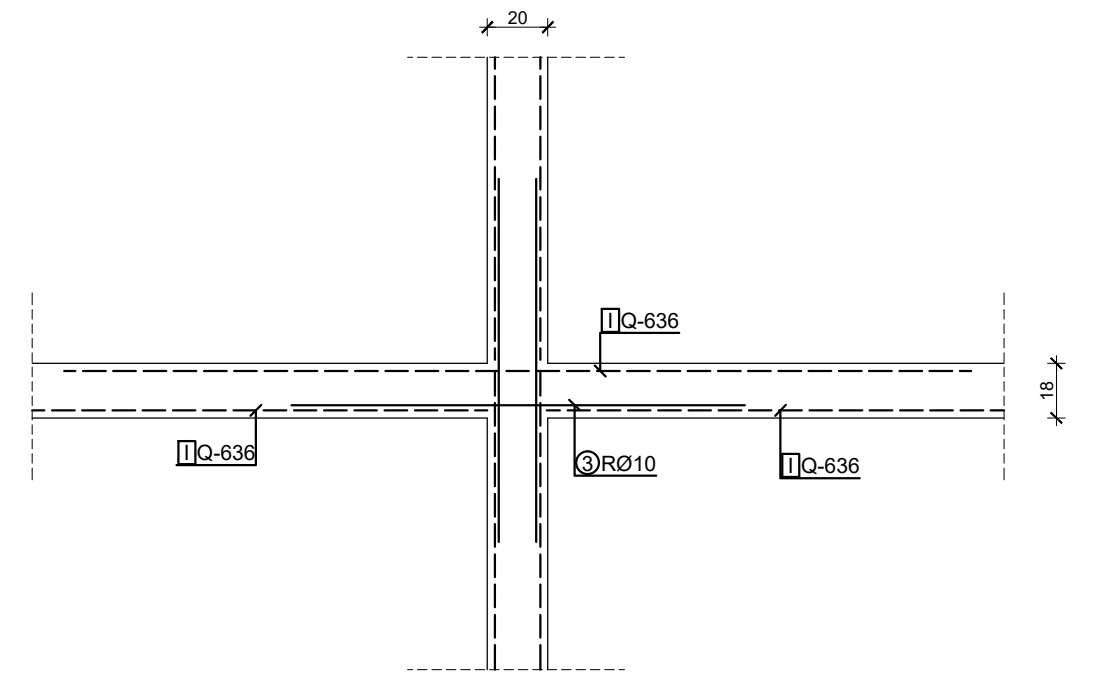
# Armatura međukatne ploče 1 etaže - donja zona M 1:100



Presjke 1-1 M 1:25




Presjke 2-2 M 1:25



- ① 182RUØ8/20 L=200 (496)
- ② 111RUØ8/20 L=170 (228)
- ③ 77RØ10/15 L=150 (623)
- ④ 7RØ10/15 L=300 (14)
- ⑤ 16RØ10/15 L=400 (32)

Bars - specification							Meshes - cutting design			
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lg <sub>n</sub> [m]	Remark	Međukatna ploča 1 etaže - donja zona			
Međukatna ploča 1 etaže - donja zona							Q-636 (600 cm x 215 cm)			
1	95 92	8	2.00	496	992.00		32x I-1	I-1 580 x 215	1x I-1 580 x 215	
2	80 77	8	1.70	228	387.60		1x I-1	I-1 580 x 215	4x I-4 580 x 180	
3	150	10	1.50	623	934.50		2x I-10	I-10 580 x 160	3x I-2 580 x 155	
4	300	10	3.00	14	42.00		3x I-3	I-3 580 x 140	1x I-6 365 x 175	
5	300 100 88/47	10	4.00	32	128.00		1x I-8	I-8 290 x 215 I-8 290 x 215	1x I-7 365 x 140	
Bars - recapitulation										
Ø [mm]	lg <sub>n</sub> [m]	Unit weight [kg/m <sup>3</sup> ]		Weight [kg]						
B500B										
8	1379.60	0.40		544.94						
10	1104.50	0.62		681.48						
Total (B500B)									1226.42	
Meshes - specification										
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Remark			
Međukatna ploča 1 etaže - donja zona										
I-1	Q-636	215	580	34	10.08	4273.72	1x I-9	I-9 290 x 215 I-9 290 x 215	1x I-7 365 x 140	
I-2	Q-636	155	580	3	10.08	271.86	1x I-5	I-5 580 x 80 I-11 270 x 120 I-11 270 x 120	1x I-9 290 x 145 I-9 290 x 145	
I-3	Q-636	140	580	3	10.08	245.45	1x I-11	I-11 270 x 120 I-11 270 x 120		
I-4	Q-636	180	580	4	10.08	421.21				
I-5	Q-636	80	580	1	10.08	46.81				
I-6	Q-636	175	365	1	10.08	64.30				
I-7	Q-636	140	365	1	10.08	51.49				
I-8	Q-636	215	290	2	10.08	125.66				
I-9	Q-636	145	290	2	10.08	84.75				
I-10	Q-636	160	580	2	10.08	187.08				
I-11	Q-636	120	270	2	10.08	65.32				
I-12	Q-636	150	250	2	10.08	75.60	1x I-12	I-12 250 x 150 I-12 250 x 150		
Total									5913.25	
Meshes - recapitulation										
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]				
Q-636	215	600	52	10.08	6761.66	5845.71				
Total									6761.66	5845.71



SVUČILIŠTE U SPLITU,  
FAKULTET ARHITEKTURE I GEODEZIJE

**Diplomski rad**

TEMA: Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade

STUDENT: Mario Pavić

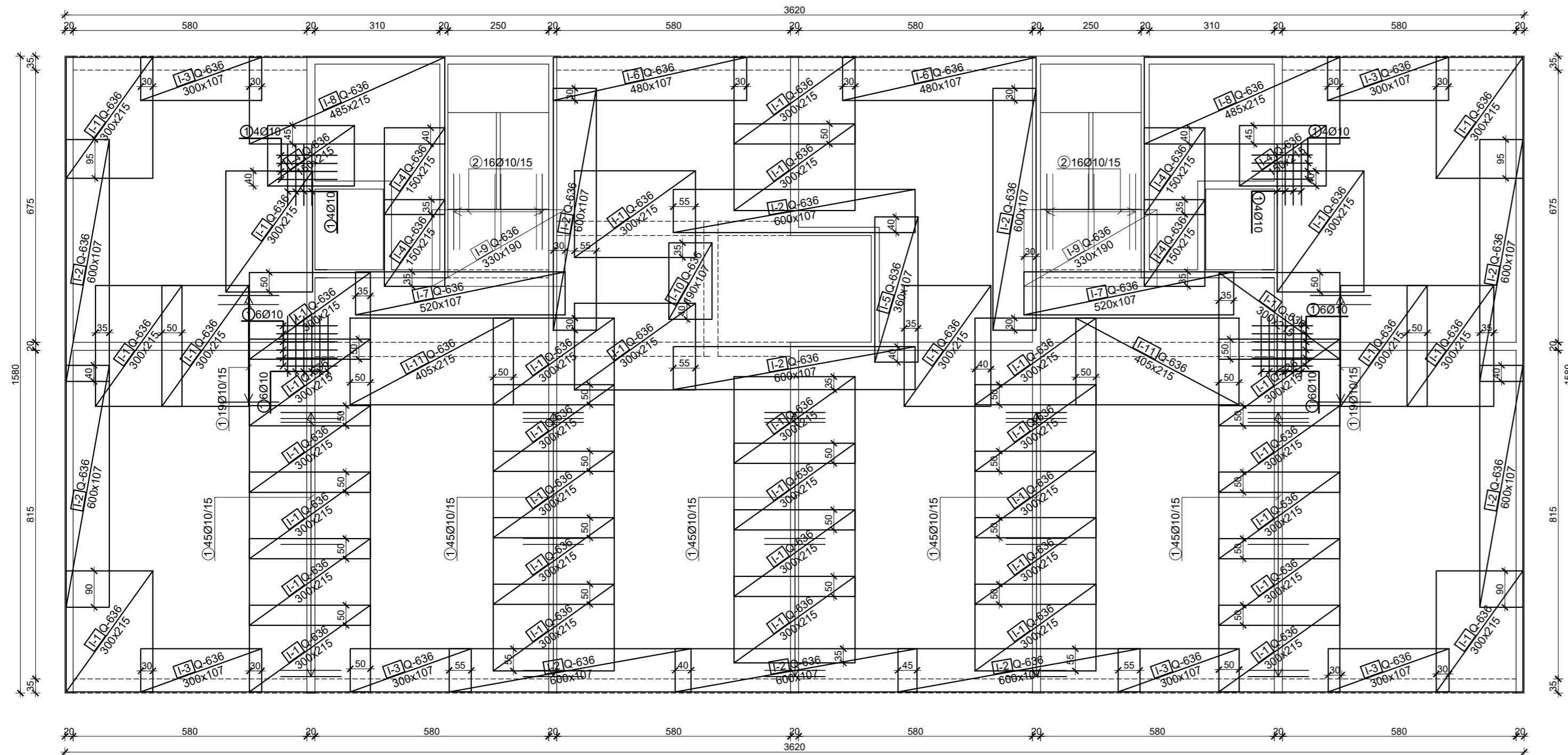
SADRŽAJ: Armatura međukatne ploče 1 etaže - donja zona

DATUM: Srganj, 2021

MJERLO: 1:100

BRJU PRILOGA: 9

# Armatura međukatne ploče 1 etaže - gornja zona M 1:100

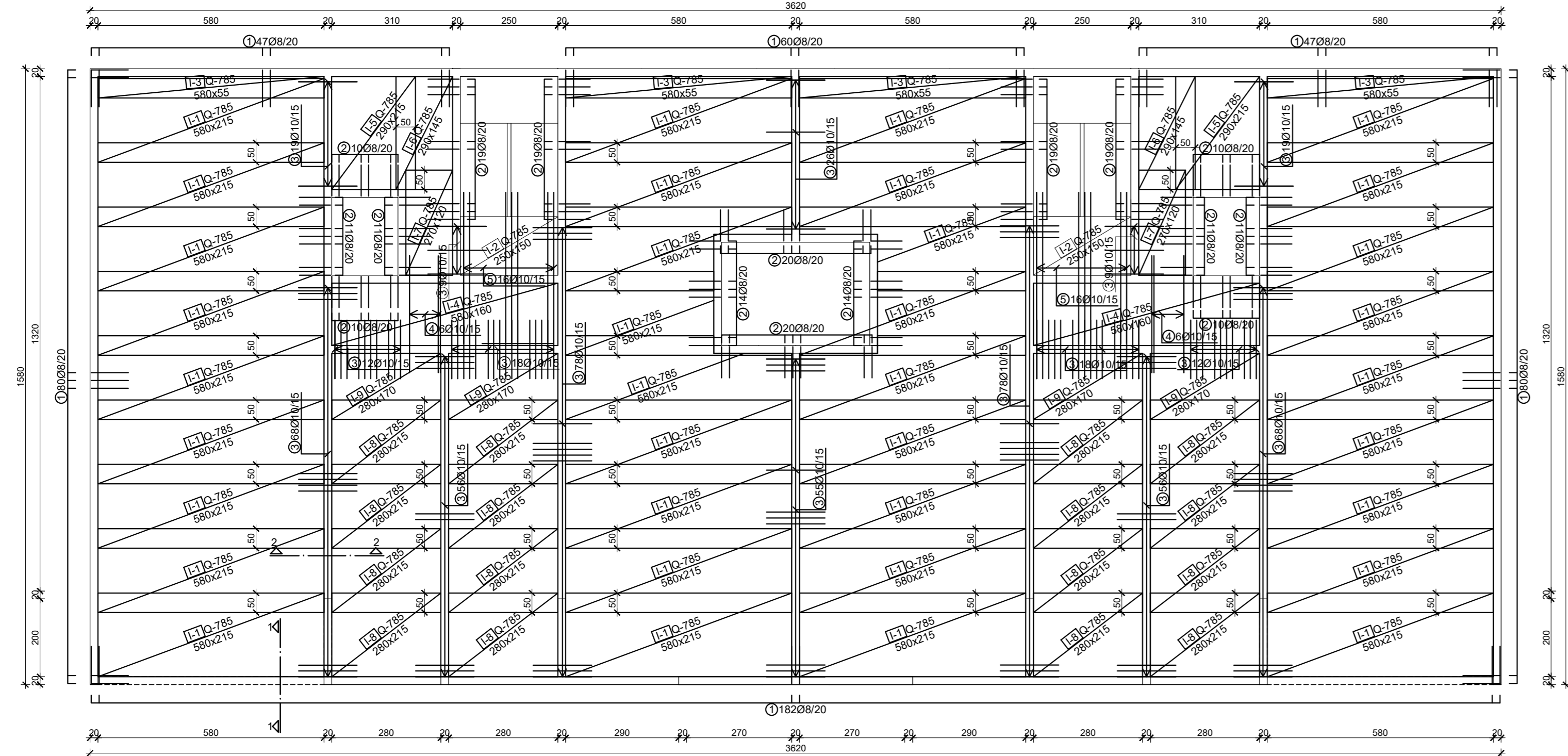


① 1RØ10 L=150 (303)  
150

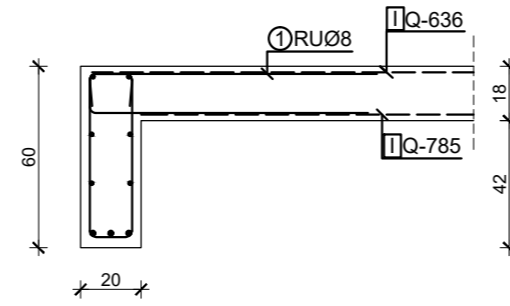
② 16RØ10/15 L=200 (32)  
100

Bars - specification							Meshes - cutting design			
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark	Međukatna ploča 1 etaže - gornja zona			
Međukatna ploča 1 etaže - gornja zona							Q-636 (600 cm x 215 cm)			
1	150	10	1.50	303	454.50			I-8 485 x 215		I-8 485 x 215
2		10	2.00	32	64.00			I-11 405 x 215		I-1 300 x 215
Bars - recapitulation										
Ø [mm]	lg [m]	Unit weight [kg/m]		Weight [kg]						
B500B										
10	518.50	0.62		319.91						
Total (B500B)							319.91			
Meshes - specification										
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Remark			
Međukatna ploča 1 etaže - gornja zona										
I-1	Q-636	215	300	41	10.08	2665.66		I-1 300 x 215		I-2 600 x 107
I-2	Q-636	107	600	11	10.08	711.85		I-2 600 x 107		I-4 150 x 215
I-3	Q-636	107	300	6	10.08	194.14		I-7 520 x 107		I-4 150 x 215
I-4	Q-636	215	150	6	10.08	195.05		I-7 520 x 107		I-5 360 x 107
I-5	Q-636	107	360	1	10.08	38.83		I-7 520 x 107		I-5 360 x 107
I-6	Q-636	107	480	2	10.08	103.54		I-6 480 x 107		I-3 300 x 107
I-7	Q-636	107	520	2	10.08	112.17		I-3 300 x 107		I-3 300 x 107
I-8	Q-636	215	485	2	10.08	210.22		I-3 300 x 107		I-3 300 x 107
I-9	Q-636	190	330	2	10.08	126.40		I-3 300 x 107		I-3 300 x 107
I-10	Q-636	107	190	1	10.08	20.49		I-3 300 x 107		I-3 300 x 107
I-11	Q-636	215	405	2	10.08	175.54		I-3 300 x 107		I-3 300 x 107
Total							4553.89			
Meshes - recapitulation										
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]				
Q-636	215	600	37	10.08	4811.18	4553.89				
Total							4811.18 4553.89			

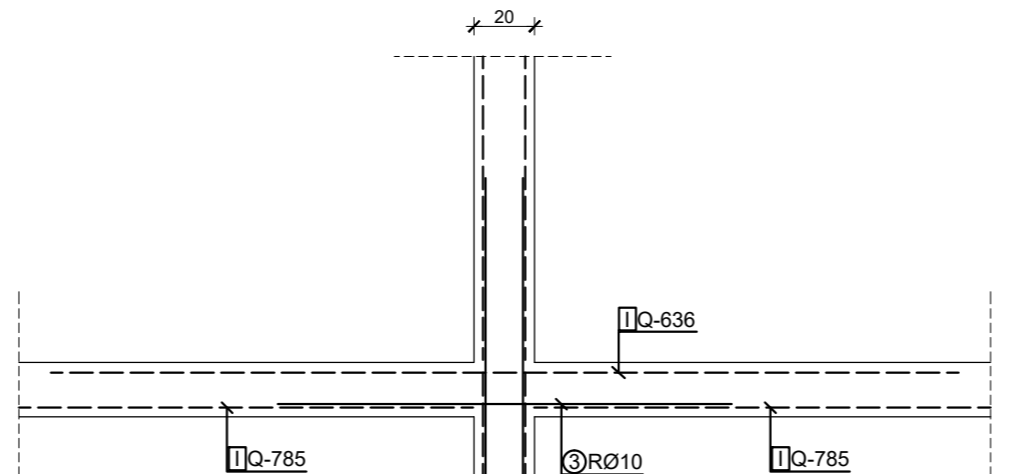
# Armatura međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže - donja zona M 1:100



Presjke 1-1 M 1:25



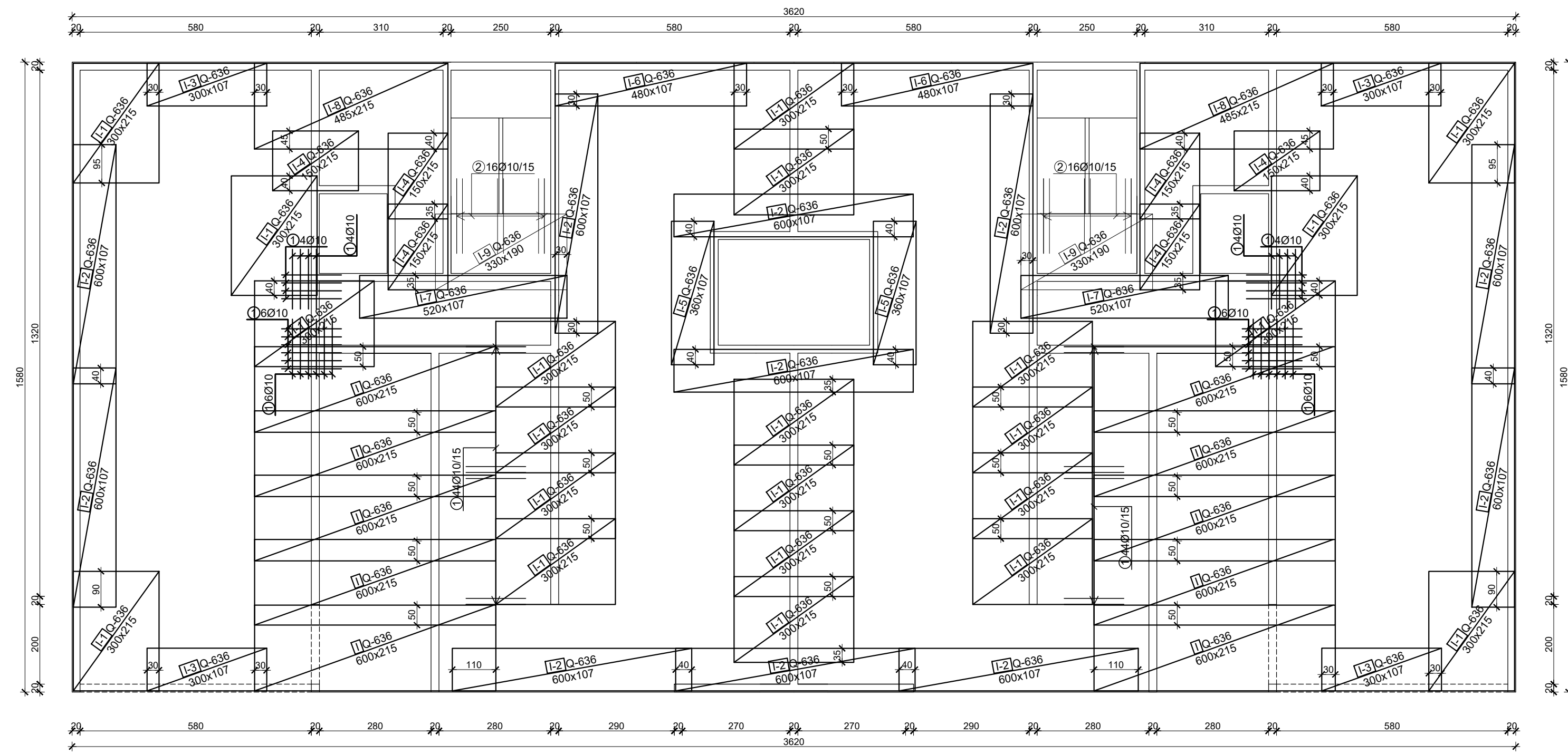
Presjke 2-2 M 1:25



- ① 182RUØ8/20 L=200 (496)
- ② 20RUØ8/20 L=170 (228)
- ③ 68RØ10/15 L=150 (601)
- ④ 6RØ10/15 L=300 (12)
- ⑤ 16RØ10/15 L=400 (32)

Bars - specification						Meshes - cutting design	
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark	
Međukatna ploča 2, 3, 4 i 5 etaže - donja zona							
1	95	8	2.00	496	992.00		30x I-1 580 x 215
2	80	8	1.70	239	406.30		1x I-1 580 x 215
3	77	8	1.50	601	901.50		1x I-1 580 x 215
4	150	10	3.00	12	36.00		1x I-1 580 x 215
5	300	10	4.00	32	128.00		1x I-1 580 x 215
Bars - recapitulation							
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m]		Weight [kg]			
B500B							
8	1398.30	0.40		552.33			
10	1065.50	0.62		657.41			
Total (B500B)				1209.74			
Meshes - specification							
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Remark
Međukatna ploča 2, 3, 4 i 5 etaže - donja zona							
I-1	Q-785	215	580	36	12.46	5593.54	
I-2	Q-785	150	250	2	12.46	93.40	
I-3	Q-785	55	580	4	12.46	158.99	
I-4	Q-785	160	580	2	12.46	231.42	
I-5	Q-785	215	290	2	12.46	155.33	
I-6	Q-785	145	290	2	12.46	104.89	
I-7	Q-785	120	270	2	12.46	80.74	
I-8	Q-785	215	280	16	12.46	1200.15	
I-9	Q-785	170	280	4	12.46	237.24	
Total						7855.72	
Meshes - recapitulation							
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]	
Q-785	215	600	53	12.46	8518.90	7656.36	
Total						8518.90	7656.36


# Armatura međukatne ploče 2, 3, 4 i 5 etaže - gornja zona M 1:100



① 1RØ10 L=150 (128)  
150

② 16RØ10/15 L=200 (32)  
100

Bars - specification							Meshes - cutting design			
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark	Međukatna ploča 2, 3, 4 i 5 etaže - gornja zona			
Međukatna ploča 2, 3, 4 i 5 etaže - gornja zona							Q-636 (600 cm x 215 cm)			
1	150	10	1.50	128	192.00		2x	I-8 485 x 215	11x	I-1 300 x 215 I-1 300 x 215
2		10	2.00	32	64.00					
Bars - recapitulation										
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]		Weight [kg]						
10	256.00	0.62		157.95						
Total (B500B)							157.95			
Meshes - specification										
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Remark			
Međukatna ploča 2, 3, 4 i 5 etaže - gornja zona										
I	Q-636	215	600	10	10.08	1300.32				
I-1	Q-636	215	300	22	10.08	1430.35				
I-2	Q-636	107	600	11	10.08	711.85				
I-3	Q-636	107	300	4	10.08	129.43				
I-4	Q-636	215	150	6	10.08	195.05				
I-5	Q-636	107	360	2	10.08	77.66				
I-6	Q-636	107	480	2	10.08	103.54				
I-7	Q-636	107	520	2	10.08	112.17				
I-8	Q-636	215	485	2	10.08	210.22				
I-9	Q-636	190	330	2	10.08	126.40				
Total							4396.99			
Meshes - recapitulation										
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]				
Q-636	215	600	36	10.08	4691.99	4407.82				
Total							4691.99 4407.82			



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

**Diplomski rad**

TEMA: Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade

STUDENT: Mario Pavić

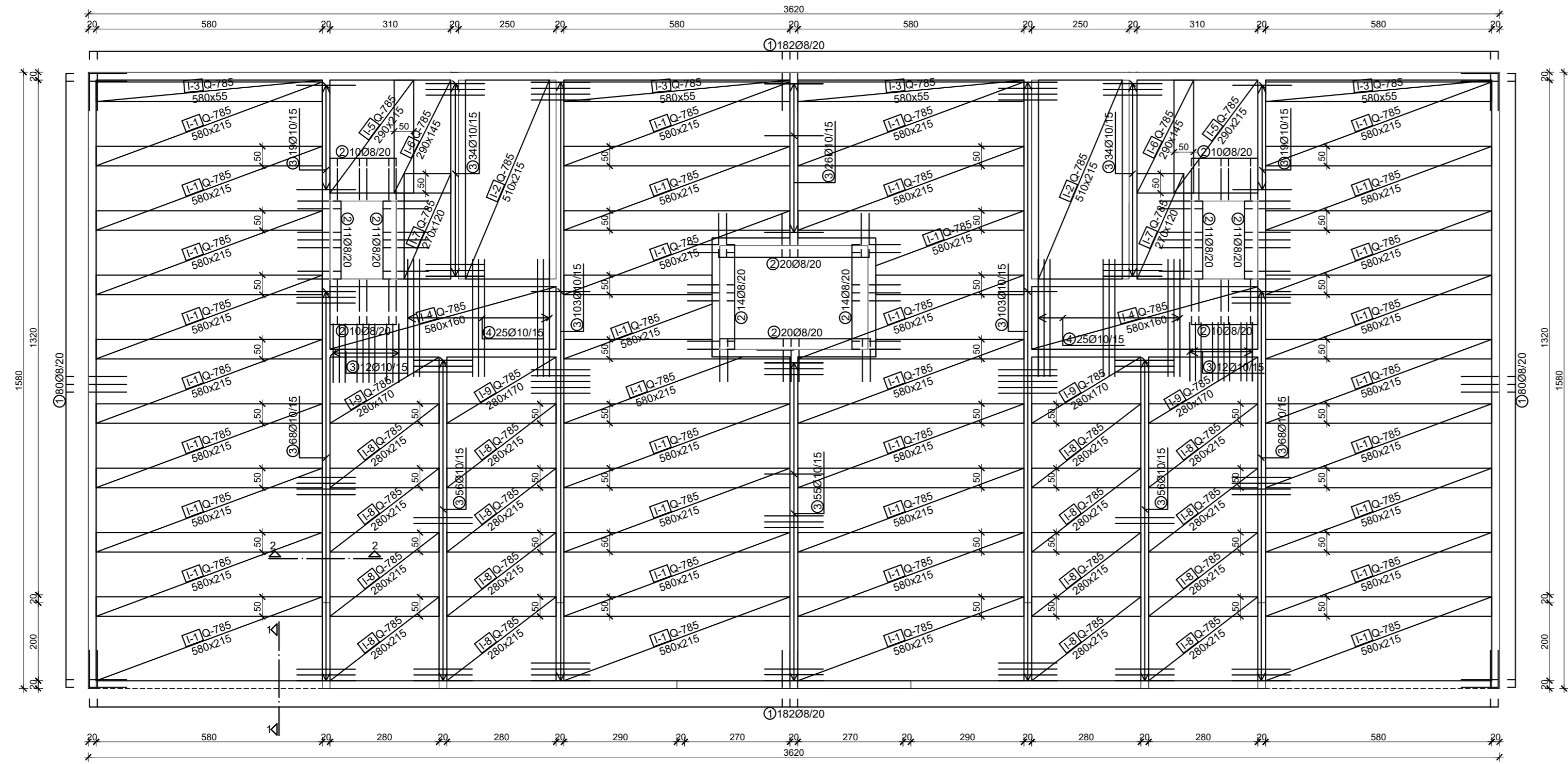
SADRŽAJ: Armatura međukatne ploče 2,3,4 i 5 etaže - gornja zona

DATUM: Srpanj, 2021

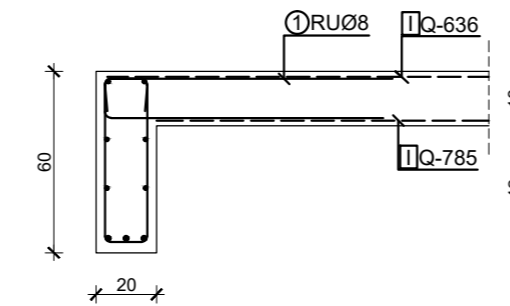
MJERILO: 1:100

BRJUI PRILOGA: 12

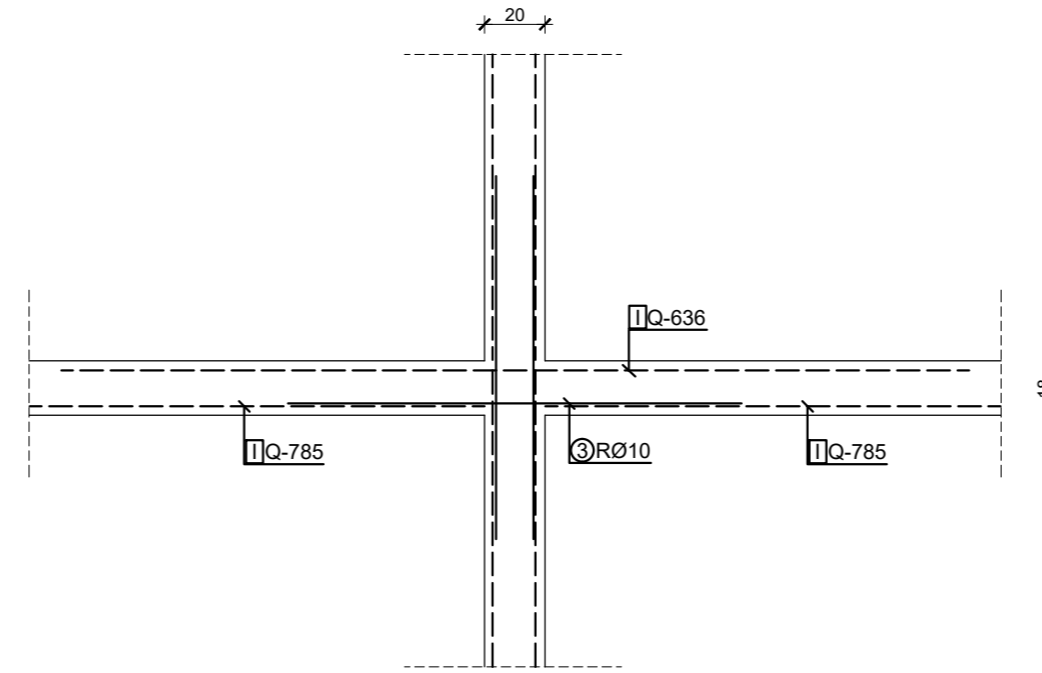
# Armatura krovne ploče - donja zona M 1:100



Presjke 1-1 M 1:25



Presjke 2-2 M 1:25

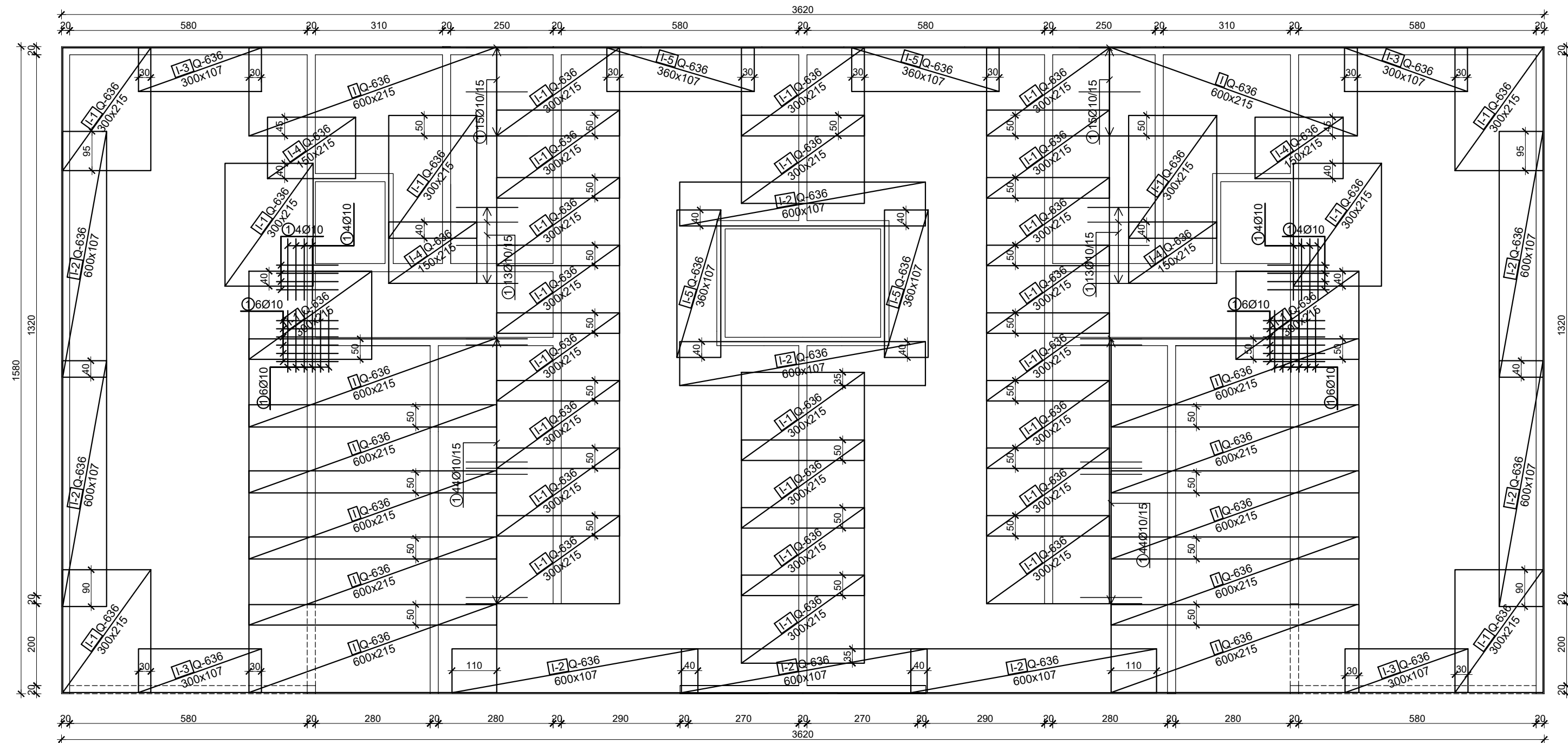


- ① 95  
92
- ② 20RUØ8/20 L=200 (524)
- ③ 80  
77
- ④ 25RØ10/15 L=150 (665)
- ⑤ 25RØ10/15 L=300 (50)

Bars - specification						
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark
Krovna ploča-donja zona						
1	95	8	2.00	524	1048.00	
2	92	8	1.70	152	258.40	
3	150	10	1.50	665	997.50	
4	300	10	3.00	50	150.00	
Bars - recapitulation						
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m]	Weight [kg]			
B500B						
8	1306.40	0.40	516.03			
10	1147.50	0.62	708.01			
Total (B500B)			1224.04			
Meshes - specification						
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]
Krovna ploča-donja zona						
I-1	Q-785	215	580	36	12.46	5593.54
I-2	Q-785	215	510	2	12.46	273.21
I-3	Q-785	55	580	4	12.46	158.99
I-4	Q-785	160	580	2	12.46	231.42
I-5	Q-785	215	290	2	12.46	155.33
I-6	Q-785	145	290	2	12.46	104.89
I-7	Q-785	120	270	2	12.46	80.74
I-8	Q-785	215	280	16	12.46	1200.15
I-9	Q-785	170	280	4	12.46	237.24
Total			8035.52			
Meshes - recapitulation						
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]
Q-785	215	600	54	12.46	8679.64	7836.16
Total			8679.64		7836.16	
Meshes - cutting design						

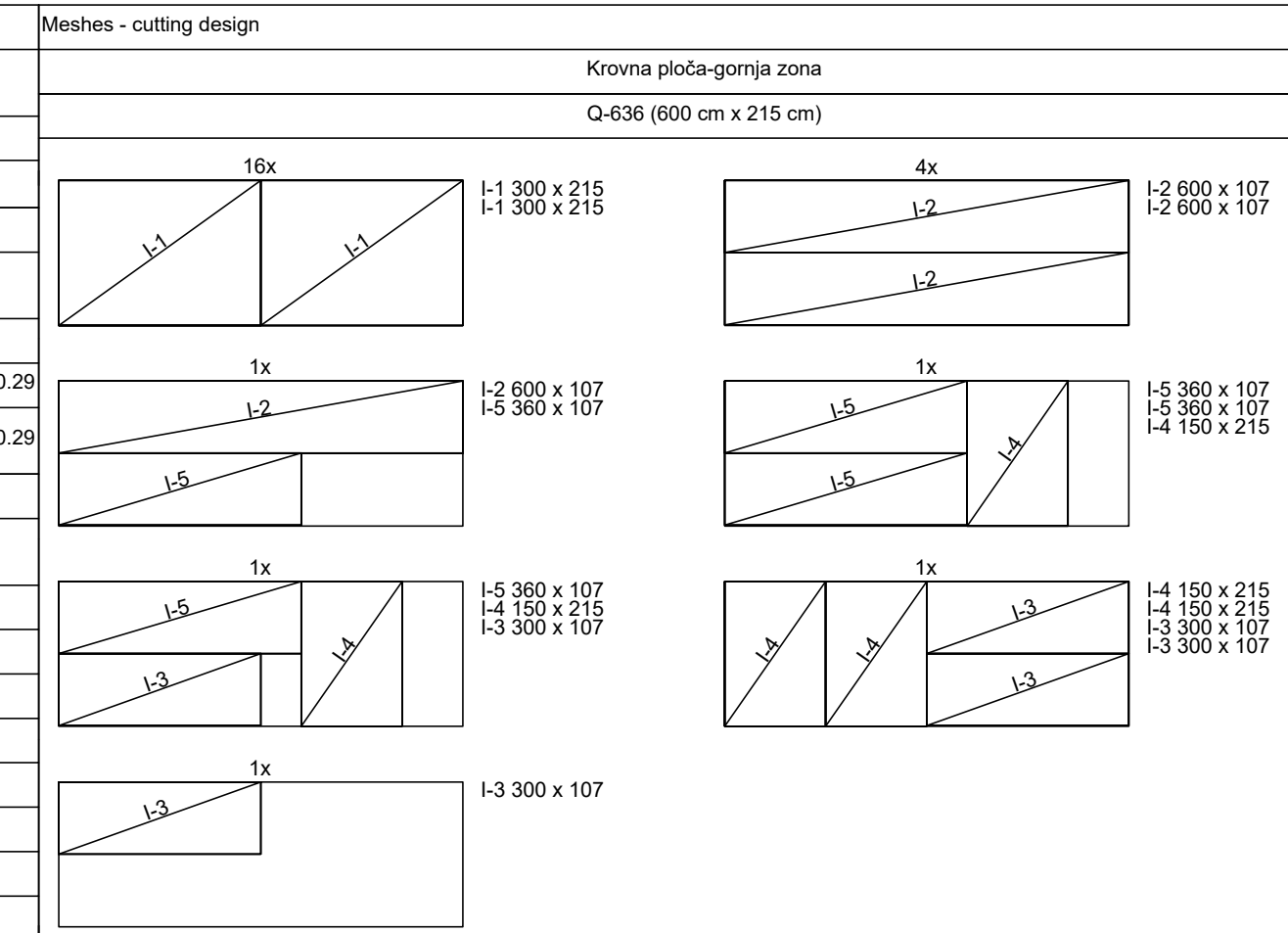
Krovna ploča-donja zona		
Q-785 (600 cm x 215 cm)		
30x	I-1 580 x 215	1x
1x	I-1 580 x 215	1x
1x	I-1 580 x 215	1x
1x	I-1 580 x 215	1x
1x	I-1 580 x 215	1x
1x	I-1 580 x 215	2x
2x	I-4 580 x 160	1x
8x	I-8 280 x 215 I-8 280 x 215	2x
1x	I-6 290 x 145 I-6 290 x 145 I-3 580 x 55	1x
1x	I-3 580 x 55	I-7 270 x 120 I-7 270 x 120 I-3 580 x 55

# Armatura krovne ploče-gonja zona M 1:100

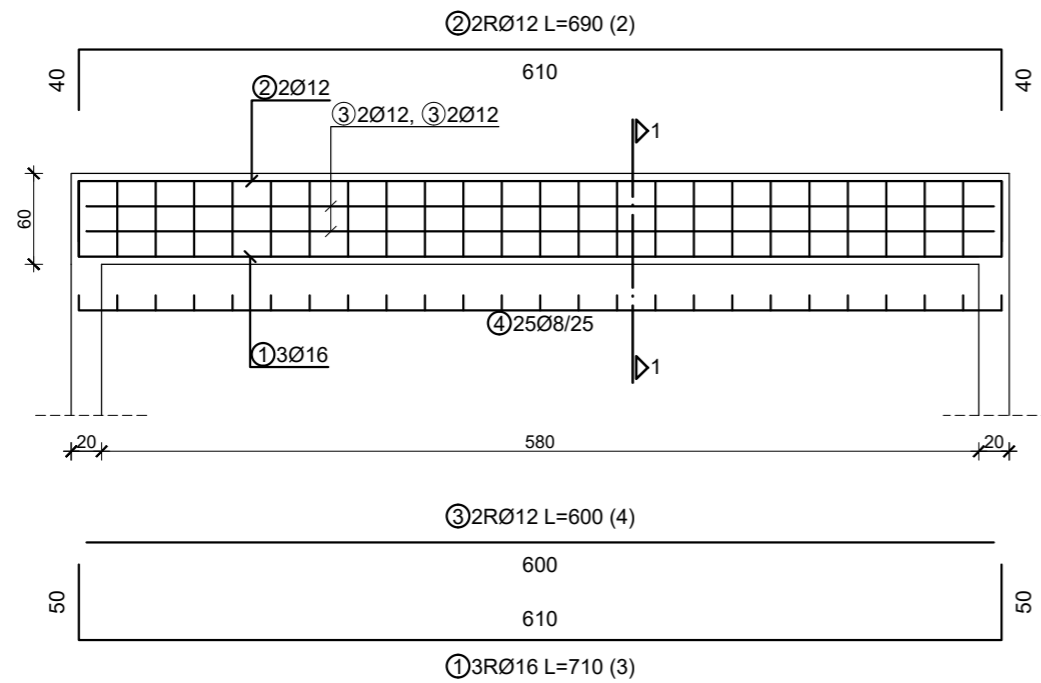


①1RØ10 L=150 (184)  
150

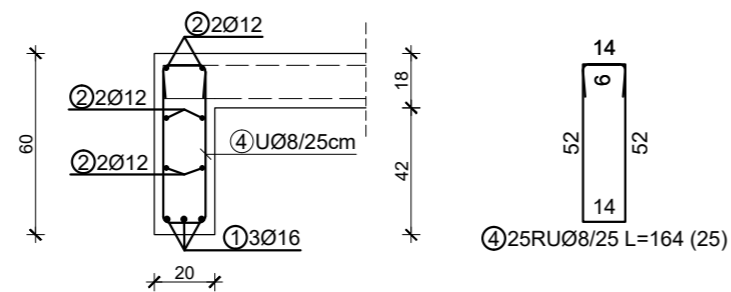
Bars - specification							
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark	
Krovna ploča-gornja zona							
1	150	10	1.50	184	276.00		
Bars - recapitulation							
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m]		Weight [kg]			
10		B500B		276.00	0.62	170.29	
Total (B500B) 170.29							
Meshes - specification							
Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	
Krovna ploča-gornja zona							
I	Q-636	215	600	12	10.08	1560.38	
I-1	Q-636	215	300	32	10.08	2080.51	
I-2	Q-636	107	600	9	10.08	582.42	
I-3	Q-636	107	300	4	10.08	129.43	
I-4	Q-636	215	150	4	10.08	130.03	
I-5	Q-636	107	360	4	10.08	155.31	
Total 4638.09							
Meshes - recapitulation							
Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Net installed weight [kg]	
Q-636	215	600	37	10.08	4824.19	4651.09	
Total						4824.19	4651.09



# Armatura grede b/h = 20/60 cm M 1:50



## Presjke 1-1 M 1:25



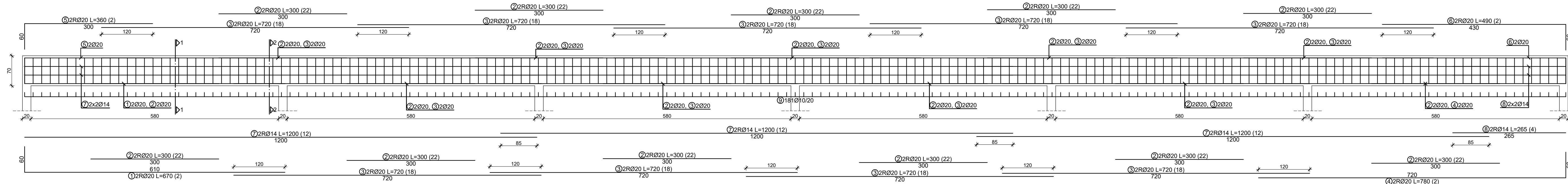
Bars - specification						
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark
Greda b/h=20/60cm						
1		16	7.10	3	21.30	
2		12	6.90	2	13.80	
3		12	6.00	4	24.00	
4		8	1.64	25	41.00	

Bars - recapitulation				
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m']	Weight [kg]	
B500B				
8	41.00	0.40	16.20	
12	37.80	0.89	33.57	
16	21.30	1.58	33.65	
Total (B500B)			83.42	

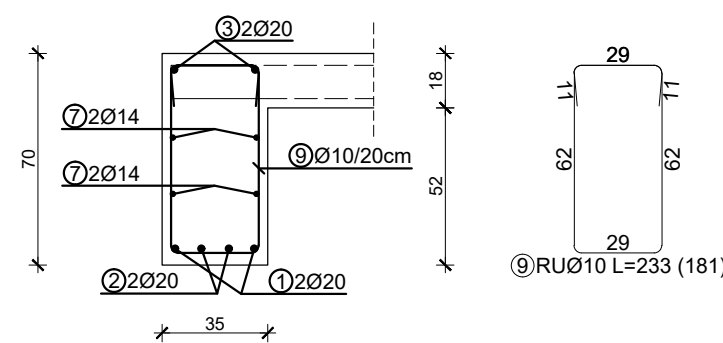
<p>SVEUČILIŠTE U SPLITU,          FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,          ARHITEKTURE I GEODEZIJE</p>	<b>Diplomski rad</b>		
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade	
	STUDENT	Mario Pavić	
	SADRŽAJ	Armatura grede b/h=20/60cm	MJERILO 1:50,25
DATUM	Srpanj, 2021	BROJ PRILOGA	15



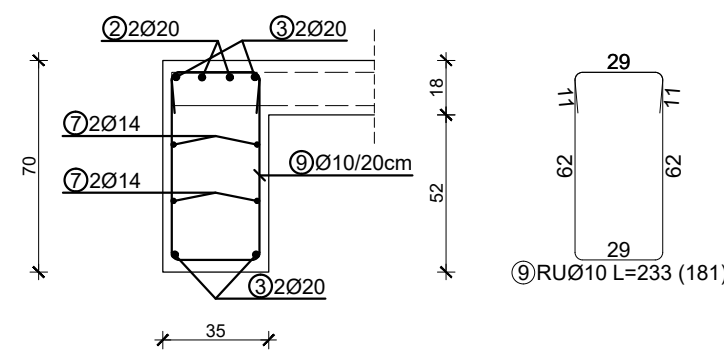
# Armatura grede b/h = 35/70 cm M 1:50



Presjke 1-1 M 1:25



Presjke 2-2 M 1:25



Bars - specification							Bars - recapitulation			
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark	Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m]	Weight [kg]
Greda b/h=35/70cm										
1		20	6.70	2	13.40		10	414.49	0.649	269.01
2		20	3.00	22	66.00		14	154.60	1.21	187.07
3		20	7.20	18	129.60		20	241.60	2.47	596.75
4		20	7.80	2	15.60		Total (B500B)			1052.83
5		20	3.60	2	7.20					
6		20	4.90	2	9.80					
7		14	12.00	12	144.00					
8		14	2.65	4	10.60					
9		10	2.29	181	414.49					

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

**Diplomski rad**

TEMA: Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade

STUDENT: Mario Pavić

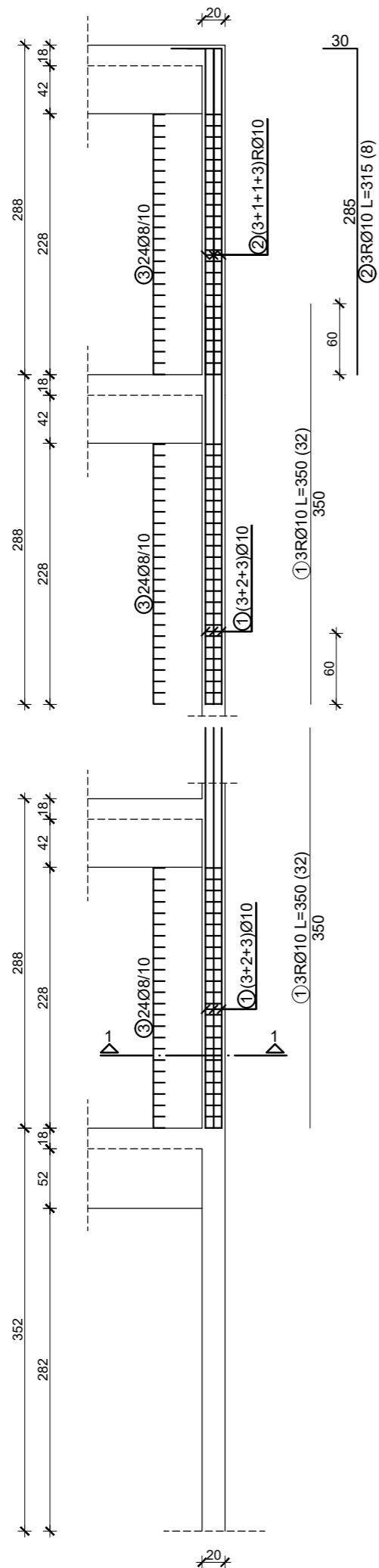
SADRŽAJ: Armatura grede b/h=35/70cm

DATUM: Sranj, 2021

MJERILO: 1:50,25

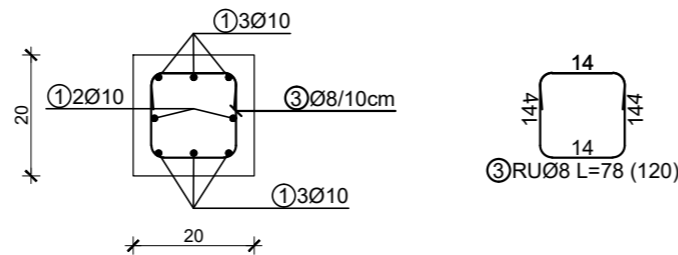
BRJU PRILOGA: 16

# Armatura stupa b/h = 20/20 cm M 1:50



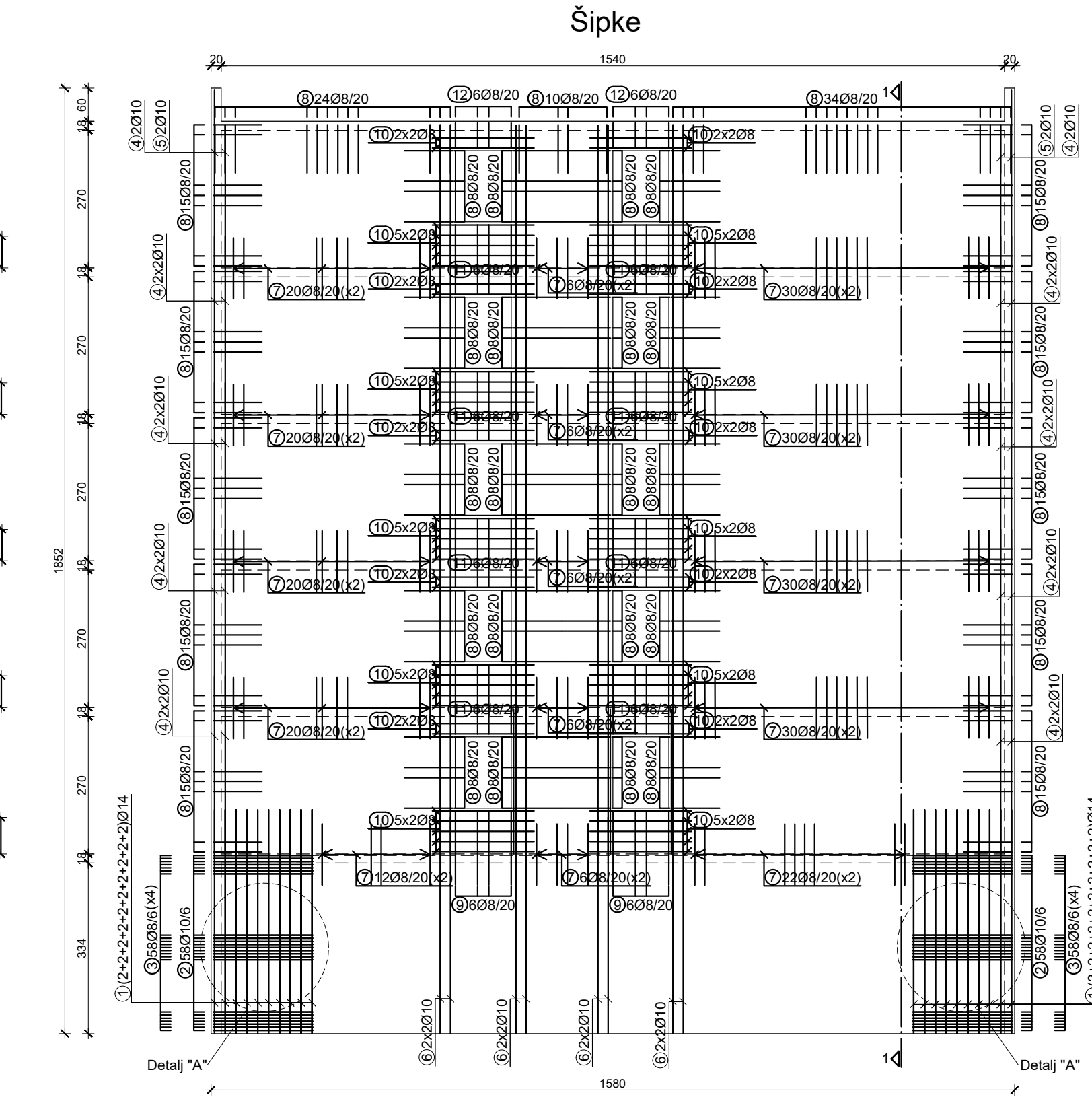
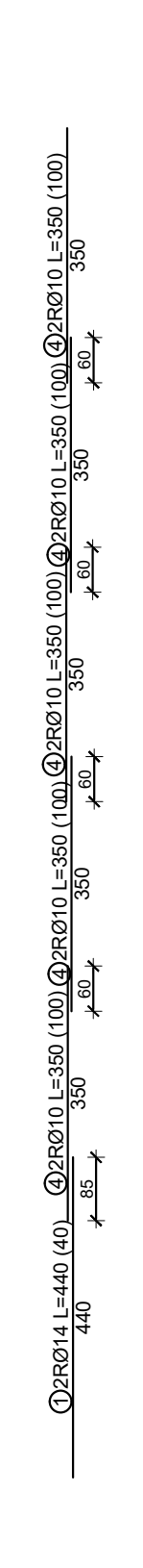
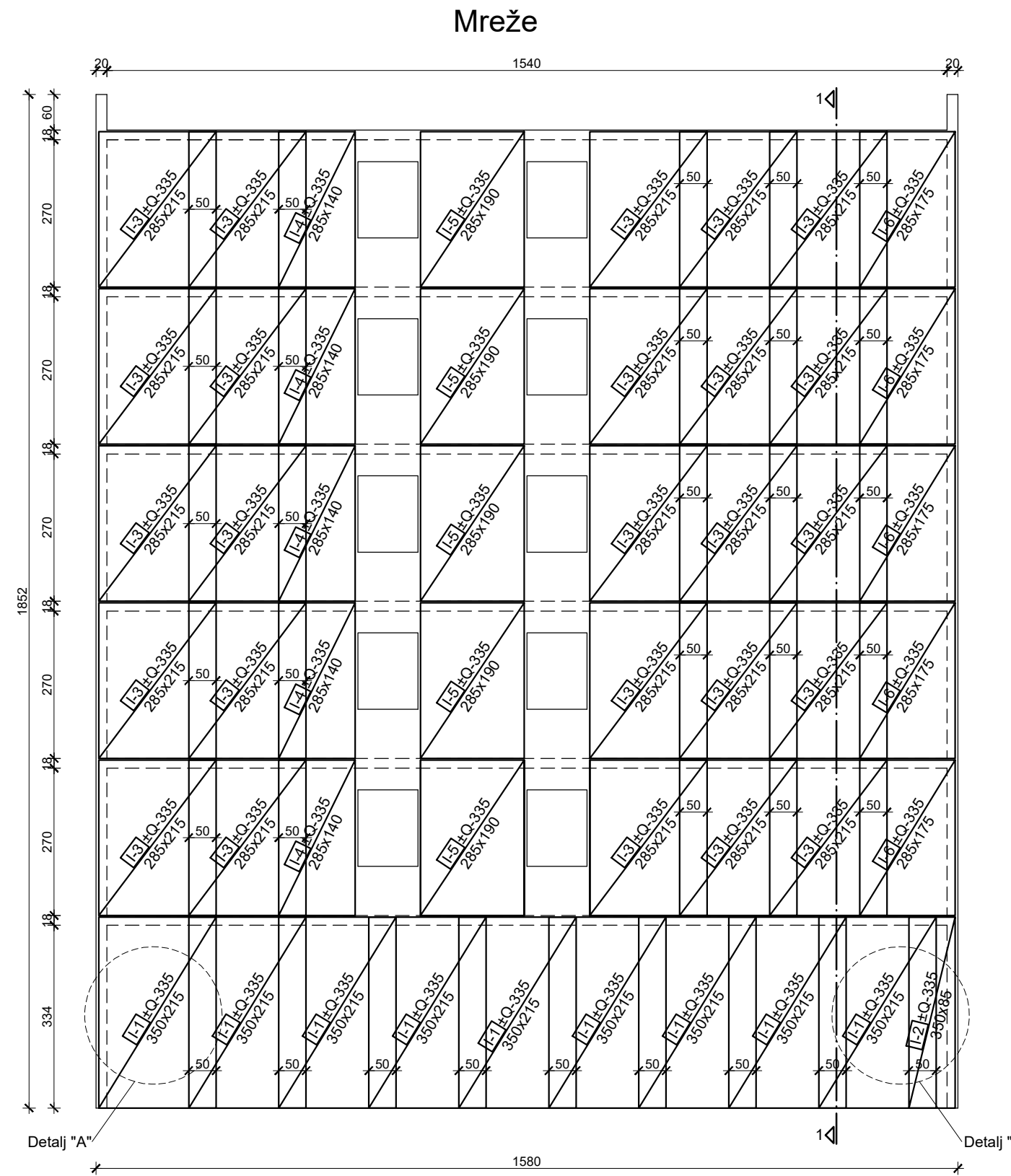
Bars - specification						
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark
Greda b/h=20/60cm (1 pcs.)						
1	350	10	3.50	32	112.00	
2	285	10	3.15	8	25.20	
3		8	0.78	120	93.60	
Bars - recapitulation						
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m']		Weight [kg]		
B500B						
8	93.60	0.40		36.97		
10	137.20	0.62		84.65		
Total (B500B)				121.62		

## Presjke 1-1 M 1:12,5

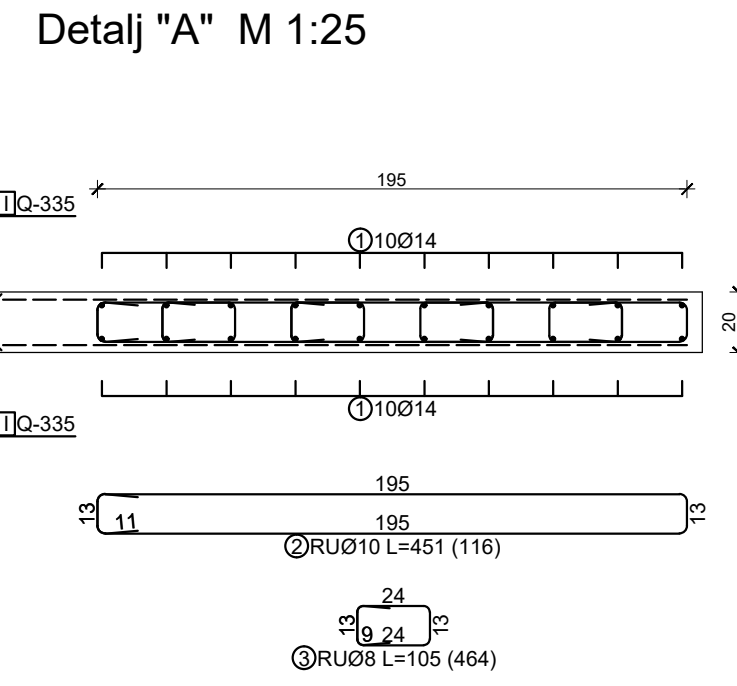


Diplomski rad			
	TEMA	Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade	
	STUDENT	Mario Pavić	
SADRŽAJ	Armatura grede b/h=20/20cm	MJERILO	1:50,12,5
DATUM	Srpanj, 2021	BROJ PRILOGA	17

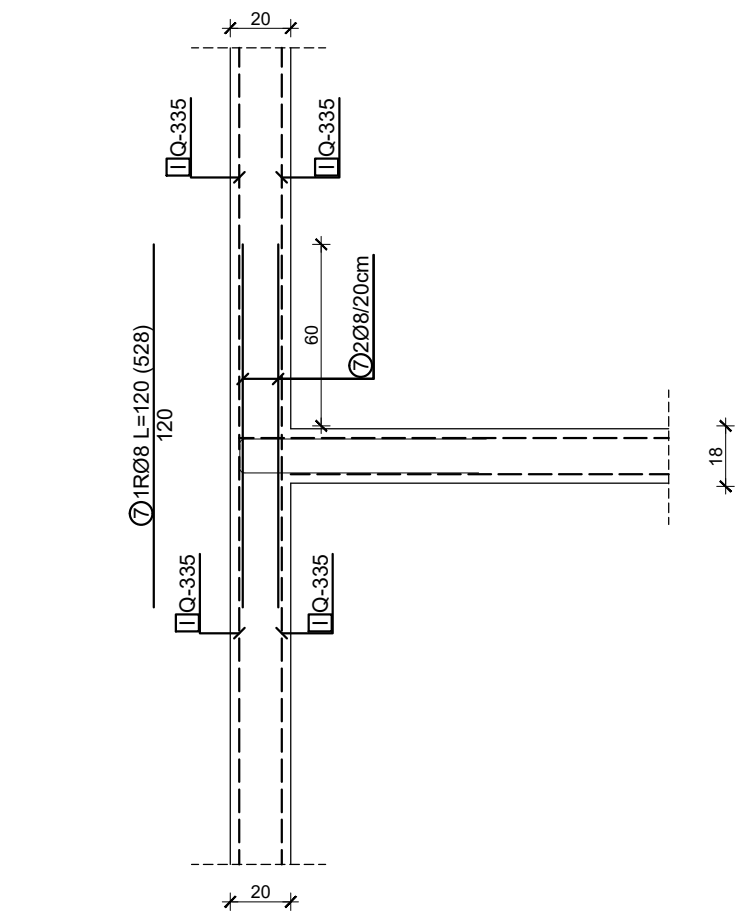
# Armatura zida M 1:100



- ① 2RØ14 L=440 (40)
- ⑦ 30RØ8/20 L=120 (528)
- ⑫ 195
- ⑬ 95
- ⑭ 140
- ④ 2RØ10 L=350 (100)
- ⑩ 2RØ8 L=200 (140)
- ② 58RUØ10/6 L=451 (116)
- ⑧ 15RUØ8/20 L=200 (378)
- ⑪ 6RUØ8/20 L=337 (48)
- ⑤ 2RØ10 L=280 (20)
- ③ 3RUØ8 L=105 (464)
- ⑨ 6RUØ8/20 L=300 (12)
- ⑫ 6RUØ8/20 L=157 (12)
- ⑥ 2RØ10 L=425 (16)



## Presjek 1-1 M 1:25



Bars - specification						Meshes - specification								
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark	Item	Mesh type	B [cm]	L [cm]	n	Unit weight [kg/m <sup>2</sup> ]	Total weight [kg]	Remark
Zid														
1	440	14	4.40	40	176.00		I-1	Q-335	215	350	18	5.26	712.47	
2	195	10	4.51	116	523.16		I-2	Q-335	85	350	2	5.26	31.30	
3	195	8	1.05	464	487.20		I-3	Q-335	215	285	50	5.26	1611.53	
4	350	10	3.50	100	350.00		I-4	Q-335	140	285	10	5.26	209.87	
5	280	10	2.80	20	56.00		I-5	Q-335	190	285	10	5.26	284.95	
6	425	10	4.25	16	68.00		I-6	Q-335	175	285	10	5.26	262.34	
7	120	8	1.20	528	633.60		Total						3112.46	
Meshes - recapitulation														
Zid														
Q-335 (605 cm x 215 cm)														
Meshes - cutting design														
Zid														
Q-335 (605 cm x 215 cm)														
Bars - recapitulation														
B500B														
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m]		Weight [kg]										
8		2373.40	0.40	937.49										
10		997.16	0.62	615.25										
14		176.00	1.21	212.96										
Total (B500B)						1765.70								

Meshes - cutting design														
Zid														
Q-335 (605 cm x 215 cm)														
18x			25x			I-1 350 x 215			I-3 285 x 215			I-3 285 x 215		
5x			5x			I-5 285 x 190			I-6 285 x 175			I-6 285 x 175		
5x			1x			I-4 285 x 140			I-2 350 x 85			I-2 350 x 85		

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

**Diplomski rad**

TEMA: Projekt nosive konstrukcije armiranobetonske poslovno-stambene zgrade

STUDENT: Mario Pavić

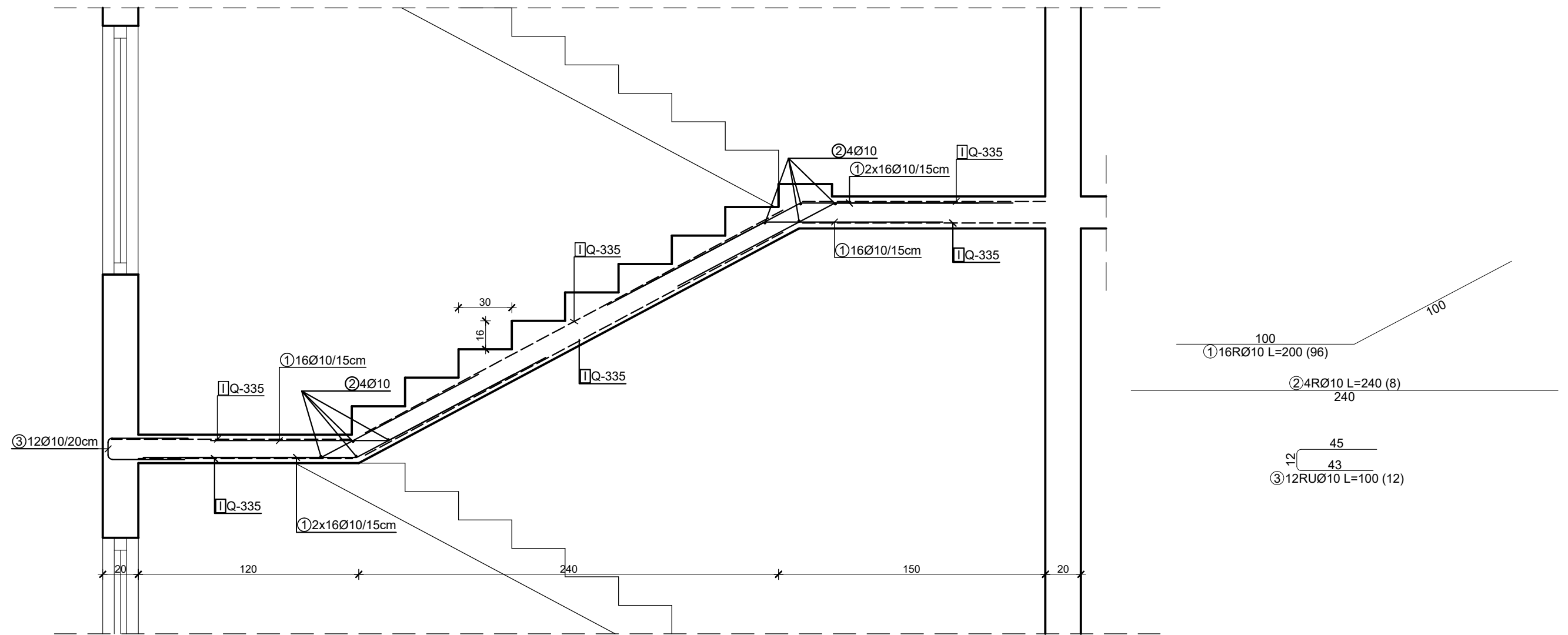
SADRŽAJ: Armatura zida

DATUM: Srpanj, 2021

MJERLO: 1:50,25

BRJ PRILOGA: 18

# Armatura stubišta M 1:25



Bars - specification						
mark	shape and measures [cm]	Ø	lg [m]	n [pcs.]	lgn [m]	Remark
Greda b/h=20/60cm (1 pcs.)						
1		10	2.00	96	192.00	
2		10	2.40	8	19.20	
3		10	1.00	12	12.00	
Bars - recapitulation						
Ø [mm]	lgn [m]	Unit weight [kg/m³]	Weight [kg]			
B500B						
10	223.20	0.62	137.71			
Total (B500B)					137.71	